Indicatiestudie:
Ecologische impact van uitheemse zeewiersoorten met commerciële waarde

In opdracht van: Bureau Risicobeoordeling & onderzoek (BuRO)

A. Gittenberger

GiMaRIS rapport 2025_03

Datum:
februari 2025

Rapport nr.:
GiMaRIS 2025_03

Titel:
Indicatiestudie: Ecologische impact van uitheemse zeewiersoorten met commerciële waarde

Voorkant:
Van linksboven naar rechtsonder: wakame (*Undaria pinnatifida*), stijf priemwier (*Agardhiella subulata*), Japans bessenwier (*Sargassum muticum*) en geperforeerde zeesla (*Ulva australis*)

Auteur:
Dr. A. Gittenberger

Adres / opdrachtnemer:
GiMaRIS
Rijksstraatweg 75
2171 AK Sassenheim
Info@GiMaRIS.com
www.GiMaRIS.com

Opdrachtgever:
Bureau Risicobeoordeling & onderzoek (BuRO), Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit (NVWA) van het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur

Projectleider:
Dr. M. Bovers

GiMaRIS is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit de toepassing van de gegevens in dit rapport. De opdrachtgever vrijwaart GiMaRIS voor aanspraken van derden in verband met de gegevens in dit rapport.
Dit rapport is vervaardigd op verzoek van de opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden weergegeven, gepubliceerd, gekopieerd of op enige andere manier gebruik worden zonder schriftelijke toestemming.
Het kwaliteitsmanagementsysteem van GiMaRIS is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd door NCK voor het Nationaal en Internationaal plegen van wetenschappelijk en toegepast onderzoek, het geven van adviezen en beleid maken voor bedrijven, semi-overheid en overheid (NCK.2021.711.IS09001.H418). GiMaRIS is lid van het Netwerk Groene Bureaus (NGB).

Inhoud

1.	Samenvatting	p. 4
2.	Introductie	p. 5
3.	Methoden	p. 6
4.	Ecosysteem- en habitat-verandering: impact op stromingen, sedimentatie, substraat en zuurstofgehalte	p. 7
5.	Competitie voor nutriënten, ruimte en licht	p. 8
6.	Impact op de biodiversiteit, biomassa en dichtheden	p. 10
7.	Gebiedsafhankelijke impact van uitheemse zeewieren	p. 10
8.	Gebruik van buitenlands materiaal voor de zeewierkweek	p. 15
9.	Recente introducties van uitheemse zeewieren	p. 16
10.	Conclusies	p. 18
11.	Referenties	p. 20

1. Samenvatting

Dit betreft een indicatiestudie van de ecologische impact die uitheemse zeewiersoorten met commerciële waarde reeds hebben, hebben gehad en of kunnen gaan hebben in Nederland. Hoewel in dit kader gesteld wordt dat de kweek van uitheemse zeewiersoorten die reeds algemeen lokaal voorkomen, vaak geen additief risico vormt voor de natuur, betekent dit niet dat deze soorten geen negatieve impact hebben. Zo hebben zich verschillende uitheemse zeewiersoorten in Nederland gevestigd, die de biodiversiteit, ecosystemen en habitats wel degelijk veranderen, doordat ze bijvoorbeeld de zeestromingen en sedimentatie beïnvloeden en een verlaging van het zuurstofgehalte in het water kunnen veroorzaken. Daarnaast zijn sommige soorten lokaal zodanig dominant aanwezig dat zij daar naar alle waarschijnlijkheid een sterk negatieve impact hebben op inheemse zeewiersoorten. Die impact betreft voornamelijk de competitie voor ruimte, nutriënten en licht, zoals beschreven wordt in verschillende review studies. Waar de impact op inheemse zeewiersoorten meestal negatief is, beschrijven deze studies dat vooral inheemse diersoorten in sommige gevallen kunnen profiteren van de invasie van een uitheemse zeewiersoort. Bepaalde krabben en vissen kunnen zich tussen de grotere bladeren van uitheemse kelpwieren verschuilen tegen predatoren en sterke stromingen, terwijl sponzen, zakpijpen en hydroid-poliepen deze bladeren gebruiken als extra substraat waar ze zich op kunnen vestigen. Bij andere uitheemse zeewieren, zoals het stijf priemwier *Agardhiella subulata*, is de impact op deze inheemse diersoorten juist weer negatief, omdat stijf priemwier zo goed als geen begroeiing toelaat en de bodem, inclusief alle mogelijk vestigingssubstraten daarop, zo goed als volledig kan bedekken. Hierbij is het bekend dat veel van de individuen van deze soort seizoensmatig afsterven waarbij het rottingsproces vermoedelijk voor een verzuring van het water en daarbij zuurstofloosheid zorgt, met alle gevolgen vandien. Ongeacht of de impact positief of negatief is voor specifieke inheemse soorten, kunnen deze zeewiersoorten de lokale soortensamenstelling veranderen. Dit kan vervolgens effect hebben op het functioneren van het ecosysteem. Niet alle uitheemse zeewieren hebben een dergelijke impact hebben op de natuur, maar veel uitheemse zeewiersoorten met commerciële “kweek” waarde juist wel, omdat dat vaak soorten zijn die snel groeien. Welke impact te verwachten is, is hierbij voor een groot gedeelte ook afhankelijk van het habitat en/of ecosysteem waar de soorten zich bevinden. Zo is in de binnenwateren van Nederland, waaronder de Oosterschelde en Waddenzee, een aanzienlijk grotere impact te verwachten dan op de open Noordzee. Daar is het op de meeste locaties te diep of is het water te troebel voor zeewieren (inheemse en uitheemse) om zich goed te kunnen vestigen. Hoewel onderzoek naar hun impact binnen Nederland beperkt is, kan wel gesteld worden dat zeewieren hier een invloedrijke groep exoten vormen. Soorten zoals Wakame, Japans bessenwier en stijf priemwier domineren, in ieder geval lokaal in verschillende binnenwateren, het ecosysteem. De kans dat uitheemse zeewiersoorten een verdergaande impact op de natuur in Nederland zullen hebben lijkt toe te nemen, gezien het feit dat in de afgelopen vier jaar (2021-2024) 15 nieuwe uitheemse zeewiersoorten zijn ontdekt waar dit er slechts 2 tot 3 waren in vijf jaar periodes sinds 1995. In hoeverre de promotie van de zeewierkweek in Europa hieraan gerelateerd is blijft onduidelijk. In 2019 werd bij een studie naar exoten in de zeewierkweek vastgesteld dat er geen risico zou bestaan omdat alleen gebruik gemaakt zou worden van lokaal verzameld materiaal. Die aanname blijkt niet meer te kloppen. Zo kon worden vast gesteld dat voor de zeewierkweek in Nederland uitgangsmateriaal gebruikt wordt vanuit onder andere Ierland, Duitsland en Noorwegen, en mogelijk ook andere landen. Het is onduidelijk hoe er bij de import van dit materiaal rekening is gehouden met mogelijk meeliftende exoten. Los hiervan, blijft de scheepvaart een introductie vector van belang bij uitheemse zeewieren, zoals blijkt uit het feit dat verschillende nieuwe soorten als eerste in de havens van Rotterdam en Amsterdam werden ontdekt.

2. Introductie

Van de 137 mariene exoten, met een oorsprong buiten NW Europa, die tot en met 2021 in Nederland werden vastgesteld, behoren de meeste tot de kreeftachtigen (33 soorten) en de zeewieren (28 soorten). Bij de meeste uitheemse zeewieren wordt er vanuit gegaan dat deze zijn geïntroduceerd via oestertransporten in de jaren 80 en meer recentelijk via de scheepvaart (Gittenberger *et al.*, 2023a). In hoeverre transporten in het kader van de zeewierkweek binnen Europa ook gedeeltelijk verantwoordelijk zijn geweest, is onbekend. Deze zeewierkweek wordt tegenwoordig sterk gestimuleerd in Europa. Naast inheemse worden ook uitheemse zeewiersoorten gekweekt. Het is niet altijd duidelijk in hoeverre deze mogelijk een negatieve impact op de natuur hebben. Of exoten vanwege deze kweek een verhoogd risico voor de Nederlandse natuur vormen, is in twee studies in 2019-2020 onderzocht. Een van deze studies was gericht op de zeewierkweek in het algemeen, terwijl het andere onderzoek zich concentreerde op de kweek van zeewieren bij windmolenparken in de Noordzee (Gittenberger *et al.*, 2020a, 2020b). Hierbij werd voor een selectie van zeewieren, waarvan was ingeschat dat de kweek in Nederland commerciële mogelijkheden biedt, beoordeeld in hoeverre kweekactiviteiten het risico zouden kunnen verhogen op de introductie, vestiging, verspreiding en uiteindelijk impact van uitheemse soorten op de natuur. Waar het de reeds bestaande zeewierkweek in 2019 betrof, werd geconcludeerd dat die geen additief risico vormde, omdat de kweek óf in quarantaine gebeurde, óf uitsluitend gebaseerd was op lokaal verzameld materiaal. Binnen de huidige studie is onderzocht of dit nog steeds het geval is tot op heden, vijf jaar later. Gittenberger *et al.* (2020a) concludeerden namelijk dat er wel additieve risico's zouden kunnen ontstaan, indien de zeewierkweeksystemen zouden worden opgeschaald, of wanneer uitgangsmateriaal zou worden gebruikt dat niet lokaal werd verzameld. Zo kan de introductie van uitheemse zeewieren, voor commerciële kweekactiviteiten in gebieden waar deze wieren nog niet voorkomen, een grote negatieve impact hebben. De potentiële impact varieert hierbij sterk afhankelijk van de soort. Bij de introductie van Aziatische kelpsoorten zoals *Undaria pinnatifida* en *Laminaria japonica* wordt haast altijd uitgegaan van een significante negatieve impact. Kelpwieren hebben immers brede bladeren van een meter of meer lang. Hierbij is het duidelijk dat kleinere wiersoorten op plekken waar deze wieren voorkomen, in het nadeel zijn doordat ze minder zonlicht krijgen. Bij het voor sushi gebruikte "nori" zeewier *Porphyra yezoensis* is een impact op andere soorten minder vanzelfsprekend. Deze zeewieren zijn een stuk kleiner. Ze vormen dunne bladeren in vooral het intergetijdengebied waar bijvoorbeeld in Nederland de meeste inheemse zeewiersoorten even groot of groter zijn. Hoewel *P. yezoensis* mogelijk zou kunnen concurreren voor ruimte met deze inheemse soorten, is het onduidelijk of dit ook daadwerkelijk gebeurt.

Als een van de voornaamste risico's op de introductie van nieuwe zeewiersoorten bij de bestaande situatie in Nederland, noemen Gittenberger *et al.* (2020a) de kweek van ongedetermineerde wieren, met als voorbeeld *Ulva* sp. Hierbij wordt vaak verondersteld dat dit een inheems voorkomende soort zou betreffen, ook als dat niet zeker is. In werkelijkheid bestaan er ongeveer 100 *Ulva* soorten wereldwijd (www.algaebase.org), waarvan er diverse bekend staan om hun invasieve gedrag. Zo werd vastgesteld dat in Nederland bij de kweek van *Ulva* sp., ook gebruik wordt gemaakt van de exoot *Ulva australis*, een soort die in bepaalde jaren lokaal dominant aanwezig is op de dijken in Nederland en bijvoorbeeld ook in de Waddenzee (Gittenberger *et al.*, 2019). Deze soort lijkt daarbij sterk te concurreren voor ruimte met inheemse zeesla (*Ulva*) soorten (Gittenberger *et al.*, 2023a). Dit is alleen in het

veld niet altijd goed zichtbaar, omdat de soorten zeesla morfologisch sterk op elkaar lijken. Een significante impact van exoten op de natuur kan zo plaatsvinden zonder dat dit direct opvalt. Met DNA-analyses zijn dergelijke exoten, waaronder *Ulva* soorten, wel eenvoudig te onderscheiden. Dat er zeewiersoorten bestaan die een zeer grote impact op de natuur hebben, die mogelijk tot op heden in Europa wordt onderschat, wordt onder andere aangegeven door Pereira (2024) en door Loos *et al.* (2024): cit: "*However, contrary to the evidence of substantial negative impact on coastal ecosystems of many non-indigenous seaweeds (e.g.* Caulerpa cylindracea, Caulerpa taxifolia, Codium fragile*), so far* Rugulopteryx okamurae *is the only seaweed included in the list of invasive alien species of Union concern (Commission Implementing Regulation (EU) 2022/1203 of 12 July 2022 amending Implementing Regulation (EU) 2016/1141).*".

De huidige indicatiestudie richtte zich in dit kader op de impact die uitheemse zeewiersoorten in Nederland kunnen hebben of reeds hebben. Het was hierbij niet de bedoeling om een uitputtende analyse uit te voeren, maar om een indruk te geven van de mogelijk impact van uitheemse zeewieren op de natuur. Hierbij is specifiek gekeken naar de door uitheemse zeewiersoorten in Nederland mogelijk veroorzaakte veranderingen in biodiversiteit, ecosystemen en habitats, en hoe dit kan gebeuren door veranderingen in zeestromingen, sedimentatie en het zuurstofgehalte in het water, naast competitie voor ruimte, nutriënten en licht. Tenslotte werd in meer detail gekeken naar introducties van uitheemse zeewieren in recente jaren en of daarbij veranderingen konden worden vastgesteld ten opzichte van vergelijkbare introducties in voorgaande jaren.

3. Methoden

Dit betreft een indicatie-studie gebaseerd op expert opinion, observaties in het veld, en een beperkte literatuurstudie. Het gaat om een indicatie van de impact op de natuur die uitheemse zeewiersoorten met een commerciële waarde, hebben en/of zouden kunnen hebben, in de Nederlandse wateren. Hierbij worden als voorbeelden van uitheemse zeewiersoorten, de soorten uit eerdere studies gebruikt, die zich alleen op de mogelijk additieve risico's van kweekactiviteiten richtten (Gittenberger *et al.* 2020a, 2020b): Stijf priemwier (*Agardiella subulata*), Japans bessenwier (*Sargassum muticum*), dulse (*Palmaria palmata*), geperforeerde zeesla (*Ulva australis)*, wakame (*Undaria pinnatifida*), gevleugelde kelp (*Alaria esculenta*) en riemwier (*Himanthalia elongata*). Ook Japanse kelpwier *Laminaria japonica* is in de indicatie-studie meegenomen, als voorbeeld van een soort die in Nederland nog niet voorkomt maar inmiddels wereldwijd, vanwege de kweek, al een grote impact heeft gehad (Phillips, 1990).

In 2019 werd voor de bestaande zeewierkweek geconcludeerd dat die geen additief risico vormde, omdat de kweek óf in quarantaine gebeurde, óf uitsluitend gebaseerd was op lokaal verzameld materiaal. Binnen de huidige studie is onderzocht of dit of dit momenteel, vijf jaar later, nog steeds het geval is. Indien materiaal van buiten Nederland wordt gebruikt voor de kweek van zeewieren, zou er immer wel degelijk een additief risico kunnen bestaan.

Verder, ter vergelijking van de huidige situatie ten opzicht van die in het verleden, is in vijf jaren intervallen uitgezocht hoeveel nieuwe uitheemse zeewiersoorten in Nederland zijn ontdekt vanaf 1991 t/m 2024. Daarbij is bekeken in hoeverre dit soorten betrof die van commerciële waarde worden geacht te zijn, en in hoeverre het soorten betreft die al wel of niet eerder in de NO Atlantische Oceaan werden vastgesteld. Gebaseerd daarop wordt bediscussieerd wat de mogelijke introductie vectoren en pathways van deze exoten zouden kunnen zijn geweest.

4. Ecosysteem- en habitatverandering: impact op stromingen, sedimentatie, substraat en zuurstofgehalte

Uitheemse zeewiersoorten kunnen op verschillende manieren het ecosysteem en de habitats waarin ze worden geïntroduceerd, veranderen (Dijkstra *et al.*, 2017; Pereira, 2024; Schaffelke & Hewitt, 2007). Deze impact, die vaak negatief, maar soms ook positief is voor inheemse soorten, is sterk afhankelijk van de betreffende soort en het aanwezige ecosysteem.

Vooral soorten met grote individuen, zoals bijvoorbeeld kelpwieren, kunnen stromingen afremmen of van richting doen veranderen (Phillips, 1990). Hieronder valt bijvoorbeeld het kelpwier Wakame (*Undaria pinnatifida*), een exoot die momenteel lokaal algemeen aanwezig is in bijvoorbeeld de Oosterschelde (Tabel 1). Hij wordt gezien als een van de meest schadelijk exoten wereldwijd (Shan, 2023; South *et al.* 2017). In de winter vormt deze exoot binnen enkele maanden brede “bladeren”, tot 2 meter lang, die naar alle waarschijnlijkheid de lokale stromingen zullen beïnvloeden. Aangezien vergelijkbare zeewieren, waaronder inheemse kelpwieren zeer zeldzaam zijn, heeft de plotselinge aanwezigheid van deze exoot bijvoorbeeld in de Oosterschelde, vermoedelijk een significante impact op het lokale ecosysteem. In vergelijking met habitats waarin grote zeewieren niet aanwezig zijn, zal naar verwachting de soortensamenstelling bij het voorkomen van dergelijke kelpwieren sterk veranderen. Hierbij kan de diversiteit aan zowel inheemse als uitheemse soorten ter plekke toenemen, omdat bijvoorbeeld bepaalde vissen en garnalen beschutting voor de stromingen kunnen zoeken tussen de kelpbladeren. Verder zijn er ook soorten die zich voorheen mogelijk niet konden vestigen op een locatie omdat er weinig tot geen hard substraat was, maar dat nu wel kunnen op de kelpbladeren. Door de veranderde stromingen, zullen er bij locaties met wakame en vergelijkbare zeewieren ook significante veranderingen plaatsvinden in de sedimentering en de grootte van de sedimentdeeltjes. Het voorkomen van verschillende soorten wormen en schelpdieren, die standaard in het sediment leven, is afhankelijk van de samenstelling van het sediment (Magris & Ban, 2019). Daarom zal de aanwezigheid van kelpwieren niet alleen een impact hebben op soorten die in de waterkolom of op de bodem leven, maar ook op soorten die zich ingraven in de bodem (infauna). Uitheemse zeewieren met commerciële waarde, die een vergelijkbare impact op de stromingen en sedimentatie kunnen hebben, zijn bijvoorbeeld het Japans bessenwier (*Sargassum muticum)*, Japans kelpwier (*Laminaria japonica*), gevleugelde kelp (*Alaria esculenta*) en riemwier (*Himanthalia elongata*). Waar de twee kelpwiersoorten de stroming en sedimentatie vooral kunnen remmen door hun grote en brede “bladeren”, kunnen riemwier en Japans bessenwier dit door met vele individuen vlak naast elkaar groeien. Hierbij is Japans bessenwier ook nog eens sterk vertakt. Dit bessenwier komt al algemeen voor langs de Nederlandse kust, maar de overige drie soorten (nog) niet.

Los van de impact die deze soorten kunnen hebben op stromingen en sedimentatie, moet ook gedacht worden aan een verandering in het vestigings-substraat. Indien kelpwieren zoals Wakame zich vestigen op plekken waar oorspronkelijk weinig tot geen substraat voor vestiging aanwezig was, zal de soortensamenstelling ter plekke sterk kunnen veranderen aangezien aan “hard substraat” gerelateerde soorten zich mogelijk op de “bladeren” en tussen de “wortels” van deze soorten kunnen gaan vestigen (Fig. 1C). Daarbij neemt het oppervlak aan “zacht substraat” (sediment- zandbodem) af, en daarmee ook de abundanties van soorten die daar oorspronkelijk voorkwamen. Voornamelijk vanwege het sediment wat vanuit de rivieren via de Nederlandse Delta de Noordzee instroomt, komt van nature komt langs de Nederlandse kust maar weinig hard substraat voor, waar soorten zich op kunnen vestigen.

De afname van het oppervlakte met zacht substraat, en daarbij automatisch een reductie van de daarin voorkomende inheemse soorten, is een effect dat meer in het algemeen te verwachten valt bij uitheemse soorten die sedimentbodems kunnen domineren en bedekken. Hierbij kan gedacht worden aan de in het Veerse Meer en de Grevelingen zeer algemeen voorkomende exoten stijf priemwier (*Agardhiella subulata*) en viltwier (*Codium fragile*)(Gittenberger *et al.,* 2021). Waar kelpwieren zoals Wakame nog gebruikt kunnen worden als vestigings-substraat voor bepaalde hard substraat gerelateerde soorten, zijn de "vlezige" individuen van *A. subulata* en *C. fragile* aanzienlijk minder geschikt om op te vestigen (Fig. 2). Een groot deel van de individuen van deze twee exoten sterft seizoensmatig af, en gaat dan rotten, zoals bijvoorbeeld in de Grevelingen en het Veerse Meer gebeurt. Hierbij vindt het rottingsproces van de individuen van deze twee exoten aanzienlijk sneller plaats dan bij de meeste inheemse wiersoorten (Conover *et al.,* 2016). Dit zorgt voor verzuring en een verlaging van het zuurstofgehalte in het water en bij de bodem. Zoals Maggi *et al.* (2015) vaststellen, kunnen deze uitheemse zeewieren op die manier vooral een sterk negatieve impact hebben op de overleving van organismen in de bodem (infauna) die het water filteren, zoals schelpdieren, en soorten die voedingsstoffen uit het sediment halen, bijvoorbeeld wormen.

Bij de inheemse soorten die een impact kunnen ondervinden, bevinden zich ook "typische soorten" die gebruikt worden als kwaliteitsindicator bij habitattypen in Natura2000 gebieden zoals de Oosterschelde en Waddenzee. Op dergelijke lijsten met typische soorten komen bijvoorbeeld standaard vissen voor en in het zand ingegraven soorten zoals wormen en kokkels, naast soorten die juist op de bodem voorkomen zoals mosselen en zee-anemonen. Op en in de bodem voorkomende soorten kunnen hierbij uiteraard last hebben van door uitheemse zeewieren veroorzaakte veranderingen in hoeveelheden aan sediment wat op de bodem terecht komt. Daarbij zal een daling van het zuurstofgehalte vanwege verzuring veroorzaakt door rottende algen, ook een negatieve impact op deze soorten hebben. Voor bepaalde typische vissoorten zou daarentegen de aanwezigheid van uitheemse wieren zoals Wakame en Japans bessenwier mogelijk juist gunstig kunnen uitpakken. Ze zouden deze wieren kunnen gebruiken als schuilplaatsen tegen predatoren of sterke stromingen.

5. Competitie voor nutriënten, ruimte en licht

Bij de introductie van invasieve zeewiersoorten vinden de veranderingen in een ecosysteem voornamelijk plaats bij de inheemse zeewiergemeenschappen. Hierbij speelt vooral de concurrentie om nutriënten, ruimte en licht een rol (Maggi *et al.*, 2015; Pereira, 2024). Exoten zoals stijf priemwier (*Agardhiella subulata*, Fig. 2), algemeen voorkomend in het Veerse Meer en de Grevelingen, en geperforeerde zeesla (*Ulva australis*, Fig. 3), algemeen voorkomend op de dijken langs de Nederlandse kust, domineren bijvoorbeeld grote gedeeltes van de bodem in respectievelijk het sublitoraal en litoraal. Waar het de competitie om licht betreft, spelen vooral soorten een rol waarvan de individuen relatief groot worden en een vorm hebben die weinig tot geen licht doorlaat. Een voorbeeld van een van dergelijke exoot is Japans bessenwier (*Sargassum muticum*, Fig. 4). Individuen van deze soort kunnen meters lang worden, waarbij de vele vertakkingen met drijvende "besjes" een dichte laag aan het oppervlakte vormen, die vrijwel geen licht doorlaat. Daarnaast bestaan er soorten, vooral kelpwieren zoals Wakame (*Undaria pinnatifida,* Fig. 1) waarvan de individuen weinig vertakken, maar die tot enkele meters lange bladeren kunnen vormen, die het

Tabel 1. Alle zeewieren zullen tot in zeker mate een impact hebben op hun omgeving gezien de onderstaande redenen. Bij elke soort is, variërend van laag naar hoog (1-3), een inschatting gemaakt m.b.t. de ecologische impact die verwacht kan worden in Nederlandse wateren. Deze waardes zijn indicatief en gebaseerd op de expert opinion van de auteur, zoals in meer detail wordt beschreven in de hoofdtekst.

	U. pinnatifida (zie Fig. 1)	*A. subulata* (zie Fig. 2)	*S. muticum* (zie Fig. 4)	*U. australis* (zie Fig. 3)
Uitheemse zeewiersoorten met commerciële waarde				
	Wakame: *Undaria pinnatifida*	**Stijf priemwier: *Agardhiella subulata***	**Japans bessenwier: *Sargassum muticumum***	**Geperforeerde zeesla: *Ulva australis***
	Exoot	**Exoot**	**Exoot**	**Exoot**
Mogelijke redenen van ecologische impact in Nederlandse wateren				
Competitie voor nutriënten	1?	1?	1?	1?
Competitie voor ruimte	3	3	3	2
Competitie voor daglicht	3	2	3	1
Verandering van beschikbaar vestigings-substraat	3	1	2	1
Verandering van sedimentatiesnelheid en locatie	3	1	2	1
Verandering van stroomsnelheid en richting	3	1	2	1
Verhoging van verzuring en zuurstofloosheid	1	3	1	1
Watersystemen waarin voornaamste ecologische impact verwacht wordt				
Noordzee	1	1	1	1
Binnenwateren (Waddenzee, Zeeuwse Delta)	2	3	3	2

	Japans kelpwier: *Laminaria japonica*	**Dulse: *Palmaria palmata***	**Gevleugelde kelp: *Alaria esculenta***	**Riemwier: *Himanthalia elongata***	***Ulva* sp, *Porphyra* sp., *Gracilaria* sp., en andere ongespecificeerde soorten**
	Exoot	**NO Atlatnisch**	**NO Atlatnisch**	**NO Atlatnisch**	**Onnbekende oorsprong**
Mogelijke redenen van ecologische impact in Nederlandse wateren					
Competitie voor nutriënten	1?	1?	1?	1?	1-3
Competitie voor ruimte	3	1	1	1	1-3
Competitie voor daglicht	3	1	1	1	1-3
Verandering van beschikbaar vestigings-substraat	3	1	1	1	1-3
Verandering van sedimentatiesnelheid en locatie	3	1	1	1	1-3
Verandering van stroomsnelheid en richting	3	1	1	1	1-3
Verhoging van verzuring en zuurstofloosheid	1	1	1	1	1-3
Watersystemen waarin voornaamste ecologische impact verwacht wordt					
Noordzee	1	1	1	1	1-3
Binnenwateren (Waddenzee, Zeeuwse Delta)	3	1	1	1	1-3

meeste daglicht tegenhouden. Bij dergelijke exoten worden kleinere, inheemse zeewieren weggeconcurreerd aangezien ze geen zonlicht meer krijgen. Waar elders in NW Europa van nature kelpwieren met een vergelijkbare groei algemeen voorkomen, zijn inheemse kelpwieren in Nederland zeldzaam. Daardoor is in Nederland de impact van uitheemse soorten die het zonlicht tegenhouden, relatief groot.

Los van de hiervoor beschreven impact op vooral inheemse zeewiersoorten, zouden voor Natura2000 gebieden vastgestelde typische soorten zoals kokkels en wormen ook een negatieve impact kunnen ondervinden. Zo zijn voor deze soorten nutriënten en zuurstof minder goed beschikbaar als een bodem bedekt wordt door uitheemse zeewieren.

6. Impact op de biodiversiteit, biomassa en dichtheden

Bij een review studie, gebaseerd op 100 artikelen over de impact van invasieve zeewieren wereldwijd, werd geconcludeerd dat een significant negatieve impact kan worden vastgesteld op de soortensamenstelling, de biodiversiteit, de dichtheden en de biomassa van vooral inheemse zeewieren (Maggi *et al.*, 2015). Daarbij zijn er ook "genetische" effecten binnen soorten (introgressie) en tussen soorten (hybridisatie) die niet altijd goed vast te stellen zijn (Schaffelke & Hewitt, 2007). Er kon niet altijd een vergelijkbare negatieve impact worden vastgesteld op andere groepen van organismen. Zo werd gerelateerd aan de introductie van uitheemse zeewiersoorten niet standaard een negatieve impact vastgesteld op de herbivoren die zeewieren eten. De impact op deze inheemse herbivoren bleek zeer variabel, waarbij sommige soorten sterk profiteerden van de exoot terwijl dezelfde invasie voor andere soorten juist bijzonder negatief uitpakte (Maggi *et al.*, 2015). Zo produceren sommige invasieve groenwieren stoffen die zeer schadelijk zijn voor herbivore vissen (Box *et al.*, 2009; Terlizzi *et al.*, 2011) en zijn er ook voorbeelden van invasieve zeewieren die de groei en reproductie van inheemse zee-egels remmen, omdat ze aanzienlijk minder voedzaam zijn dan de inheemse zeewiersoorten (Lyons & Scheibling, 2007; Tomas *et al.*, 2011). Daarentegen zijn er ook voorbeelden van invasieve zeewieren waar inheemse soorten hun voordeel mee doen als extra voedselbron (Dijkstra *et al.*, 2017; Trowbridge & Todd, 2001; Siddon & Witman, 2004).

Voor alle inheemse herbivoren, carnivoren en omnivoren konden Maggi *et al.* (2025) een significante negatieve impact op de totale biomassa vaststellen, maar geen significante impact op de biodiversiteit. Thomsen *et al.* (2014), in een vergelijkbare studie, stellen daarentegen juist een significant positieve impact vast binnen deze groep van soorten, in ieder geval waar het de biodiversiteit betreft. De verschillen tussen deze studies zijn vermoedelijk te verklaren doordat de impact van een uitheemse zeewiersoort sterk afhankelijk is van het habitat waarin de invasie plaats vindt. Zo kunnen invasieve soorten zoals Wakame (*Undaria pinnatifida*) en Japans bessenwier (*Sargassum muticum*) voor beschutting zorgen, wat vooral voordelig is in een habitat met harde substraten waar de meeste soorten zoals krabben en vissen boven de grond leven. In een habitat met zacht substraat, waar de meeste (inheemse) soorten zoals schelpdieren en wormen ingegraven leven, geeft deze extra beschutting voor de aanwezige soorten geen voordeel (Maggi *et al.*, 2015). Afhankelijk van het aanwezige habitat kan de impact van invasieve soorten zodoende negatief of juist positief blijken te zijn (Dijkstra *et al.*, 2017).

7. Gebiedsafhankelijke impact van uitheemse zeewieren

Waar het de impact van uitheemse zeewiersoorten op zeestromingen, sedimentatie en het zuurstofgehalte van het water betreft, en de competitie voor ruimte, nutriënten en licht, moet binnen Nederland met name rekening gehouden worden met binnenwateren zoals de Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingen en de Waddenzee. Vooral daar zijn habitats te vinden met hard substraat om op te vestigen en water wat relatief helder is en daarmee genoeg daglicht doorlaat voor de vestiging van de meeste zeewieren. Op de Noordzee valt daarentegen weinig tot geen impact van uitheemse zeewieren te verwachten. Bij de stranden langs de Nederlandse kust zijn relatief weinig habitats met hard substraat te vinden waar wieren zich op kunnen vestigen. Daarnaast is het water relatief troebel en laat het maar weinig licht door wat nodig is voor de vestiging en groei van zeewieren. Verder uit de kust, waar het water helderder wordt, is het voor de meeste soorten te diep (>10 meter) om zich te vestigen omdat het zonlicht daar niet goed kan doordringen. Slechts een selectie van roodwieren, met relatief kleine individuen, vestigt zich op die dieptes in het

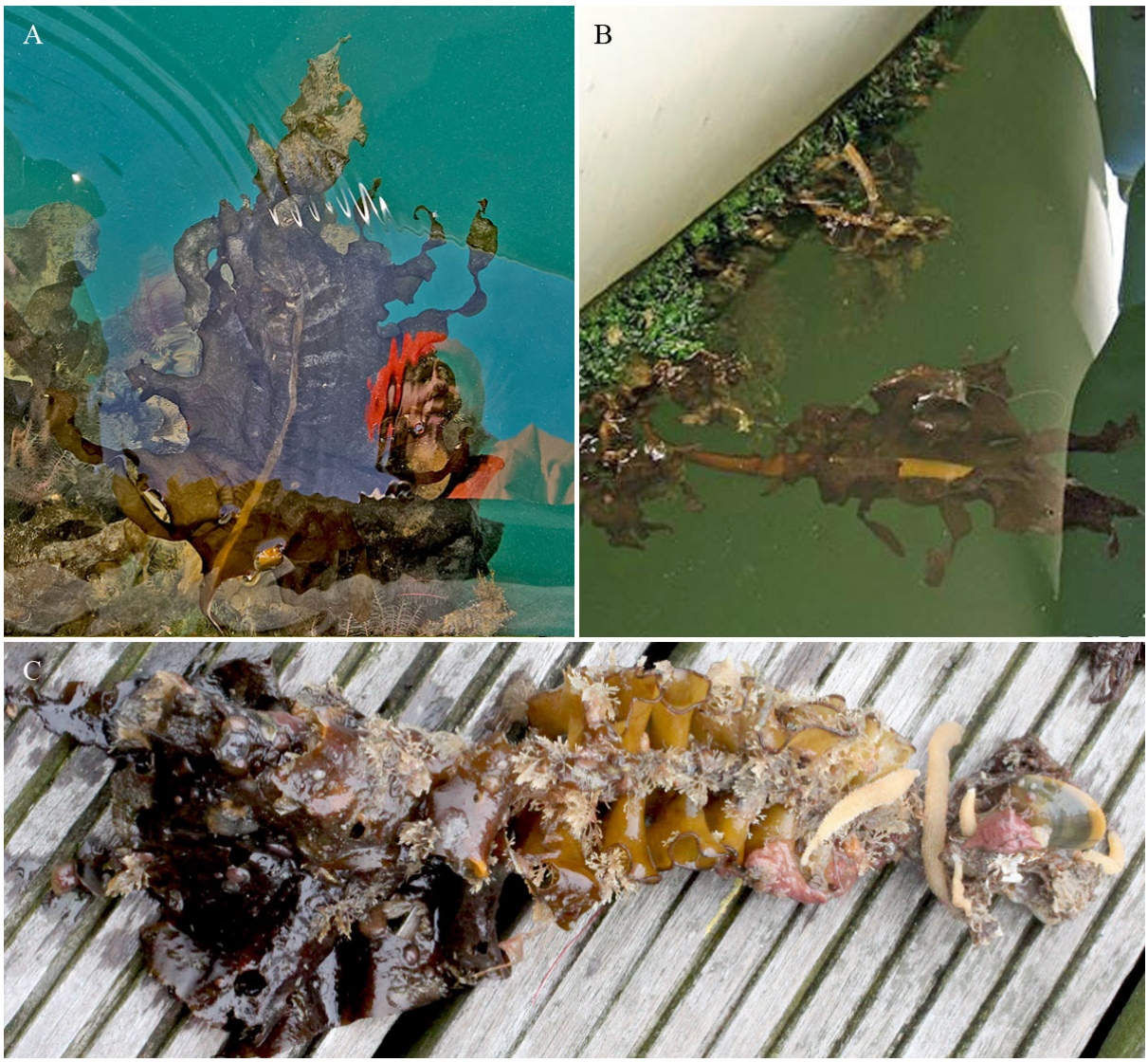

Fig. 1.A-C. Wakame (*Undaria pinnatifida*). A, Wakame op een drijvende steiger; B, Wakame op een pleziervaartuig; C, Wakame gebruikt als vestigings-substraat door een grote variatie aan diersoorten waaronder inheemse en uitheemse zakpijpen, mosdiertjes en sponzen.

natuurlijke milieu. Door windmolenparken op de Noordzee te bouwen, komt er hard substraat in ondieper water beschikbaar wat wel geschikt lijkt voor de vestiging van meerdere zeewieren. Ook uitheemse zeewieren kunnen hier gebruik van kunnen maken, wat hun verspreiding in Europa kan versnellen.

Tenslotte zijn er uitheemse zeewieren waarvan de impact bij introductie in Nederland naar verwachting minimaal zal zijn, omdat er geen geschikt vestigingshabitat aanwezig is. Dit is vermoedelijk het geval bij *Palmaria palmata*, een West Europese soort die Nederland makkelijk op natuurlijke wijze kan bereiken vanuit de Atlantische kusten van Frankijk of Engeland. Individuen worden regelmatig aangespoeld op de Nederlandse stranden aangetroffen (loos et al., 2021), maar vestiging is nog niet waargenomen. De rotskusten waarop deze soort elders in Europa algemeen voorkomt, zijn in Nederland niet aanwezig. Daarbij lijken de dijken vermoedelijk niet genoeg op deze rotskusten, om een geschikt alternatief vestigingshabitat te vormen.

Fig. 2A-B. Stijf priemwier (*Agardhiella subulata*) groeit in verschillende habitats boven de inheemse soorten op de bodem uit, waaronder zeewieren, slakken, zakpijpen en sponzen. Deze soorten krijgen daarmee minder ruimte om zich te vestigen, naast minder zonlicht en minder nutriënten. Seizoensgebonden sterft jaarlijks van nature een groot gedeelte van de stijf priemwieren af, wat een rottingsproces tot gevolg heeft wat sneller verloopt dan bij de inheemse zeewiersoorten. Hierdoor staat stijf priemwier bekend als een soort die zorgt dat zuurstofloosheid in wateren sneller optreedt. Waar de meeste inheemse soorten het niet goed overleven bij een laag zuurstof gehalte, hebben zich meerdere exoten (de Japanse zeepbelslak *Haloa japonica*, de West Atlantische tweekleppige *Yoldia limatula* en de Pacifische kwal *Aurelia coerulea*) recentelijk in Nederland gevestigd die het juist erg goed doen bij deze lage zuurstofgehaltes. Zo profiteren zij van de aanwezigheid van stijf priemwier in bijvoorbeeld de Grevelingen en het Veerse Meer.

Fig. 3A-B. Zeesla *Ulva* sp. bedekt de dijk. Voor zover de dna-analyses aangaven betrof het zeesla op deze dijk voornamelijk de exoot *Ulva australis*. Aangezien inheemse *Ulva* soorten lastig morfologisch te onderscheiden zijn van uitheemse *Ulva* soorten, kan de impact van een dergelijk exoot, hoe groot ook, makkelijk over het hoofd worden gezien. Om deze soorten morfologisch te onderscheiden is meestal een microscoop nodig, waarbij rekening gehouden moet worden met de variatie binnen soorten. De vorm van een individu kan hierbij sterk afhankelijk zijn van de lokale stroomsterkte en het zoutgehalte. Verder kunnen zeesla bladeren sterk van vorm veranderen als ze van de bodem afbreken en los drijvend verder leven.

Fig. 4A-C. Japans bessenwier (*Sargassum muticum*). De sterk vertakte individuen van Japans bessenwier, die enkele meters lang kunnen worden, kunnen ervoor zorgen dat het zonlicht grote gedeeltes van de bodem niet meer bereikt, waardoor andere zeewiersoorten daar ook niet meer kunnen groeien.

8. Gebruik van buitenlands materiaal voor de zeewierkweek

Binnen een studie gericht op exoten binnen de zeewierkweek in Nederland, werd in 2019 voor een selectie van zeewieren, waarvan was ingeschat dat de kweek in Nederland commerciële mogelijkheden biedt, beoordeeld in hoeverre kweekactiviteiten het risico zouden kunnen verhogen op de introductie, vestiging, verspreiding en uiteindelijk impact van uitheemse soorten op de natuur (Gittenberger *et al.*, 2020a). Waar het de zeewierkweek in 2019 betrof, werd hierbij geconcludeerd dat deze geen additief risico veroorzaakte. Deze conclusie was voornamelijk gebaseerd op de aanname dat de kweek van zeewieren óf in quarantaine gebeurde, óf uitsluitend gebaseerd was op lokaal verzameld materiaal.

Deze aanname houdt echter nu, vijf jaar later, geen stand meer. Zo blijkt uit de recente literatuur dat bij verschillende Nederlandse onderzoeksinstellingen gekweekt is of werd met de voor Nederland uitheemse zeewier-soorten *Alaria esculenta* en *Palmaria palmata*. Individuen van deze NW Europese soorten, uitheems in Nederland, spoelen wel aan, maar werden in Nederland nog nooit vast zittend in de natuur vastgesteld. Het uitgangsmateriaal wat voor de kweek van deze soorten in Nederland werd gebruikt, was afkomstig uit Ierland en Noorwegen (Ebbing *et al.*, 2021; Lubsch & Timmermans, 2020). Daarnaast lijken uit het internet aanbod (*pers. obs.*) van “Frozen Atlantic Wakame (*Alaria esculenta*) per 100 kg frozen” uit Zeeland, en de opmerking “Cultivation in NL” (Noordzee Boerderij, 2019) beiden aan te geven dat er een kweek van *A. esculenta* bestaat of recentelijk bestond in Zeeland op mogelijk een schaal dat honderden kilogrammen zeewier konden worden verkocht. Recentelijk noemen ter bevestiging ook Dekker *et al.* (2024) de kweek van *A. esculenta* in Nederland. Verder wordt in deze studie aangegeven dat bij de kweek van de voor Nederland inheemse kelpsoort *Saccharina latissima*, gebruik werd gemaakt van materiaal afkomstig uit het Verenigd Koninkrijk, Schotland en Duitsland, geleverd door een “Dutch commercial development facility”.

Uit bovenstaande voorbeelden lijkt duidelijk te concluderen dat er in Nederland wel degelijk gebruik wordt gemaakt van zeewieren uit het buitenland als uitgangsmateriaal voor de zeewierkweek in Nederland. In hoeverre dit betekent dat er mogelijk een additief risico bestaat of bestond voor de natuur, is in de huidige studie niet beoordeeld. Daarvoor zou bijvoorbeeld uitgezocht kunnen worden of de desbetreffende kweek alleen in officieel toegestane quarantaine voorzieningen plaats vond. Dat valt echter buiten de scope van de huidige indicatie-studie.

9. Recente introducties van uitheemse zeewieren

In figuur 5 wordt het aantal nieuwe uitheemse zeewieren wat per periode van vijf jaar sinds 1991 in Nederland werd vastgesteld, met elkaar vergeleken. Waar over het algemeen twee tot drie nieuwe uitheemse zeewiersoorten per periode van vijf jaar worden ontdekt, kwamen er in 1991-1995 zes soorten bij en zijn er in de meest recente vier jaar (2021-2024) al 15 nieuwe zeewier-soorten voor Nederland ontdekt. Hiervan vinden er 13 hun oorsprong buiten de NO Atlantische Oceaan. De overige twee soorten komen uit Scandinavië, waarbij het gezien de richting het noorden lopende reststroom in de oostelijke Noordzee, niet logisch is dat deze soorten Nederland op natuurlijke wijze bereikt zouden hebben.

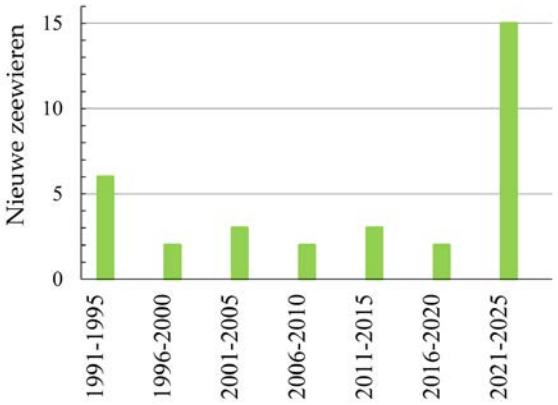

Fig. 5. het aantal nieuwe uitheemse zeewieren wat sinds 1991 in 5-jaar periodes in Nederland werd ontdekt. Het hogere aantal in 1991-1995 is mogelijk gerelateerd met de Japanse oester importen in de jaren 70 en 80 plaats, vanuit de NW Pacifische Oceaan (en Amerika). Het is onduidelijk wat de toename in 2021-2025 verklaart. Dit aantal ligt mogelijk nog hoger aangezien mogelijke introducties in 2025 niet worden meegenomen.

Het hogere aantal introducties in 1991-1995 is vermoedelijk gerelateerd aan de importen van Japanse oesters in west Europese wateren direct vanuit de NW Pacifistische Oceaan en indirect uit Amerika (Gittenberger *et al.*, 2023a). Dergelijke transporten zijn, onder andere vanwege het risico dat exoten meeliften, sinds de jaren 90 gestopt en verklaren dus niet de toename in 2021-2024. Deze recentere toename van het aantal nieuwe uitheemse zeewieren wat ontdekt wordt, kan mogelijk gedeeltelijk verklaard worden door een intensievere monitoring van exoten binnen het Nederlands Signaleringsproject Mariene Exoten (Gittenberger *et al.*, 2023a) waarbij standaard moleculaire analyses ter ondersteuning van de identificaties, worden uitgevoerd. Er lijkt echter meer aan de hand. De sterke stijging in nieuwe zeewieren vindt immers pas plaats sinds 2021, terwijl de intensievere bemonsteringen van mariene exoten langs de Nederlandse kusten al rond 2009 zijn begonnen (Gittenberger *et al.*, 2023a). Daarbij krijgen zeewieren niet meer aandacht dan andere groepen van organismen, waarvoor ook moleculaire analyses worden uitgevoerd binnen het monitoringsnetwerk.

In vergelijking tot deze andere groepen, is het aantal nieuwe uitheemse zeewiersoorten veel sterker toegenomen sinds 2021 (Fig. 6). Zo behoorden in voorgaande jaren de meeste nieuwe mariene exoten tot de kreeftachtigen. Wat opvalt bij de 13 nieuwe zeewiersoorten die er sinds 2021 zijn bijgekomen (Tabel 2), is dat 7 van deze soorten vallen in groepen die worden gekweekt als zeesla ofwel "*Ulva* sp." en nori ofwel "*Porphyra* sp." (inclusief de zeer nauw verwante genera *Neopyropia* en *Pyropia*). Dit bevestigt nogmaals het door Gittenberger *et al.* (2020a) in detail beschreven risico van de kweek van groepen van zeewieren zoals *Ulva* sp. en *Porphyra* sp., waarbij er mogelijk onterecht van uitgegaan wordt dat er inheemse soorten worden gekweekt terwijl dit niet het geval is. Soorten binnen deze groepen kunnen sterk van elkaar verschillen in hun eigenschappen en mogelijke impact als het om een uitheemse soort gaat. Morfologisch zijn ze de soorten echter niet altijd makkelijk te onderscheiden. Daarvoor is meestal een microscoop nodig, waarbij er rekening gehouden moet worden met een aanzienlijke morfologische variatie binnen soorten.

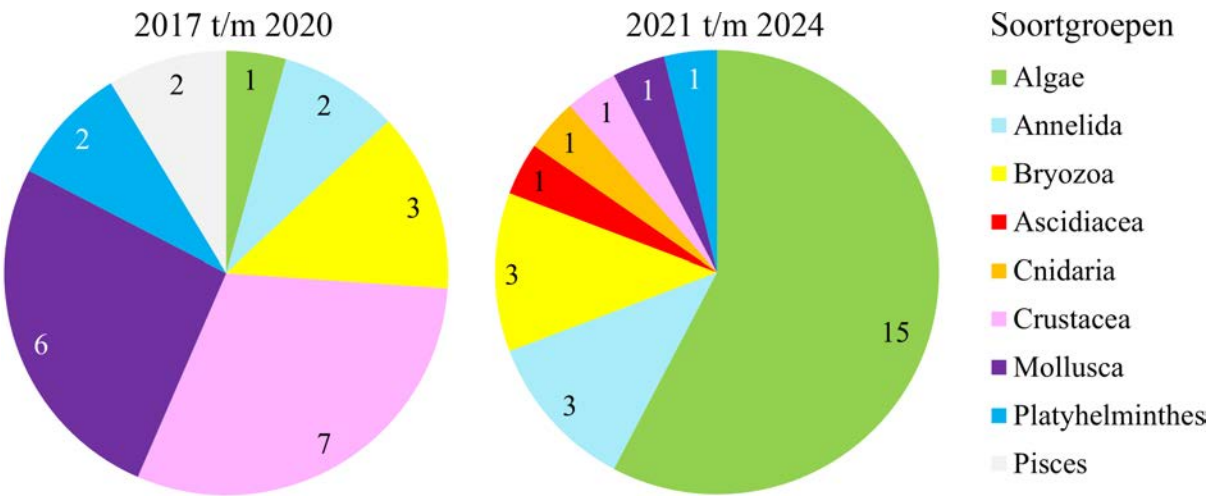

Fig. 6. Mariene uitheemse soorten die als nieuw voor Nederland zijn vastgesteld in 2017 t/m 2020 en in 2021 t/m 2024. In 2021 t/m 2024 is het aantal nieuwe uitheemse zeewiersoorten (Algae) verreweg het sterkst toegenomen in vergelijking met de periode 2017 t/m 2020 waarin vooral nieuwe kreeftachtigen (Crustacea) en weekdieren (Mollusca) werden ontdekt.

Tabel 2. De 15 nieuwe zeewiersoorten voor Nederland die in de periode 2021-2024 voor het eerste werden ontdekt.

Soort	1e record NL	Locatie	Bron	1e record NE Atlantic	Commercieel Interessant?
Aglaothamnion halliae	2024	Rotterdam haven	Gittenberger *et al., in prep*	Nee	Nee
Antithamnion sparsum	2024	Grevelingen	Gittenberger *et al., in prep*	Ja	Nee
Compsopogon caeruleus	2023	Amsterdam haven	Gittenberger *et al.*, 2023c	Nee	Nee
Kapraunia schneideri	2021	Oosterschelde	Gittenberger *et al.*, 2022	Nee	Nee
Neopyropia yezoensis	2021	Oosterschelde	Gittenberger *et al.*, 2022	Nee	Ja: nori
Phymatolithon squamulosum	2024	Westerschelde	Gittenberger *et al., in prep*	oorsprong: Scandinavië	Nee
Polysiphonia subtilissima	2022	Waddenzee	Gittenberger *et al.*, 2023d	Ja	Nee
Pyropia elongata	2024	Oosterschelde	Gittenberger *et al., in prep*	oorsprong: Scandinavië	Nee
Pyropia katadae	2022	Oosterschelde	Knoop *et al.*, 2024	Ja	Ja: nori
Pyropia kinositae	2022	Oosterschelde	Knoop *et al.*, 2024	Ja	Ja: nori
Pyropia koreana	2022	Waddenzee Grevelingen Veerse Meer	Gittenberger *et al.*, 2023d Knoop *et al.*, 2024 Knoop *et al.*, 2024	Ja	Ja: nori
Pyropia suborbiculata	2024	Rotterdam haven	Gittenberger *et al., in prep*	Nee	Ja: nori
Symphyocladiella arecina	2023	Oosterschelde	Gittenberger *et al.*, 2023a	Ja	Nee
Ulva cf. *californica*	2022	Waddenzee	Gittenberger *et al.*, 2023b	Nee	Misschien: *Ulva* sp.
Ulva meridionalis	2024	Westerschelde	Gittenberger *et al., in prep*	Ja	Misschien: *Ulva* sp.
Ulva cf. *shanxiensis*	2021	Grevelingen	Gittenberger *et al., in prep*	Nee	Misschien: *Ulva* sp.

Zo werd in 2024 bij het Nederlands Signaleringsnetwerk Mariene Exoten voor het eerst in Europa de Chinese zeeslasoort *Ulva meridionalis* gevonden, een invasieve soort met een potentieel zeer grote impact op ecosystemen (Gittenberger *et al.*, *in prep*). *U. meridionalis* heeft een voorkeur voor warmere wateren en werd aangetroffen hoog in de getijdezone van de dijk bij de koelwateruitlaat van Borselle. De soort is nog niet eerder in Europa aangetroffen en lijkt zich wereldwijd uit te breiden, waarbij over een significante impact recentelijk werd gepubliceerd in het artikel "Unforeseen green tide of floating tubular *Ulva meridionalis*, a lethal threat to oyster farming, along the west coast of Taiwan" (Su *et al.*, 2024). Hierbij werd aangetoond dat de soort over een kustlijn van 30 km voor een 30% afname van de oesterproductie had gezorgd door de oesters te overgroeien. Hoewel deze soort de Nederlandse winters vermoedelijk niet zou overleven (op plekken zonder koelwateruitlaat), zou hij het in de zomer in een *Ulva* sp. kweek-opstelling nabij de Waddenzee of in de Nederlandse Delta mogelijk erg goed doen, gezien de extreem snelle groei van 13-21% per dag in nutriëntenrijk water met relatief lage zoutgehaltes (Su *et al.*, 2024). Daarnaast bestaat de optie dat deze soort zich in de warmere zomermaanden gaat verspreiden langs de Nederlandse kust en daarbij de competitie voor ruimte en nutriënten aangaat met inheemse soorten. Hoewel de populatie vervolgens in de winter weer grotendeels zou verdwijnen, zou zijn impact op de Nederlandse natuur in de zomer significant kunnen zijn. Los van de zeesla soorten (*Ulva* sp.) waarmee wordt gekweekt, is in 2022 in Zeeland ook een onderzoek gestart in samenwerking met de zeewierkweekindustrie, dat zich richt op de kweek van "Europees *Porphyra* (nori)". Hierbij wordt aangegeven dat het om soorten uit de Zeeuwse delta gaat, maar wordt geen onderscheid gemaakt tussen de soorten en of deze inheems of uitheems zijn. Bij het kweken van onbekende *Porphyra* sp. speelt mogelijk een vergelijkbaar risico als bij *Ulva* sp. Zo werd in Nature Today in 2024 nogmaals benadrukt dat het bij *Porphyra* sp. in Nederland niet om 1 soort gaat, maar zeker om dertien soorten (Knoop *et al.*, 2024), waaronder tenminste drie exoten die in Azië commercieel gekweekt worden (o.a. in verband met hun snelle groei). Net als bij *Ulva* sp., zijn deze dertien soorten die behoren tot de genus *Porphyra* en de nauwverwante genera *Neopyropia* en *Pyropia* morfologisch lastig van elkaar te onderscheiden zonder gebruik van een microscoop en moleculaire analyses. Waar binnen het genus *Ulva* wereldwijd 100 soorten bekend staan, zijn binnen het genus *Porphyra* alleen al 53 soorten bekend (www.algaebase.org). De mogelijke impact op de natuur verschilt van soort tot soort.

In hoeverre de zeewierkweek van *Ulva* sp. en *Porphyra* sp. in Europa een rol speelt of heeft gespeeld bij de verspreiding van de bovenstaande soorten zal onduidelijk blijven aangezien het bij deze kweek over het algemeen onduidelijk is met welke soorten is gekweekt. Zo kan ook niet met zekerheid worden vastgesteld of stimulering van de zeewierkweek in Europa in recente jaren mogelijk ook onbedoeld de introductie van exoten heeft bevorderd. Het is wel een optie die mogelijk verder uitgezocht kan worden. Bij de introductie van uitheemse zeewieren vanuit andere zeeën en continenten wordt meestal de scheepvaart gezien als de meest logische vector, waarbij er vanuit wordt gegaan dat de wieren zich aan een scheepshuid vasthechten en zo worden vervoerd. Gelet op het aantal nieuwe zeewiersoorten dat commercieel interessant kan zijn, heeft de zeewierkweek echter waarschijnlijk ook een rol gespeeld. Daarnaast blijft de scheepvaart nog steeds een waarschijnlijke vector. Zo werden de in 2022 en 2024 als nieuw ontdekte uitheemse zeewieren *Compsopogon caeruleus* en *Aglaothamnion halliae*, als eerste in de haven van Amsterdam en de haven van Rotterdam ontdekt.

10. Conclusies

Hoewel dit niet altijd het geval hoeft te zijn, kunnen uitheemse zeewiersoorten een significant negatieve impact op hun omgeving hebben. Bij de uitheemse zeewieren die zich reeds in Nederland hebben weten te vestigen, is dit bijvoorbeeld het geval bij het kelpwier Wakame. Dit is een soort die lokaal kelpwouden vormt waarbij inheemse zeewiersoorten worden weg geconcurreerd doordat ze bijvoorbeeld geen ruimte meer hebben om zich te vestigen of doordat de kelpbladeren ervoor zorgen dat ze weinig tot geen daglicht meer krijgen. Daartegenover staat dat de bladeren van wakame als vestigingssubstraat kunnen dienen voor diersoorten die zich op hard substraten vestigen, en beschutting bieden tegen predatoren en stromingen voor andere diersoorten. Zo kan de aanwezigheid van een dergelijke exoot lokaal ook de soortendiversiteit verhogen en het ecosysteem veranderen. De impact van kelpwieren zoals wakame kan daarnaast verder gaan dan het gebied waar ze zitten. Deze wieren kunnen immers de stromingen en sedimentatie in een aanzienlijk groter gebied veranderen. Dit is ook het geval bij Japans bessenwier, wat zich op vele plekken langs de Nederlandse kust heeft gevestigd. Naast deze uitheemse “grotere” zeewiersoorten zijn er ook soorten met relatief kleinere individuen die de stromingen en sedimentatie niet of aanzienlijk minder beïnvloeden. Deze soorten vangen minder zonlicht weg, maar kunnen desondanks nog steeds een significant negatieve impact hebben. Dit is het geval bij bijvoorbeeld stijf priemwier (*Agardhiella subulata*), een soort waarvan individuen seizoensmatig afsterven en dan in vergelijking tot andere (inheemse) zeewiersoorten, sneller wegrotten, met zuurstofloosheid van het water tot gevolg. Hierdoor kunnen lokaal de inheemse schelpdieren afsterven. Vooral uitheemse (dier) soorten lijken zich vervolgens in Nederland, in dergelijke habitats met lage zuurstofgehaltes te kunnen vestigen.

Zo kan de impact op de natuur van soort tot soort verschillen. Meer in het algemeen zal de impact van zeewieren op de natuur in Nederland voornamelijk plaatsvinden in binnenwateren en estuaria zoals de Westerschelde, Oosterschelde, Grevelingen en de Waddenzee. Langs de Noordzeekust van Nederland bevindt zich relatief weinig hard substraat voor zeewieren om zich vast te hechten. Verder betreft Nederland een deltagebied waarbij verschillende rivieren in de Noordzee uitmonden. Hierbij komt veel sediment mee, waardoor het water langs de kust relatief troebel is en minder geschikt voor zeewieren. Verder uit de kust, waar het water helderder wordt, zal de impact van (uitheemse) zeewiersoorten vermoedelijk niet veel hoger zijn. Daar is het al snel te diep voor hun vestiging. In dergelijke diepere wateren kan het daglicht maar beperkt doordringen tot aan de bodem.

In het algemeen kan geconcludeerd worden dat uitheemse zeewiersoorten een grote negatieve impact kunnen hebben op de natuur in Nederland, maar dat dit sterk verschilt tussen soorten en tussen watersystemen. Waar tot en met 2020 in Nederland rekening gehouden kon worden met de mogelijke impact van 2 tot 3 nieuwe uitheemse zeewiersoorten per vijf jaar, zijn er tussen 2021 en 2024 in totaal al 15 nieuwe uitheemse zeewiersoorten ontdekt. Dit verhoogt uiteraard sterk de kans dat uitheemse zeewieren een significant negatieve impact op de natuur zullen hebben. Hiermee betreffen verreweg de meeste nieuwe mariene exoten voor Nederland in deze jaren zeewieren, waar dit voorheen kreeftachtigen waren. In hoeverre de plotselinge toename van nieuwe uitheemse zeewier soorten op enige wijze gerelateerd is aan de promotie van de zeewierkweek in Europa en in Nederland in recente jaren, is onduidelijk. Hoewel geen direct verband bewezen kan worden, is het opvallend dat bijna de helft van de nieuwe soorten behoren tot groepen en soorten die commercieel gekweekt

worden. Verder lijken er meerdere soorten uit Scandinavië afkomstig te zijn, een gebied wat in ieder geval wordt gebruikt om uitgangsmateriaal te verzamelen om zeewieren binnen Nederland te kweken voor onderzoeksdoeleinden. Zo blijkt de vaststelling in 2019 dat voor de zeewierkweek in Nederland alleen gebruik wordt gemaakt van lokaal verzameld materiaal, niet meer te gelden. In de wetenschappelijke literatuur wordt uitgangsmateriaal afkomstig uit Ierland, Noorwegen en Duitsland genoemd, waarbij niet wordt vermeld hoe bij de import hiervan rekening wordt gehouden met het mogelijk risico op de introductie van meeliftende exoten. Los hiervan lijken de nieuwe zeewiersoorten ontdekt in de havens van Rotterdam en Amsterdam, aan te geven dat de scheepvaart in ieder geval een rol speelt als introductie-vector van uitheemse zeewieren. Daarmee kan de plotselinge toename van twee tot drie soorten in 5 jaar periodes tussen 1995 en 2020, naar nu 15 nieuwe soorten uitheemse zeewieren in 2021-2024, echter niet verklaard worden.

11. Referenties

Box, A., Deudero, S., Sureda, A., Blanco, A., Alos, J., Terrados, J., Grau, A.M. & F. Riera, 2009. Diet and physiological responses of Spondyliosoma cantharus (Linnaeus, 1758) to the *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 380, 11–19.

Conover, J., Green, L.A. & C.S. Thornber, 2016. Biomass decay rates and tissue nutrient loss in bloom and non-bloom forming macroalgal species. Estuarine, Coastal and Shelf Science 178: 58-64.

Dekker, R.J., de Leeuw, W.C., van Olst, M., Ensink, W.A., van Leeuwen, S., Cohen, J., Timmermans, K.R., Breit, T.M. & M.J. Jonker, 2024. Discovery of novel RNA viruses in commercially relevant seaweeds *Alaria esculenta* and *Saccharina latissima*. bioRxiv preprint doi: https://doi.org/10.1101/2024.05.22.594653.

Dijkstra, J.A., Harris, L.G., Mello, K., Litterer, A., Wells, C. & C. Ware, 2017. Invasive seaweeds transform habitat structure and increase biodiversity of associated species. Journal of Ecology 105: 1668-1678. doi: 10.1111/1365-2745.12775

Ebbing, A.P.J., Fivash, G.S., Martin, N.B., Pierik, R., Bouma, T.J., Kromkamp, J.C. & K. Timmermans, 2021. In-Culture Selection and the Potential Effects of Changing Sex Ratios on the Reproductive Success of Multiannual Delayed Gametophytes of *Saccharina latissima* and *Alaria esculenta*. J. Mar. Sci. Eng. 9: 1250. https://doi.org/10.3390/jmse9111250

Gittenberger, A., Rensing, M., Veer, H.W. van der, Philippart, C.J.M., Hoorn, B. van der, D'Hont, A., Wesdorp , K.H., Schrieken, N., Klunder, L., Kleine-Schaars, L., Holthuijsen, S. & H. Stegenga, 2019. Native and non-native species of the Dutch Wadden Sea in 2018. Commissioned by Office for Risk Assessment and Research, The Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority of the Ministry of Economical Affairs (BuRO). GiMaRIS rapport 2019_09: 124 pp.

Gittenberger, A., Rensing, M. & H. Stegenga, 2020a. Indicatieonderzoek exoten in de zeewierkweek. i.o.v. Bureau Risicobeoordeling & onderzoek, Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit. GiMaRIS rapport 2020_06: 53 pp.

Gittenberger, A., Nauta, R.W. & M. Rensing, 2020b. Verkorte risicobeoordeling zeewierkweek in windmolenparken op de NoordzeeCommissioned by Office for Risk Assessment and Research, The Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority of the Ministry of Economical Affairs (BuRO). GiMaRIS rapport 2020_17: 33 pp.

Gittenberger, A., Rensing, M., Faasse, M.A., Keeler Perez, H. & E. Gittenberger, 2021. Native and non-native species of the Veerse Meer 2020 - 2021. GiMaRIS rapport 2021_07: 153 pp.

Gittenberger, A., Rensing, M. & H. Keeler-Perez, 2022. Marine alien species detection network of the Netherlands: 2021 results. Issued by the Office for Risk Assessment and Research, the Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. GiMaRIS report 2022_15: 46pp.

Gittenberger, A., Rensing, M., Faasse, M.A., van Walraven, L., Smolders, A.A.J., Keeler-Perez, H. & E. Gittenberger, 2023a. Non-Indigenous Species Dynamics in Time and Space within the Coastal Waters of The Netherlands. Diversity 2023, 15, 719. https://doi.org/10.3390/d15060719.

Gittenberger, A., Rensing, M. & H. Keeler-Perez, 2023b. Marine alien species detection network of the Netherlands: 2022 results. Issued by the Office for Risk Assessment and Research, the Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. GiMaRIS report 2023_14: 46 pp.

Gittenberger, A., Rensing, M. & H. Keeler-Perez, 2023c. Monitoring non-native species in the port of Amsterdam in 2023. Issued by the Office for Risk Assessment and Research, the Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. GiMaRIS report 2023_36: 29pp.

Gittenberger, A., Rensing, M., Keeler Perez, H., Coppis, S. & E. Gittenberger, 2023. Native and non-native species of the Dutch Wadden Sea in 2022. Commissioned by Office for Risk Assessment and Research, The Netherlands Food and Consumer Product Safety Authority of the Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality. GiMaRIS rapport 2023_08: 181 pp.

Knoop, J., Bouckenooghe, S., van der Loos L.M., D'hondt, S., Karremans, M., Perk, F., Leliaert, F. & O. De Clerck, 2024. DNA barcoding reveals an extensive number of cryptic introductions of bladed Bangiales (Rhodophyta) in the Southern North Sea. Front. Mar. Sci. 11:1415034. doi: 10.3389/fmars.2024.1415034.

Lubsch, A. & K.R. Timmermans, 2020. Phosphate and Nitrate Uptake Dynamics in *Palmaria palmata* (Rhodophyceae): Ecological and Physiological Aspects of Nutrient Availability. J. Phycol. 56: 1184–1195.

Loos, L.M. van der, Bafort, Q., Bosch, S., Ballesteros, E., Bárbara, I., Berecibar, E., Blanfuné, A., Bogaert, K., Bouckenooghe, S., Boudouresque, C.F., Brodie, J., Cecere, E., Díaz-Tapia, P., Engelen, A.H., Gunnarson, K., Shabaka, S.H., Hoffman, R., Husa, V., Israel, Á., Karremans, M., Knoop, J., Le Gall, L., Maggs, C.A., Mineur, F., Parente, M., Perk, F., Petrocelli, A., Rodríguez-Prieto, C., Ruitton, S., Sansón, M., Serrão, E.A., Sfriso, A., Sjøtun, K., Stiger-Pouvreau, V., Surget, G., Taşkin, E., Thibaut, T., Tsiamis, K., Weghe, L. van de, Verlaque, M., Viard, F., Vranken, S., Leliaert, F. & O. De Clerck, 2023. Non-indigenous seaweeds in the Northeast Atlantic Ocean, the Mediterranean Sea and Macaronesia: a critical synthesis of diversity, spatial and temporal patterns, European Journal of Phycology, DOI: 10.1080/09670262.2023.2256828 .

Lyons, D. & R.E. Scheibling, 2007. Differences in somatic and gonadic growth of sea urchins (*Stronglyocentrotus droebachiensis*) fed kelp (*Laminaria longicruris*) or the invasive alga *Codium fragile* ssp. *tomentosoides* are related to energy acquisition. Marine Biology, 152, 285–295.

Maggi, E., Benedetti-Cecchi, L., Castelli, A., Chatzinikolaou, E., Crowe, T.P., Ghedini, G., Kotta, J., Lyons, D.A., Ravaglioli, C., Rilov, G., Rindi, L. & F. Bulleri, 2015. Ecological impacts of invading seaweeds: a meta-analysis of their effects at different trophic levels. Diversity and Distributions, (Diversity Distrib.) (2015) 21, 1–12.

Magris, R.A. & N.C. Ban, 2019. A meta-analysis reveals global patterns of sediment effects on marine biodiversity. Global Ecology and Biogeography, 28(12), 1879–1898. https://doi.org/10.1111/geb.12990

Noordzeeboerderij, 2019. D4.1.1 Study on existing market for algal food applications. Part A: Seaweed. Stichting Noordzeeboerderij/ North Sea Farm Foundation: 40 pp.

Pereira, L., 2024. Non-indigenous seaweeds in the Iberian Peninsula, Macaronesia Islands (Madeira, Azores, Canary Islands) and Balearic Islands: Biodiversity, ecological impact, invasion dynamics, and potential industrial applications. Algal Research 78: 103407. https://doi.org/10.1016/j.algal.2024.103407.

Phillips, M.J., 1990. Environmental aspects of seaweed culture.Regional Workshop on the Culture and Utilization of Seaweeds. Vol. II, NACA, Bangkok. Thailand, August 1990.

Schaffelke, B. & C.L. Hewitt, 2007. Impacts of introduced seaweeds. Botanica Marina 50 (2007): 397–417. DOI 10.1515/BOT.2007.044.

Shan, T., 2023. *Undaria pinnatifida* (Asian Kelp). CABI Compendium: HTTPS://WWW.CABI.ORG/AC/DATASHEET/59979.

Siddon, C.E. & J.D. Witman, 2004. Behavioral indirect interactions: multiple predator effects and prey switching in the rocky subtidal. Ecology, 85, 2938–2945.

South, P.M., Floerl, O., Forrest, B.M. & M.S. Thomsen, 2017. A review of three decades of research on the invasive kelp *Undaria pinnatifida* in Australasia: An assessment of its success, impacts and status as one of the world's worst invaders. Marine Environmental Research 131: 243-257. https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2017.09.015

Su, C-Y, Fontana, S. & S-L Liu, 2024. Unforeseen green tide of floating tubular *Ulva meridionalis*, a lethal threat to oyster farming, along the west coast of Taiwan: tracking its origin and ecophysiological insights. Botanica marina 68: 5-20. https://doi.org/10.1515/bot-2024-0006.

Tomas, F., Box, A. & J. Terrados, 2011. Effects of invasive seaweeds on feeding preference and performance of a keystone Mediterranean herbivore. Biological Invasions 13: 1559–1570.

Terlizzi, A., Felline, S., Lionetto, M.G., Caricato, R., Perfetti, V., Cutignano, A. & E. Mollo, 2011. Detrimental physiological effects of the invasive alga *Caulerpa racemosa* on the Mediterranean white seabream *Diplodus sargus*. Aquatic Biology, 12, 109–117.

Thomsen, M.S., Byers, J.E., Schiel, D.R., Bruno, J.F., Olden, J.D., Wernberg, T. & B.R. Silliman, 2014. Impacts of marine invaders on biodiversity depend on trophic position and functional similarity. Marine Ecology Progress Series, 495, 39–47.

Trowbridge, C.D. & C.D. Todd, 2001. Host-plant change in marine specialist herbivores: ascoglossan sea slugs on introduced macroalgae. Ecological Monographs, 71, 219–243.