



Staat van de Waddenzee 2025

Bouwsteen Beleidskader Natuur Waddenzee
Fase 2; Technische uitwerking

Patrick Bogaart, Karen Brandenburg, Felix Petersma (CBS)
Katja Philippart (Waddenacademie)

Met medewerking van:
Evelien Dekker, Corine Driessen, Chris de Jong (CBS)

December 2025

Te citeren als: Bogaart, P., Brandenburg, K, Petersma, F. en Philippart, K (2025). *Staat van de Waddenzee 2025 —Technische uitwerking*. Den Haag: Centraal Bureau voor de Statistiek CBS en Waddenacademie, 221 pp.

CBS Den Haag
Henri Faasdreef 312
2492 JP Den Haag
Postbus 24500
2490 HA Den Haag
+31 70 337 38 00

projectnummer

SLO

Samenvatting¹

De Waddenzee is een uniek natuurgebied, onder meer als het grootste aaneengesloten intergetijdengebied ter wereld en omdat het een cruciale rol speelt als kinderkamer voor jonge vissen en als tankstation voor trekvogels. Dit werd in 2009 bekroond door de toekenning van de status als UNESCO Werelderfgoed. Dit geeft een gezamenlijke verantwoordelijkheid voor de 'duurzame bescherming en ontwikkeling als natuurgebied, met behoud van het kenmerkende open landschap' voor de Waddenzee, zoals geformuleerd in de Agenda voor het Waddengebied 2050.

In 2022 is door de ministeries van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) en Infrastructuur en Waterstaat (IenW) de ontwikkeling van een Beleidskader Natuur Waddenzee gestart, als bijdrage aan de bovenstaande hoofddoelstelling voor de Waddenzee. De beoogde uitkomsten van dit Beleidskader zijn het terugdringen van de (mogelijke) negatieve impact van gebruik op de Waddenzeenatuur, het duidelijkheid bieden voor grootschalige ontwikkelingen op de lange termijn, en het bieden van inzicht in de manier waarop de noodzaak tot het beperken van cumulatieve impact van verschillende activiteiten meegenomen kan worden in het maken van beleidskeuzes.

Het traject naar een Beleidskader is gestart met de identificatie van de natuurwaarden die onder druk staan. De ministeries hebben de Waddenacademie gevraagd om hiervoor een systematiek te ontwikkelen en toe te passen om een overzicht te krijgen van de ecosysteemcomponenten waarvan de huidige staat onvoldoende is. De Waddenacademie heeft hiervoor nauw samen-gewerkt met het CBS. De algemene werkwijze is als een technisch rapport in 2024 gepubliceerd (Bogaart *et al.*, 2024)

Effectieve bescherming en ontwikkeling als natuurgebied begint bij de identificatie van natuurwaarden van het gebied die men wil of moet behouden en versterken. Deze natuurwaarden zijn voor een deel vastgelegd in nationale, trilaterale, Europese richtlijnen en internationale verdragen. Sommige verdragen zijn primair gericht op het waarborgen (behouden en zo nodig herstellen) van gezonde ecosystemen en daarvoor kenmerkende natuurlijke processen (bijv. UNESCO Werelderfgoedverdrag). Andere leggen vooral de nadruk op het in een 'gunstige staat van instandhouding' brengen en houden van habitattypen en soorten (bijv. EU Vogelrichtlijn en EU Habitatrichtlijn). Ook zijn er verdragen die zich op zowel ecosysteemgerichte bescherming als op soortenbescherming richten (bijv. OSPAR Verdrag), op de bescherming van de kwaliteit of kwantiteit van water (EU Kaderrichtlijn Water) of op behoud van het landschap (bijv. het Europees Landschapsverdrag).

Voor behoud en versterking van bovenstaande natuurwaarden zijn data nodig om te weten hoe deze waarden zich ontwikkelen ten opzichte van gewenste referentiewaarden. De Waddenzee is één van de meest bemeten natuurgebieden ter wereld, waarbij langjarige metingen worden verricht als onderdeel van nationale meetnetten, vanuit juridische verplichtingen en/of vanuit wetenschappelijke interesse. Deze monitoring levert waardevolle meetreeksen op, bijvoorbeeld op het gebied van weer, klimaat, leefgebieden en soorten, die al deels beschikbaar zijn via het dataportaal van de Basismonitoring van het Waddengebied. De langjarige ontwikkelingen van een deel van deze natuurwaarden worden gerapporteerd in nationale beleidsrapporten (bijv. voor de evaluatie van N2000 beheerplannen), het trilaterale Wadden Sea Quality Status Report (QSR) en

¹ Samenvatting gebaseerd op de door de Waddenacademie gepubliceerde publiekssamenvatting (Philippart *et al.*, 2025)

in wetenschappelijke publicaties. Vanwege de versnipperde data en informatie (toegankelijkheid van data, verschillende wijzen van data-analyse) is het echter vaak lastig om door de bomen het bos te zien. Zo bestaat de QSR alleen al uit meer dan 20 hoofdstukken, elk geschreven door experts voor specifieke onderdelen waarbij de data op zeer verschillende wijzen worden geanalyseerd en gepresenteerd. Een alternatieve systematiek zou die voor de berekening van de 'Living Planet Index' kunnen zijn, waarbij de ontwikkelingen in duizenden soorten worden samengeballd tot een enkele trend. Hierbij wordt echter geen vergelijking gemaakt met de verhouding tussen de actuele en de gewenste (zoals een juridisch vastgelegde) ontwikkeling.

De 'Staat van de Waddenzee' is een systematiek die een integrale beoordeling geeft van de Waddenzee als geheel. Dit gebeurt door een gestandaardiseerde combinatie van informatie over de huidige waarden ten opzichte van referentiewaarden en recente trends (gedurende de afgelopen 12 jaar). Hiervoor zijn in totaal 238 indicatoren gebruikt, verdeeld over de drie thema's weer & klimaat, leefomgeving en soorten. De hier gekozen methodologie houdt rekening met bestaande methodes die ook worden gebruikt in wettelijke rapportagedoeleinden, waaronder de Kaderrichtlijn Water en de Vogel- en Habitatrichtlijn, maar deze methodes konden niet geheel worden gevolgd. Vanwege de aanzienlijk bredere scope van de Staat en de noodzaak voor een generieke aanpak voor alle waarden was het onvermijdelijk dat de beoordeling van de indicatoren binnen de Staat afwijkt van de genoemde kaders. De methode van de Staat is meer volledig op ecosysteem-niveau, maar voor specifieke natuurcomponenten (bijvoorbeeld soorten en vervuulende stoffen) minder streng, waardoor uitkomsten positiever zijn dan op grond van de Europeesrechtelijk voorgeschreven beoordelingsmethoden. Dergelijke afwijkingen ten opzichte van juridisch voorgeschreven rapportages dienen daarom niet gezien te worden als een alternatieve beoordeling binnen deze kaders, maar enkel binnen de context van de Staat. Ten opzichte van de voorgeschreven, meer specifieke beoordelingen doet de Staat vanwege de brede beoordeling echter meer recht aan de verplichting onder diverse internationale verdragen om integraal zicht te krijgen op hoe de Waddenzee als natuurlijk ecosysteem functioneert en zich ontwikkelt.

Methode

Indicatoren

De aanvankelijke lijst van indicatoren was gebaseerd op de tijdseries zoals die in het meest recente Wadden Sea Quality Status Report werden besproken, aannemende dat de indicatoren als relevant voor het functioneren van de Waddenzee werden beschouwd en dat data relatief eenvoudig beschikbaar waren. Deze lijst werd aangevuld met variabelen die door de Waddenacademie als relevant worden beschouwd (zoals de natuurlijkheid van het Waddenecosysteem en de verbondenheid tussen de Waddenzee en de Noordzee), maar waarvoor nog geen indicatoren zijn geïdentificeerd. Deze lijst werd teruggebracht tot de huidige lijst op basis van de daadwerkelijke beschikbaarheid van betrouwbare data en referentiewaarden, en daarna getoetst door domeinexperts.

Voor de indicatoren zijn tijdseries gebruikt van zoveel mogelijk verschillende meetstations verspreid over de Nederlandse Waddenzee (inclusief het Eems-Dollard gebied). De analyses zijn gebaseerd op lange, consistente en complete tijdreeksen. Voor een zeer beperkt aantal tijdseries, zoals die van bodemdieren en jonge platvissen, is er een gebiedsdekkende dataset (met de meetstations min of meer regelmatig over het gebied verdeeld). Voor de meeste tijdseries is het aantal meetlocaties beperkt (1 tot 6 meetstations).

De huidige Staat is gebaseerd op een totaal van 238 indicatoren waarvoor huidige waarden t.o.v. referentiewaarden en recente trends gedurende de afgelopen 12 jaar weergegeven kunnen worden. Deze indicatoren zijn verdeeld over drie thema's: weer & klimaat (34), leefomgeving (85) en soorten (119) van de Waddenzee (Tabel 1). Voor de in deze samenvatting gepresenteerde overzichten telde elk van deze 238 indicatoren even zwaar mee, d.w.z. het zoutgehalte in het Marsdiep weegt even zwaar als de totale biomassa van mollusca (weekdieren).

Referentiewaarden

Voor alle indicatoren is de huidige waarde vergeleken met een referentiewaarde. De indicator wordt wat betreft de huidige waarde als 'beter' of 'slechter' geclassificeerd als deze waarde significant afwijkt van de referentiewaarde. 'Beter' kan hierbij hoger of lager dan de referentie zijn, afhankelijk van de indicator en gewenste situatie. Wat betreft vervuilende stoffen, bijvoorbeeld, geldt hoe lager de concentraties, hoe beter. Voor aantallen vogels daarentegen geldt dat lagere aantallen als 'slechter' worden beschouwd dan hogere.

In eerste instantie is voor alle indicatoren gekeken of er (juridische) referentiewaarden zijn vastgelegd vanuit internationale, Europese- en nationale richtlijnen en verdragen. Vanuit Natura2000 en Kaderrichtlijn Water, bijvoorbeeld, zijn expliciete waarden (bijv. N2000-instandhoudingsdoelstellingen) gegeven als te realiseren waarden voor respectievelijk aantallen vogels en concentraties van vervuilende stoffen als onderdeel van de juridisch voorgeschreven beoordeling. Waar dergelijke waarden niet beschikbaar waren is vervolgens gekeken naar andere aanwijzingen vanuit deze richtlijnen (i.p.v. getallen) zoals een 'behoudsdoelstelling' (bijv. soort mag niet in aantal achteruit gaan) of een 'verbeterdoelstelling' (bijv. aantal van soort moet in de tijd toenemen). Deze referentiewaarden voor de *Staat* moeten niet worden verward met de formeel juridische referentiewaarden voor het bepalen van de 'gunstige staat van instandhouding' van soorten onder de Vogelrichtlijn en Habitatrichtlijn of voor het bepalen van een goede toestand van waterlichamen onder de Kaderrichtlijn water.

Voor de indicatoren waarvoor referentiewaarden niet beschikbaar waren, is in eerste instantie gebruik gemaakt van de informatie uit de tijdreeksen zelf. Zo is in afstemming met domeinexperts in sommige gevallen gekozen voor de gemiddelde waarde tijdens de beginjaren van de tijdreeks (zoals bij weer en klimaat), voor de gemiddelde waarde van de hele tijdreeks (zoals voor bodemdieren) of voor de maximale waarde van de hele tijdreeks (zoals bij vissen) als referentiewaarde.

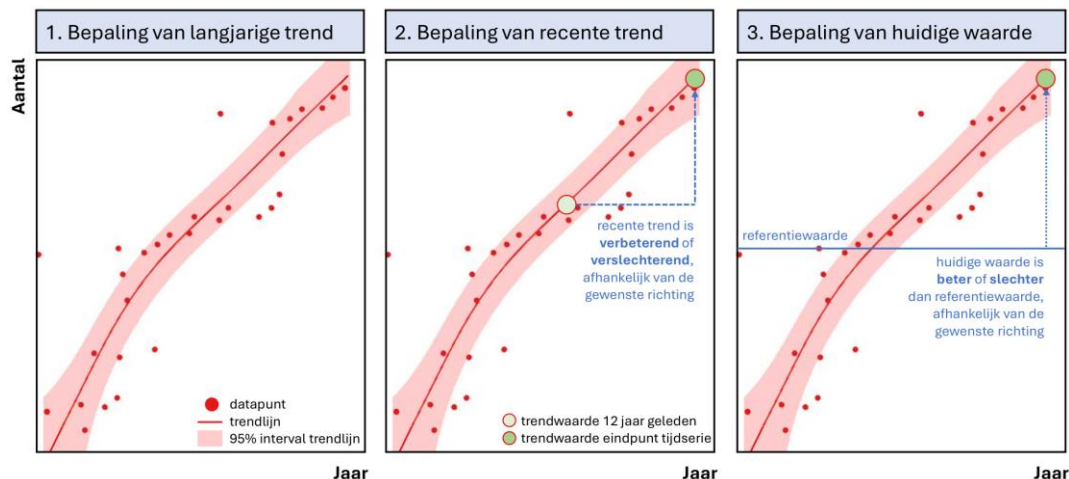
In een enkel geval (helderheid van het water in de Waddenzee) is gekozen voor een historische waarde uit de literatuur.

Berekeningen

Als eerste wordt een langjarige trend met een 95% betrouwbaarheidsinterval door de data van de complete tijdreeks gefit (zie linker paneel van Figuur 1). Hierdoor is er voor ieder jaar van de tijdreeks naast een gemeten waarde (die van het ene jaar op het andere jaar sterk kan verschillen) ook een geschatte trendwaarde beschikbaar (een waarde in de context van een ontwikkeling over een langere termijn). Het zijn de trendwaarden die worden gebruikt voor de verdere berekeningen, dus niet de waarden van de metingen zelf. De in dit rapport gebruikte term 'huidige waarde' is dus in feit de huidige trendwaarde van het laatste jaar van de geanalyseerde tijdreeks.

Vervolgens wordt de huidige trendwaarde (de waarde van het meest recente jaar zoals geschat door de trendlijn) vergeleken met de trendwaarde van 12 jaar geleden (middenpaneel van Figuur

1). Als de huidige trendwaarde significant hoger ligt dan die van 12 jaar geleden, dan is er sprake van een toenemende trend. Ligt deze lager, dan wordt gesproken van een afnemende trend. Verder kan de recente trend stabiel (nagenoeg dezelfde waarden in de tijd) zijn of onzeker (bijvoorbeeld bij een grote variatie in jaarlijkse waarden, met een grote bandbreedte in het betrouwbaarheidsinterval van de schattingen tot gevolg).



Figuur 1. Methode voor de bepaling van de recente trend (in de afgelopen 12 jaar) en de huidige waarde (t.o.v. een referentiewaarde) van een indicator (bijv. het totaal aantal individuen van een soort) uit een langjarige tijdreeks.

Of een significante trend een aanwijzing is voor een verbetering of verslechtering van de situatie hangt af van de wens om de waarde van de indicator te laten afnemen (bijv. bij vervuilende stoffen) of juist toenemen (bijv. voor vogels). De huidige waarde van een indicator wordt bepaald door vergelijking van de huidige trendwaarde met de referentiewaarde. Als de huidige trendwaarde van een indicator significant verschilt van die referentiewaarde, dan is de situatie 'beter' of 'slechter' dan de referentie situatie (afhankelijk van de wens om de waarde van de indicator hoger of lager te laten zijn dan die van de referentie). Als de bandbreedte van het betrouwbaarheidsinterval (het rode vlak in Figuur 1) van de schatting van de huidige trendwaarde overlapt met de referentiewaarde (de blauwe lijn in het rechter paneel van Figuur 1), dan is de huidige waarde t.o.v. de referentiewaarde 'onzeker'.

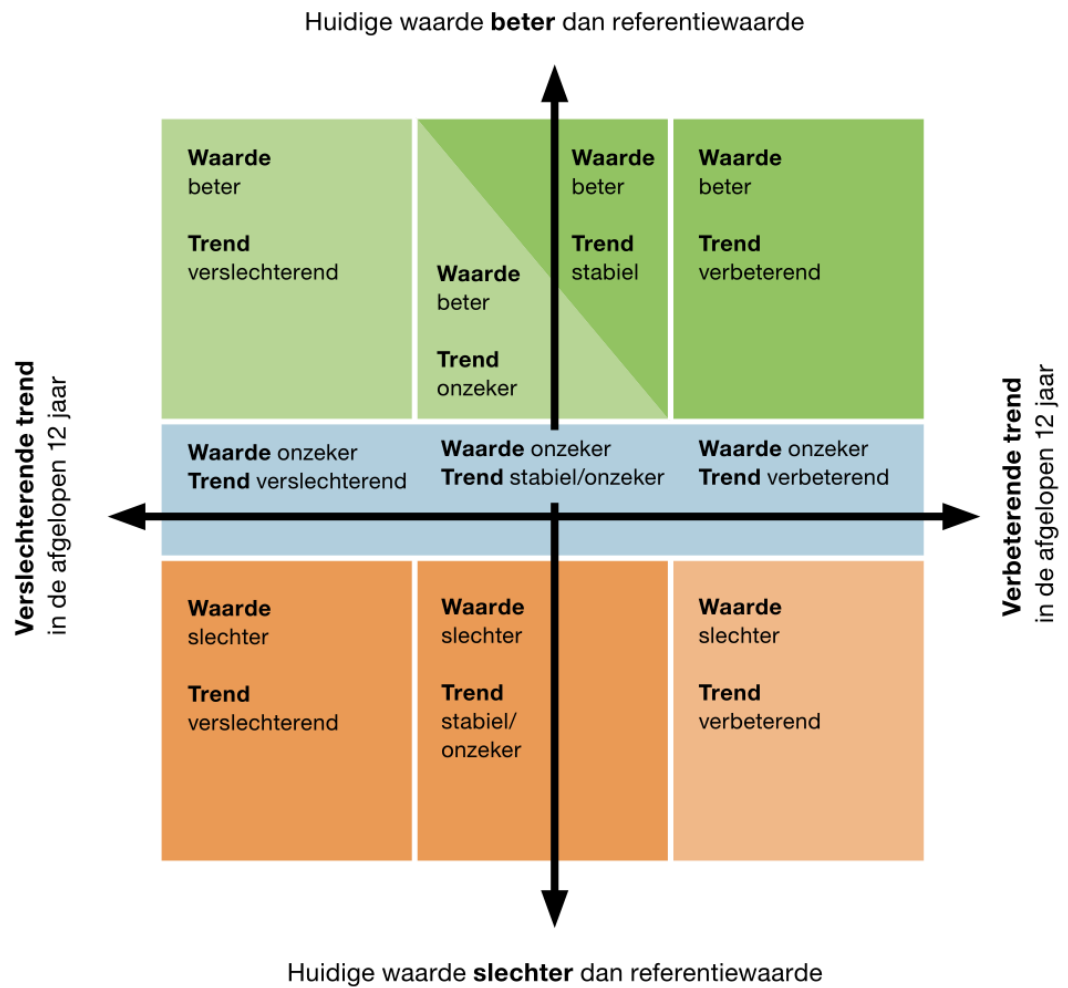
Visualisaties

Waddenkwadrant

Volgens bovenstaande wijze is voor elk van de indicatoren de huidige trend (verbeterend, stabiel, verslechterend of onzeker gedurende de afgelopen 12 jaar) en de huidige waarde t.o.v. de referentiewaarde (beter, slechter of onzeker) op een onderling vergelijkbare wijze berekend. De informatie van de huidige waarde en recente trend worden samengebracht in een zogenaamd Waddenkwadrant, met de uitkomsten van de trendanalyse langs de horizontale as en die van de huidige waarde t.o.v. de referentiewaarde langs de verticale as (bovenste paneel van Figuur 2). Als uitkomsten voor stabiele en een onzekere trend samen worden genomen (zijnde geen aantoonbare verandering) en die van de onzekere waarde (ongeacht de trend) worden samengevoegd, dan kunnen alle indicatoren worden verdeeld over vijf categorieën (Waddenkwadrant).

Het Waddenkwadrant plaatst elke indicator in één van vijf situaties, met elk een bijbehorende ecologische opgave vanuit beleid en beheer:

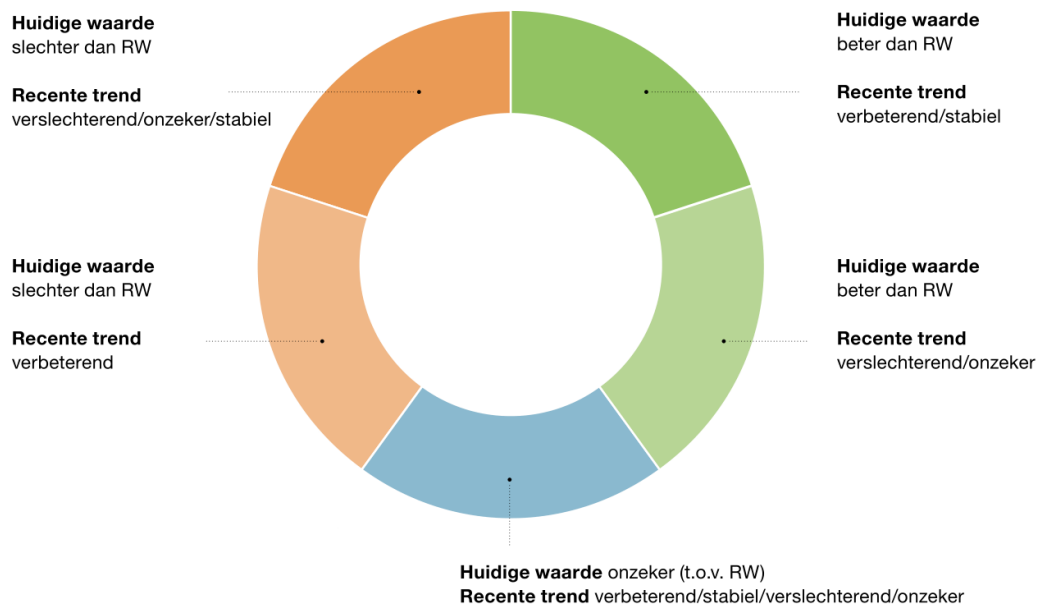
1. **Huidige waarde is slechter dan referentiewaarde en trend is verslechterend, stabiel of onzeker:** deze indicatoren vragen de *meeste aandacht* wat betreft beleid en beheer, want de waarden zijn bijvoorbeeld te laag en er is een sterke aanwijzing (of kan niet uitgesloten worden) dat de indicator maatregelen nodig heeft (bijv. drukverlaging) om deze ongewenste trend te keren om uiteindelijk de waarde boven de referentiewaarde uit te kunnen laten komen;
2. **Huidige waarde is slechter dan referentiewaarde en trend is verbeterend:** Deze indicatoren vragen *onmiddellijke aandacht* wat betreft beleid en beheer (want waarden zijn te laag) inclusief een verkenning of de waarde van de indicator in de loop van de tijd al dan niet zonder aanvullende maatregelen boven de referentiewaarde kan uitkomen;
3. **Huidige waarde is beter dan referentiewaarde en trend is verslechterend of onzeker:** Huidige waarde indicator is beter dan referentiewaarde maar het verschil neemt af. Deze indicatoren vragen *geen onmiddellijke aandacht* wat betreft beleid en beheer, maar wel wat betreft verkenning mogelijke oorzaken van de achteruitgang (om te voorkomen dat de waarde van de indicator in de loop van de tijd minder dan de referentiewaarde wordt);
4. **Huidige waarde is beter dan referentiewaarde en trend is verbeterend of stabiel:** Deze indicatoren vragen *geen onmiddellijke aandacht* wat betreft beleid en beheer, anders dan monitoren om te volgen of het tij niet keert;
5. **Huidige waarde t.o.v. referentiewaarde is onzeker:** Deze indicatoren vragen *aandacht* wat betreft beleid en beheer, omdat volgens het voorzorgbeginsel niet uitgesloten kan worden dat de huidige waarde onder die van de referentiewaarde ligt.



Figuur 2. Waddenkwadrant met een indeling van indicatoren op basis van hun huidige waarde t.o.v. een referentiewaarde en de recente trendrichting.

Waddencirkel

Bovenstaande indeling kan gebruikt worden om te zien hoeveel van de indicatoren voor de variabelen zich in de vijf verschillende situaties bevinden, voor de Waddenzee als geheel en binnen de verschillende thema's en groepen (Waddencirkel). Daarbij kan dan ook worden aangegeven hoe de ecologische opgaven zijn verdeeld, en welke indicatoren dat betreft.



Figuur 3. Waddencirkel met een indeling van indicatoren op basis van hun huidige waarde t.o.v. een referentiewaarde en de recente trendrichting.

Waddendashboard

Het Waddendashboard is een overzicht van de uitkomsten van de *Staat* voor de gehele Waddenzee, die van de verschillende thema's (weer & klimaat, leefomgeving en soorten) en die van de verdere uitsplitsing van de groepen van elk thema (Tabel 1)

Staat van de Waddenzee

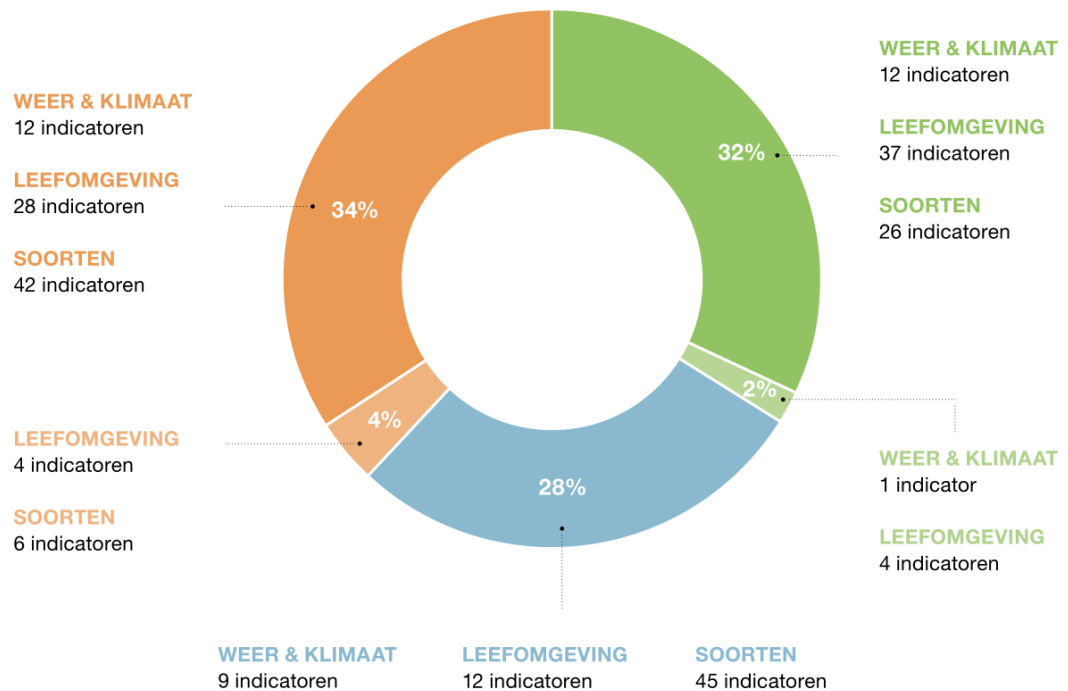
De Staat van de Waddenzee is opgebouwd uit 238 indicatoren, waarvan 34 voor het thema 'weer & klimaat', 85 voor het thema 'leefomgeving' en 119 voor het thema 'soorten' (Figuur 4).

Voor de Waddenzee als geheel is de huidige waarde van 92 van de 238 (39%) indicatoren 'slechter' dan de referentiewaarde, waarvan er 82 (34%) in de afgelopen 12 jaar 'stabiel', 'onzekeer' of 'verslechterend' waren (Figuur 4). Voor 80 van de 238 (32%) indicatoren is de huidige waarde 'beter', waarvan voor 75 (32%) de trend 'stabiel' of 'verbeterend' en voor 5 (2%) is er sprake van een 'betere' waarde in combinatie met een 'verslechterende' trend. Voor 66 van de 238 indicatoren (28%) is de huidige waarde 'onzekeer'.

De meeste situaties bevatten indicatoren van de thema's weer en klimaat, leefomgeving en soorten, met uitzondering van de situatie 'waarde beter/ trend verslechterend of onzekeer' (lichtgroen) die geen indicatoren van het thema 'soorten' heeft, en de situatie 'waarde slechter/ trend verbeterend of onzekeer' (lichtoranje) die indicatoren van het thema 'weer & klimaat' mist (Figuur 4).

Op basis van deze uitkomsten kan voorzichtig gesteld worden dat - ondanks de gelding van een groot aantal beschermingsregimes - het ecosysteem van de Waddenzee anno 2025 nog niet als gezond aangemerkt kan worden en extra inzet nodig is. Dit beeld komt overeen met eerdere rapportages, maar betreft nu, zoals eerder opgemerkt, een meer integrale beoordeling van de Waddenzee.

STAAT VAN DE WADDENZEE



TREND t.o.v. RW	HUIDIGE WAARDE t.o.v. Referentiewaarde (RW)		
	Beter	Slechter	Onzeker
Verbeterend	50	10	17
Stabiel	25	17	13
Verslechterend	1	37	9
Onzeker	4	28	27

Figuur 4. Score van indicatoren op basis van hun huidige waarde en recente trend in het Waddenkwadrant voor de Waddenzee als geheel, en voor de thema's afzonderlijk.

Voor overzichten van de afzonderlijke thema's wordt verwezen naar Philippart *et al.* (2025)².

Conclusie

Waddendashboard

Voor 66 van de 238 (28%) van de indicatoren van de Staat van de Waddenzee zijn de huidige waarden 'onzeker' t.o.v. de referentiewaarden (Figuur 4). Omdat voor die indicatoren niet uitgesloten kan worden dat de huidige waarden 'slechter' zijn dan de referentiewaarden, vragen

² Zie: <https://www.waddenacademie.nl/nieuws/nieuwsbericht/samenvatting-staat-van-de-waddenzee-2025-gepubliceerd/>

deze aandacht vanuit beleid en beheer. Het aandeel indicatoren met een 'onzekere' waarde is het grootst binnen het thema 'soorten' (45 indicatoren), specifiek voor de groepen fytoplankton (13 indicatoren), bodemdieren (17 indicatoren) en vogels (15 indicatoren). Omdat deze onzekerheid onder andere kan voortkomen uit een grote ruimtelijke variatie in aantallen en trends van planten en dieren binnen de Waddenzee, zou een verdieping door uitsplitsing naar deelgebieden (bijvoorbeeld kombergingen) een meer helder beeld met minder onzekerheid kunnen geven.

De uitkomsten van de *Staat* geven verder aan dat voor de Waddenzee als geheel de huidige waarden van 92 van de 238 (38%) indicatoren 'slechter' zijn dan de referentiewaarden (Figuur 21), waarvan 37 van de 238 (16%) in de afgelopen 12 jaar een verdere 'verslechtering' lieten zien. Dit betekent dat de huidige staat van de Waddenzee voor veel aspecten onvoldoende is, wat vraagt om maatregelen vanuit beleid en beheer. De *Staat* geeft niet aan wat de mogelijke oorzaken van deze ontwikkelingen zijn, en dus ook niet welke maatregelen toegepast kunnen worden om het tij te keren. Dit zal in de vervolgstappen van het Beleidskader Natuur Waddenzee worden opgepakt. Het huidige overzicht van de *Staat* kan ook daarbij behulpzaam zijn omdat het ook een overzicht geeft van de 50 indicatoren waarvoor de huidige waarden 'beter' zijn én de trend 'verbeterend' is (21%), en daarmee mogelijk aanwijzingen omvat over welke eerder genomen ecologische herstelmaatregelen (bijvoorbeeld op het gebied van natuurbeheer, inrichting en drukverlaging) effectief zijn gebleken.

Klimaatverandering

Met het oog op de effectiviteit van eventuele toekomstige maatregelen moet rekening worden gehouden met klimaatverandering. De *Staat* laat zien dat de gemiddelde temperatuur van de lucht en het water oplopen. Op basis van de recente KNMI scenario's zal deze trend zich de komende decennia voortzetten, zelfs als er onmiddellijk actie wordt ondernomen om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen. Omdat deze opwarming gevolgen heeft voor biologische processen (zoals het voortplantingssucces van schelpdieren en de seizoensmigratie van trekvogels) kan niet uitgesloten worden dat dit doorwerkt op de aantallen (toename of afname) van soorten in de Waddenzee. Hierbij kan ook cumulatie optreden, waarbij de effecten van klimaatverandering optellen bij die van andere menselijke activiteiten. Deze ontwikkeling vraagt om een verdere verdieping van de mogelijke gevolgen van klimaatverandering voor de natuurwaarden van de Waddenzee, bijvoorbeeld door het meenemen van klimaat-gerelateerde eigenschappen van planten en dieren (zoals temperatuurgevoeligheid).

Vervolgstappen

De huidige lijst van indicatoren bestaat uit variabelen die relevant geacht worden voor het functioneren van de Waddenzee als integraal ecosysteem en waarvan data en referentiewaarden beschikbaar waren. Dit geeft een breed beeld van de ontwikkelingen van natuurwaarden in dit gebied, en duidelijke aanwijzingen welke indicatoren aandacht vanuit beleid en beheer behoeven. In een volgende fase zou de *Staat* verder uitgebreid kunnen worden met meer (mogelijk alle) parameters die nu gebruikt worden voor formele juridische toetsen (N2000, KRW, OSPAR). Daarnaast kunnen variabelen waarvoor nu indicatoren worden ontwikkeld, zoals de pijlers onder de Waddenzee als Werelderfgoed en de landschappelijke kernwaarden, worden toegevoegd. Verder kunnen, op basis van de uitkomsten van het Beleidskader, ook de waarden en trends van de meest relevant geachte overige drukfactoren (in aanvulling op die van weer & klimaat) worden meegenomen. Hierdoor kan inzicht verkregen worden of en, zo ja, in welke mate aanvullende maatregelen daadwerkelijk leiden tot drukvermindering en doorwerken op de Staat van de Waddenzee.

Implementatie

De Staat van de Waddenzee 2025 geeft een integraal beeld van huidige natuurwaarden van dit gebied, op basis van een gestandaardiseerde systematiek om informatie over de huidige waarde t.o.v. een referentiewaarde en trends in de afgelopen 12 jaar uit 238 langjarige tijdreeksen te extraheren en te koppelen. Het gebruik van de Staat van de Waddenzee is het meest zinvol als het een onderdeel vormt van een structurele beleidscyclus, waarbij de resultaten worden ingezet voor beleidsvorming (zoals beoogd in het Beleidskader Natuur Waddenzee) en de effecten van de uitvoering van dat beleid regelmatig worden getoetst en geëvalueerd (bijvoorbeeld 1x per 3 jaar). Hierbij zou dan ook structureel moeten worden samengewerkt met de Basismonitoring Wadden om alle data en informatie openbaar te maken, en met het Common Wadden Sea Secretariat om waargenomen waardes en trends van de indicatoren in de Nederlandse Waddenzee beter te kunnen duiden door een trilateraal perspectief.



Figuur 5. Waddendashboard van de natuur van de Waddenzee, met scores van 238 indicatoren op basis van hun huidige waarde t.o.v. een referentiewaarde en trend gedurende de afgelopen 12 jaar.

Inhoudsopgave

Samenvatting	3
Methode	4
Staat van de Waddenzee	9
Conclusie	10
1. Inleiding	16
1.1 Aanleiding	16
1.2 Doel	17
1.3 Opzet	17
1.4 Samenhang	19
2. Methodologie	21
2.1 Context	21
2.2 Referentiewaarden	25
2.3 Aanpak in de Staat.	32
3. Weer en Klimaat	42
3.1 Luchttemperatuur	42
3.2 Neerslag	48
3.3 Windsnelheid	51
3.4 Zonnestraling	57
3.5 Watertemperatuur	61
3.6 Zoutgehalte	68
3.7 Zeespiegel	74
3.8 Zoetwaterafvoer	81
4. Leefomgeving	90
4.1 Troebelheid	90
4.2 Nutriëntenconcentraties	94
4.3 Vervuilende stoffen	104
4.4 Habitattypen	126
4.5 Kwelderzoning	130
4.6 Sedimentsamenstelling	140
4.7 Biogene structuren	149
5. Soorten	158
5.1 Primaire producenten	158
5.2 Bodemdieren	166
5.3 Vissen	178
5.4 Vogels	187
5.5 Zeezoogdieren	200

6.	Algemene discussie, aanbevelingen, vervolgstappen	207
6.1	Indicatorselectie	207
6.2	Databronnen	207
6.3	Referentiewaarden	208
6.4	Aggregatie	210
6.5	Ruimtelijke aspecten.	217
	Dankwoord	218
	Literatuur	219

1. Inleiding

Dit rapport beschrijft een uitwerking van indicatoren ten behoeve van Staat van de Waddenzee (hierna: “*Staat*”) zoals ontwikkeld door de Waddenacademie in samenwerking met het Centraal Bureau voor de Statistiek. Deze *Staat* wordt ontwikkeld op verzoek van het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) en het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) als onderdeel van het toekomstige Beleidskader Natuur Waddenzee (BNW).

Dit “fase 2”-rapport is een vervolg op de eerste methodologische verkenning (“fase 1”) die begin 2025 is gepubliceerd (Bogaart *et al.*, 2025). In die eerste fase lag de nadruk op de technische ontwikkeling van de *Staat* waarbij de methodiek van beoordeling van trends en status voor een enkele geselecteerde indicatoren is uitgewerkt. In deze tweede fase is deze methodologie toegepast op een grotere groep van indicatoren, en waar nodig aangescherpt.

Disclaimer: de hier ontwikkelde methodologie sluit aan op bestaande methodes die ook worden gebruikt in wettelijke rapportagedoeleinden, waaronder de Kaderrichtlijn Water en de Vogel- en Habitatrichtlijn. Gezien de bredere scope van de Staat en de noodzaak voor een generieke aanpak is het echter onvermijdelijk dat de uitwerking van de methoden, en de beoordeling van de indicatoren binnen de Staat, zal afwijken van de genoemde kaders. Deze afwijkingen dienen niet gezien te worden als een alternatieve beoordeling binnen deze kaders, maar enkel binnen de context van de Staat.

1.1 Aanleiding

Door de ministeries van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LVVN) en van Infrastructuur en Waterstaat (IenW) wordt gewerkt aan de ontwikkeling van het Beleidskader Natuur Waddenzee, wat mede invulling zal geven aan de natuuropgaven zoals beschreven in de Agenda voor het Waddengebied 2050³ met als de hoofddoelstelling voor de Waddenzee: “*een duurzame bescherming en ontwikkeling van de Waddenzee als natuurgebied en het behoud van het unieke open landschap*”.

Sinds medio 2023 wordt door de Waddenacademie gewerkt aan het ontwikkelen van een ‘Staat van de Waddenzee’ als bouwsteen van dit Beleidskader. De Waddenacademie heeft, op haar beurt, het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) gevraagd voor inhoudelijke en technische ondersteuning om deze *Staat* uit te werken, met name wat betreft analysetechnieken.

Voor het ontwikkelen en ‘vullen’ van de *Staat* met indicatoren werkt de Waddenacademie verder samen met het programma LTER-LIFE (met name de UvA) voor de protocollen voor het FAIR⁴ maken van de benodigde data, en met de Basismonitoring Wadden (o.l.v. RWS- NN) voor het centraal beschikbaar maken van de benodigde data.

³ <https://agendavoorhetwaddengebied2050.waddenzee.nl>

⁴ Findable (vindbaar); Accessible (toegankelijk); Interoperable (uitwisselbaar); Reusable (herbruikbaar). Zie <https://www.go-fair.org/fair-principles/>

1.2 Doel

Het doel van de *Staat* is om inzicht te bieden in de (langjarige) ontwikkelingen van relevante kenmerken van de natuur van de Waddenzee, dat als basis gebruikt kan worden voor toekomstig beleid en beheer van dit gebied (in eerste instantie voor het Beleidskader Natuur Waddenzee, maar in een later stadium mogelijk ook van toegevoegde waarde voor een breder gebruik zoals het trilaterale Quality Status Report en rapportages voor de EU en UNESCO). De *Staat* wil zo compleet mogelijk zijn wat betreft natuurwaarden, maar ook zo eenvoudig mogelijk wat betreft interpretatie. Ten behoeve van de transparantie moeten de onderliggende data FAIR zijn, dat wil zeggen goed vindbaar, goed beschikbaar en goed bruikbaar (onderling en extern)⁵.

Hiermee brengt de *Staat* een aantal toegevoegde waardes t.o.v. andere ecologische evaluaties (bijv. Natura 2000 en het Quality Status Report van de Waddenzee, zie hieronder), namelijk i) het samenbrengen van informatie (data en duidingen) vanuit verschillende bronnen in één coherent beeld van de natuur van de Waddenzee, ii) een waardering (goed/slecht) t.o.v. referentiewaarden op verschillende aggregatieniveaus (bijv. van soort via soortgroep tot biodiversiteit), en iii) een FAIRe toegang tot de onderliggende data.

1.3 Opzet

De *Staat* bouwt voort op bestaande raamwerken, met name de data en analyses zoals beschreven in het *Quality Status Report* (QSR) van de Waddenzee⁶. De QSR beschrijft en evalueert de huidige ecologische toestand van de trilaterale Waddenzee. Het identificeert veranderingen in deze status en de mogelijke oorzaken ervan, classificeert zorgwekkende kwesties, geeft mogelijke herstelmaatregelen aan, inclusief evaluatie van de waarschijnlijke effectiviteit van deze maatregelen, en spoort lacunes in de kennis op. De QSR is een onderdeel van het *Trilateral Monitoring and Assessment Program* (TMAP)⁷, en wordt regelmatig (ongeveer 1x per 5 jaar) geactualiseerd.

In 2023 is ten behoeve van de ontwikkeling van de *Staat* een lijst indicatoren samengesteld op basis van de verschillende hoofdstukken van het QSR (Tabel 1), de verschillende onderdelen van zogenaamde *Outstanding Universal Value*, behorende bij de UNESCO Werelderfgoedstatus⁸, de indicatoren van het N2000 Beheerplan van de Waddenzee⁹ en die van andere internationale en Europese richtlijnen die gelden voor de Nederlandse Waddenzee¹⁰. Naast deze lijst van ecologische toestands-indicatoren (die vooral ontwikkelingen in leefgebieden en soorten beschrijven) zal er in een volgende versie nog een aantal indicatoren aan de *Staat* toegevoegd worden over gevolgen van menselijke invloeden en milieudruk (zoals geluid, openheid en natuurbeschermingsregimes).

Hiermee omvat de *Staat* alle type indicatoren (leefgebieden, soorten en menselijke invloeden) die van belang zijn om de ontwikkelingen van de “Waddenzee als natuurgebied en het unieke open

⁵ <https://www.go-fair.org>

⁶ <https://qsr.waddensea-worldheritage.org>

⁷ <https://www.waddensea-worldheritage.org/trilateral-monitoring-and-assessment-programme-tmap>

⁸ <https://whc.unesco.org/en/list/1314>

⁹ <https://open.rijkswaterstaat.nl/open-overheid/onderzoekrapporten/@106060/natura-2000-beheerplan-waddenzee-periode>

¹⁰ <https://www.waddenacademie.nl/themas/natuur-en-recht/de-europees-en-internationaalrechtelijke-status-van-de-waddenzee>

landschap” (zie Aanleiding) en mogelijke invloed van menselijk handelen daarop te kunnen volgen.

Bij de selectie van indicatoren is rekening gehouden met een voorkeur voor een grote ruimtelijke schaal met afdoende resolutie, zodat het raamwerk enerzijds in staat is om recht te doen aan de verschillen tussen de afzonderlijke deelgebieden (zoals kombergingen) en anderzijds toegepast kan worden op de gehele (trilaterale) Waddenzee. Voor wat betreft de temporele aspecten geldt een soortgelijk criterium: aan de ene kant wordt er recht gedaan aan de verschillen tussen seizoenen, aan de andere kant ligt de nadruk op trends over langere perioden (minstens 10 jaar).

De lijst van indicatoren (Tabel 1) is afgestemd met de opdrachtgevers en met de ontwikkelaars van de andere twee bouwstenen van het BNW. Vanwege de gelijktijdige ontwikkelingen van de drie bouwstenen en beschikbare kennis en data lopen de drie lijsten van indicatoren nog niet helemaal parallel. Verdere afstemming zal plaatsvinden als ook de resultaten van de andere bouwstenen beschikbaar zijn.

Fasering en databeschikbaarheid

Niet voor alle in de initiële lijst opgenomen indicatoren zijn op dit moment voldoende data beschikbaar in een vorm die direct verwerkbaar is. Voor sommige indicatoren is de data in principe direct beschikbaar vanuit bestaande portals, zoals de Waddenviewer¹¹ (onderdeel van Basismonitoring Wadden¹²) en de portals van Rijkswaterstaat¹³, het KNMI¹⁴ en SOVON¹⁵. Een recent initiatief is de Digitale Systeemrapportage Waddenzee¹⁶, die een groeiende rol vervult bij het ontsluiten van de basisdata.

In de eerste fase van de *Staat* is gewerkt met een beperkte set van indicatoren op basis van volledig beschikbare data ten tijde van de analyses. Tijdens deze tweede fase is de set van indicatoren verder uitgebreid op basis van data en referentiewaarden die recent beschikbaar zijn gekomen. In een eventuele derde fase zal de nadruk liggen op indicatoren waar op dit moment nog geen direct bruikbare data voor beschikbaar zijn, maar waarvoor de data wel afgeleid kunnen worden uit andere data of rekenmodellen. We kunnen op voorhand niet uitsluiten dat ook in de vervolgfase lacunes in data en referentiewaarden zullen optreden die dan geadresseerd zullen moeten worden.

¹¹ <https://viewer.openearth.nl/wadden-viewer/>

¹² <https://basismonitoringwadden.waddenzee.nl/>

¹³ <https://waterinfo.rws.nl/>

¹⁴ <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie-metingen-en-waarnemingen>

¹⁵ <https://www.sovon.nl/indexen-en-aantallen>

¹⁶ <https://systeemrapportage.nl/wadden/>

Tabel 1. Indicatorraamwerk voor de Staat van de Waddenzee als bouwsteen van het Beleidskader Natuur Waddenzee. De kolommen Thema en Groep geven de hiërarchische indeling van de indicatoren aan. Kolom SEEA-ECT geeft aan met welke type indicator uit de SEEA Ecosystem Condition Typology de indicator overeenkomt (zie paragraaf 0). Kolom Referentie geeft aan welk type referentiewaarde gebruikt is (zie paragraaf 2.2).

Thema	Groep	Variabele (aantal indicatoren)	Eenheid	SEEA-ECT	Referentie
Weer & klimaat	Atmosfeer	Luchttemperatuur (4)	°C; aantal dagen	A1	Historisch
		Neerslag (3)	mm/jaar; aantal dagen	A1	Historisch
		Wind (3)	m/s; aantal dagen	A1	Historisch
		Zonnestraling (1)	W/m ²	A1	Historisch
	Water	Watertemperatuur (3)	°C; aantal dagen	A1	Historisch
		Zoutgehalte (1)	psu	A1	Historisch
		Zoetwaterafvoer (10)	m ³ /sec	A1	Historisch
		Zeespiegel (9)	cm	A1	Historisch
Leefomgeving	Vervuilende stoffen	Zware metalen (9)	µg/l	A2	Bkl
		Specifieke verontreinigende stoffen (11)	µg/l	A2	Bkl
		Ubiquitaire stoffen (3)	µg/l	A2	Bkl
		Niet-ubiquitaire stoffen (4)	µg/l	A2	Bkl
		Bestrijdingsmiddelen (3)	µg/l	A2	Bkl
	Nutrienten	Fosfor (P) (6)	mmol/m ³	A2	OSPAR
		Stikstof (N) (6)	mmol/m ³	A2	OSPAR
		Verhouding N:P (6)	mol/mol	A2	Redfield ratio
	Helderheid	Doorzicht van het water (6)	/m	A1	Historisch
	Areaal leefgebieden	Waddenzee (3)	hectare	Extent	KRW
		Zilte begroeiingen (5)	hectare	Extent	KRW
		Duinen (6)	hectare	Extent	KRW
	Kenmerken leefgebieden	Grofheid sediment (4)	mm	A1	Historisch
		Slibgehalte sediment (4)	% (< 62 mm)	A1	Historisch
		Biogene structuren (5)	hectare	B2	KRW; HR; Gem.
		Zonering kwelders (4)	% per zone	B2	KRW
Soorten	Fytoplankton	Totale biomassa (14)	mg/l	B3	KRW
		Bloefrequentie schuimalg (1)	% (maand/jaar bloei)	B3	KRW
	Bodemdieren	Dichtheden soorten (6)	aantal/m ²	B1	Gem. waarden
		Biomassa soortgroepen (3)	gADW/m ²	B3	Gem. waarden
	Vissen	Residente soorten (9)	CPUE	B1	Max. waarden
		Marien juveniele soorten (7)	CPUE (bv. aantal/m ² /uur)	B1	Max. waarden
	Vogels	Broedende soorten (13)	Aantal broedparen	B1	Natura 2000
		Foeragerende soorten (36)	Aantal individuen	B1	Natura 2000
		Slapende soorten (6)	Aantal individuen	B1	Natura 2000
	Zeezoogdieren	Gewone zeehond (2)	Aantal individuen	B1	Natura 2000
		Grijze zeehond (2)	Aantal individuen	B1	Natura 2000

1.4 Samenhang

Zoals hierboven beschreven draagt de *Staat* bij aan de ontwikkeling van het Beleidskader Natuur Waddenzee. Naast de *Staat* worden er nog een twee andere ecologische bouwstenen ontwikkeld:

- **Ecologisch Streefbeeld.** Onder regie van de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) wordt een ecologisch streefbeeld voor de Waddenzee ontwikkeld. Dit streefbeeld is gebaseerd op vier systeemkenmerken van het gebied (dynamisch systeem, brakwater systeem met goede waterkwaliteit, hoog productief systeem en landschappelijk waardevol systeem).
- **Drukfactoren.** Door Wageningen Marine Research (WMR) wordt een analyse gemaakt van de milieudruk die voortkomt uit de verschillende (economische) activiteiten in en rondom de Waddenzee, en hoe deze een impact hebben op de verschillende soortgroepen (vissen, vogels en zeezoogdieren) en leefgebieden (pelagische en benthische habitats).

Deze drie bouwstenen zijn onderling op elkaar afgestemd. Zo kunnen de systeemkenmerken van de bouwsteen ‘Ecologisch Streefbeeld’ en de soortgroepen en leefgebieden van de bouwsteen ‘Drukfactoren’ worden gekoppeld aan de categorieën van de indicatoren van de bouwsteen

‘Staat’. Dit onderlinge verband tussen de drie bouwstenen is echter op dit moment nog in ontwikkeling en verdere afstemming zal daarom in het vervolgtraject worden opgepakt.

2. Methodologie

Op hoofdlijnen worden in de Staat van de Waddenzee de volgende vier stappen onderscheiden:

1. Voor elke indicator wordt de data verzameld, opgeschoond en waar nodig geïmputeerd, en in de meeste gevallen omgewerkt tot jaarcijfers.
2. Voor elke indicator worden referentiewaarden verzameld of bepaald.
3. De ruwe indicatoren uit stap 1 kunnen aan de deze referentiewaarden worden gerelateerd, en aldus worden uitgedrukt in een uniforme maat, de *ecologische kwaliteitsratio* (EKR)
4. Indicatoren kunnen vervolgens groepsgewijs worden geaggregeerd.

Bij deze procedure wordt voortgebouwd op een aantal bestaande indicator-raamwerken, deze zijn beschreven in paragraaf 2.1, gevolgd door een uitgebreide discussie met betrekking tot referentiewaarden in paragraaf 2.2. De vier stappen waarmee in de *Staat* wordt gewerkt zijn vervolgens uitgewerkt in paragraaf 2.3.

2.1 Context

2.1.1 SEEA ecosysteemkwaliteitsindicatoren

De methodologie om de verschillende indicatoren van de Staat van de Waddenzee onderling vergelijkbaar te maken en te aggregeren, is gebaseerd op de methodiek van het 'SEEA ecosystem accounting' raamwerk dat wordt gebruikt om de staat van het natuurlijk kapitaal wereldwijd te beschrijven.

SEEA ecosysteemrekeningen

Het VN *System of Environmental Economic Accounts* (SEEA) is een internationale statistische standaard voor statistieken over de onderlinge relaties tussen maatschappij en economie enerzijds en natuur en milieu anderzijds. Het SEEA bestaat uit een aantal verschillende 'rekeningen' waarin op systematische manier informatie wordt verzameld over bijvoorbeeld natuurlijke hulpbronnen en emissies naar het milieu. Voorbeelden hiervan zijn het gebruik van water en hout en de uitstoot van broeikasgassen en stikstof door de verschillende economische sectoren.

De SEEA ecosysteemrekeningen (*Ecosystem Accounts; SEEA-EA*) zijn een uitbreiding op het algemene SEEA raamwerk. Hierbij ligt de nadruk op ecosystemen en de voordelen die de mens hieraan ontleent: ecosysteemdiensten. De ecosystemen worden hierbij ingedeeld in ecosystemtypen, en beschreven in termen van omvang (*extent*) en kwaliteit (*condition*). Met name de manier waarop de ecosysteemkwaliteitsrekeningen (*condition accounts*) zijn opgezet is van belang voor de Staat van de Waddenzee. Het SEEA EA is sinds 2021 een internationale statistische standaard, wat betekent dat alle landen worden opgeroepen volgens deze standaard statistieken te publiceren over deze onderwerpen.

Door het brede karakter van SEEA ecosysteemrekeningen leent het stelsel zich bij uitstek voor de koppeling van ecologische indicatoren met sociaaleconomische indicatoren. De samenwerking tussen SEEA en de Global Ocean Accounts Partnership (GOAP)¹⁷, wat leidt tot de doorontwikkeling van het SEEA raamwerk tot 'SEEA Ocean Accounts' is hier een goed voorbeeld van.

¹⁷ <https://www.oceanaccounts.org/>

SEEA condition raamwerk

Het SEEA-EA *condition* raamwerk beschrijft de kwaliteit van ecosystemen in termen van een groot aantal abiotische en biotische kenmerken¹⁸ (UN et al., 2024; ¶5.2). Hierbij wordt zowel naar de intrinsieke kwaliteit gekeken, als naar de instrumentele kwaliteit (gerelateerd aan het vermogen om ecosysteemdiensten te kunnen leveren). Er wordt op basis van de zogenaamde *Ecosystem Condition Typology* (ECT) onderscheid gemaakt tussen een aantal verschillende typen karakteristieken. Deze sluiten over het algemeen goed aan bij de indicatoren zoals die voor de Staat van de Waddenzee zijn gedefinieerd:

- A1:** Fysische toestand (bv. Temperatuur; zoutgehalte)
- A2:** Chemische toestand (bv. Nutriëntenconcentratie)
- B1:** Samenstelling (bv. Soortensamenstelling; abundantie)
- B2:** Structuur (bv. Biomassa; leaf area index)
- B3:** Functie (bv. Productiviteit; ouderdomsstructuur; frequentie van verstoringen)
- C1:** Landschap (connectiviteit; fragmentatie)

In Tabel 1 is voor alle indicatoren uit de *Staat* aangegeven met welke categorie uit de *SEEA ECT* ze corresponderen.

Het *SEEA-EA condition* raamwerk bestaat uit drie stappen:

1. In stap een worden de verschillende karakteristieken gekwantificeerd door middel van één of meer (meetbare en vooral scherp gedefinieerde) *variabelen*¹⁹. Zeewatertemperatuur kan bijvoorbeeld worden gemeten als de jaargemiddelde temperatuur van het oppervlaktewater op een specifieke locatie, of als het aantal dagen dat een bepaalde ecologisch relevante drempelwaarde wordt overschreden.
2. In de tweede stap worden de variabelen afgezet tegen *referentiewaarden*, welke dezelfde eenheden hebben als de variabelen. Hiermee kunnen de variabelen worden omgerekend naar *dimensieloze* indicatoren²⁰, die bij voorkeur allemaal een bereik van 0 tot 1 hebben.
3. In de derde stap kunnen de afzonderlijke indicatoren worden gecombineerd en geaggregeerd tot een *Index* (zie paragraaf 2.3.4).

2.1.2 Living Planet Index

Voor veel biotische indicatoren in de *Staat* wordt gebruik gemaakt van ‘multi-species indicatoren’ (MSIs), een techniek die vooral bekend geworden is vanuit de Living Planet Index, en verwante indicatoren, zoals die door het CBS zijn ontwikkeld en gepubliceerd op het Compendium voor de Leefomgeving²¹.

¹⁸ SEEA: “Ecosystem condition is the quality of an ecosystem measured in terms of its abiotic and biotic characteristics” (UN et al., 2021; ¶5.2)

¹⁹ SEEA: “Ecosystem condition variables are quantitative metrics describing individual characteristics of an ecosystem asset” (UN et al., 2021; ¶5.41).

²⁰ SEEA: “Ecosystem condition indicators are rescaled versions of ecosystem condition variables” (UN et al., 2021; ¶5.60).

²¹ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl156908-living-planet-index-nederland-1990-2021> zie <https://www.clo.nl/indicatoren/nl157503-fauna-in-de-noordzee-1990-2021> voor een specifiek marien voorbeeld

Inleiding

Biodiversiteitsindicatoren worden steeds vaker gebruikt om trends in biodiversiteit in verschillende habitats (leefgebieden) en op verschillende schalen te monitoren, waarbij de meest populaire de gecombineerde populatietrends van individuele soorten zijn (Gregory *et al.*, 2005). Dergelijke multi-species indicatoren (MSI's) hebben het voordeel dat ze relatief ongevoelig zijn voor de schommelingen van individuele soorten, waardoor wetenschappers, natuurbeschermers en beleidsmakers een beter inzicht krijgen in de dominante factoren die biodiversiteit beïnvloeden in een regio, land, continent of de hele biosfeer.

Tot nu toe heeft de ontwikkeling van MSI's zich voornamelijk gericht op methoden om het gemiddelde index van soorten te berekenen, waarvan het geometrisch gemiddelde van soortenindices een van de meest geschikte lijkt om te gebruiken (van Strien *et al.*, 2012).

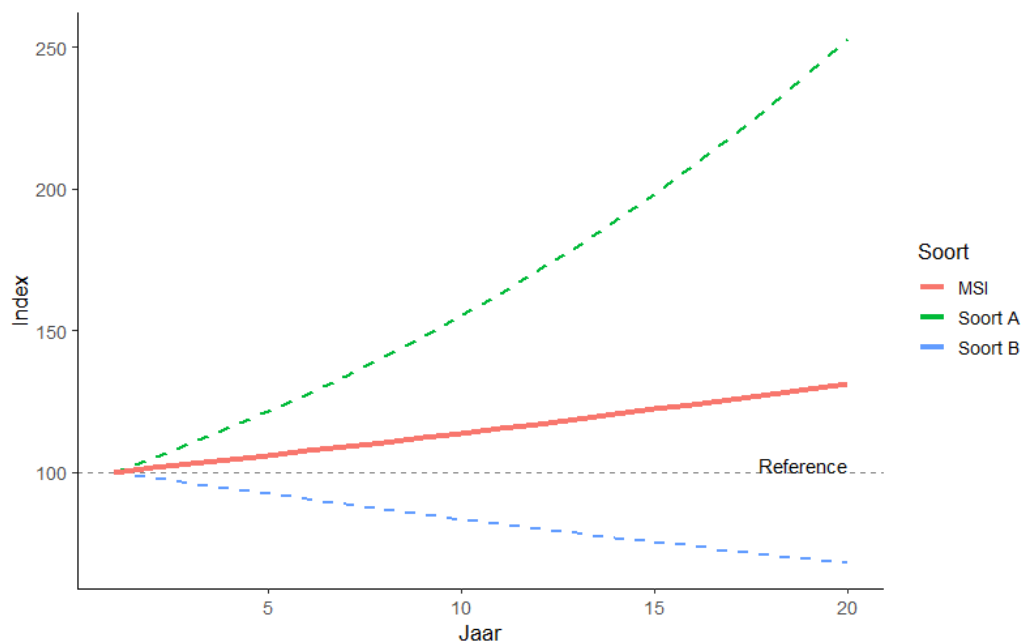
Populaire voorbeelden van MSI's zijn onder andere de wereldwijde Living Planet Index (LPI), de Europese graslandvlinder-indicator en de Europese broedvogel-indicatoren.

De MSI's die in dit rapport worden gepresenteerd, hebben hetzelfde doel als de LPI gepubliceerd door het WWF (WWF, 2024). Namelijk het beschrijven van de gemiddelde populatieontwikkeling van de geselecteerde soortgroep. Het meest fundamentele aspect dat de bruikbaarheid van MSI's (inclusief de LPI's) beïnvloedt, is de selectie van soorten. De meest bruikbare indicatoren bestaan uit soorten die typisch zijn voor een specifiek ecosysteem of habitat, of soorten waarvan verwacht mag worden dat ze gemeenschappelijke drijfveren hebben voor de ontwikkeling van de populatie, zoals soorten die gevoelig zijn voor klimaatverandering, beschermingsmaatregelen of vervuiling.

In dit rapport is de MSI ook toegepast als methodiek om het gemiddelde van één indicator zoals gemeten op verschillende locaties te berekenen (bijv. biomassa van algen in de Waddenzee, zie paragraaf 5.1).

Methodiek

De berekening van een MSI begint met het per soort bepalen van jaarlijkse indexcijfers, en de onzekerheid daarin, voor populatieaantallen of biomassa. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van Poisson-regressie (van Strien *et al.*, 2004) en van het specifiek hiervoor ontwikkelde softwarepakket rtrim (Bogaart *et al.*, 2024).



Figuur 6. Illustratie van de MSI methodiek (rode lijn) toegepast op trends van twee soorten waarbij soort A met 5% per jaar toeneemt en soort B met 2% per jaar afneemt. Alle individuele trends en de MSI zijn dusdanig geschaald dat de indexwaarde in het eerste jaar 100 is. Voor deze methodiek zullen zowel de trend in de MSI als die van de individuele soorten worden weergegeven, zodat ook de onderliggende informatie (variatie in soorten) zichtbaar blijft.

In een tweede stap worden deze trends per soort gecombineerd tot een multi-species indicator (MSI), door per jaar het meetkundig gemiddelde van de jaarcijfers per soort te nemen (Figuur 6). Met behulp van een Monte Carlo methode wordt, gebruik makend van de onzekerheden in de trends per soort, de onzekerheid in de MSI bepaald (Soldaat *et al.*, 2017).

Door het berekenen van een geometrisch gemiddelde zijn toenames en afnames equivalent. Bijvoorbeeld, een soort die verdubbelt in aantal (van index 100 naar 200) wordt precies gecompenseerd door een soort die halveert in aantal (van index 100 naar 50). In elke gesimuleerde dataset wordt een algehele trend in MSI berekend, evenals een trend voor de laatste 12 jaar. De onzekerheid van de gemiddelde trends wordt afgeleid uit de variatie tussen de 1000 trends. Naast de MSI worden ook de trends van de individuele soorten weergegeven.

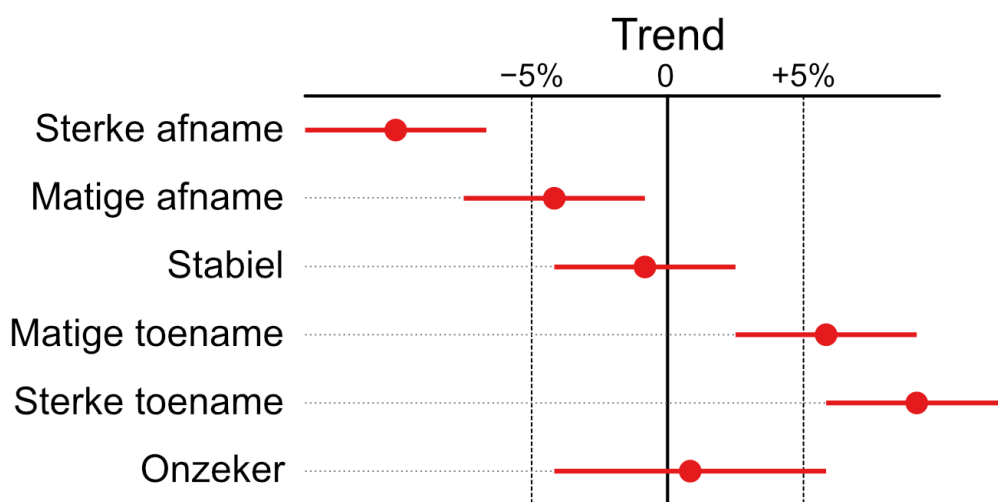
Het voordeel van indexering is dat zeldzame en veelvoorkomende soorten hetzelfde gewicht krijgen in de MSI. Een zwak punt is dat verschijnende of verdwijnende soorten de MSI kunnen domineren, omdat indexen voor dergelijke soorten zeer hoog of zeer laag kunnen worden (Korner-Nievergelt *et al.*, 2022). In de MSI's in dit rapport wordt dit effect verminderd door eerst de index in het jaar met het hoogste aantal van een soort op 100 te zetten, en vervolgens alle indexen onder 1 af te kappen naar index = 1.

Trendevaluatie

De Monte Carlo-aanpak beschreven in de vorige paragraaf produceert jaarcijfers voor de MSI, en bijbehorende standaardfouten. Deze jaarcijfers worden met Trendspotter (zie) omgerekend tot een algehele trend en bijbehorend betrouwbaarheidsinterval (BI). De bovenste en onderste betrouwbaarheidsgrenzen vormen de basis voor een classificatie in toenemende, stabiele, afnemende of onzekere trends (Tabel 2, Figuur 7).

Tabel 2. Classificatie van trends gebaseerd op het 95% betrouwbaarheidsinterval (BI) van de trend.

Trendklasse	Criterium	Beschrijving
Sterke afname	Bovengrens < -5%	> 5% afname per jaar (halvering in 15 jaar)
Matige afname	-5% ≤ bovengrens < 0%	Afname, maar onzeker of > 5% per jaar
Stabiel	BI bevat 0%, en (ondergrens ≥ -5% of bovengrens ≤ +5%)	Verandering < 5% per jaar
Matige toename	0% ≤ ondergrens < +5%	Toename, maar onzeker of > 5% per jaar
Sterke toename	Ondergrens > +5%	> 5% toename per jaar (verdubbeling in 15 jaar)
Onzeker	BI bevat 0%, en (ondergrens < -5% of bovengrens > +5%)	BI te groot voor een betrouwbare trend classificatie



Figuur 7. Illustratie van de classificatie van trends gebaseerd op het 95% betrouwbaarheidsinterval (rode horizontale lijnen) van berekende trends (rode punten) als % verandering per jaar.

2.2 Referentiewaarden

Het doel van referentiewaarden is om meetwaarden zinvol te kunnen interpreteren, er betekenis aan te kunnen geven. Metingen leveren immers in principe enkel een getal op. Maar wat zegt dat getal? Referentiewaarden leveren hier de benodigde context om deze interpretatie mogelijk te maken.

In het algemeen gesproken zijn er verschillende typen referentiewaarden. Zo zijn er *absolute* referentiewaarden, denk aan 0 °C en 100 °C als referentiewaarden voor de temperatuur van de toestand van water, *ecologische* referentiewaarden, zoals het aantal vogels dat past bij de ecologische draagkracht van een intact ecosysteem, *beleidsmatige* referentiewaarden, zoals doelstellingen voor minimale populatieomvang. In bepaalde gevallen, zoals met de Natura 2000-instandhoudingsdoelstellingen, zijn deze in wetgeving verankerd en daarmee de facto *juridische* referentiewaarden. In andere gevallen is er geen sprake van een extern beoordelingskader en kan enkel worden teruggegrepen op de langetermijndynamiek van de onderhavige variabelen. In de volgende paragrafen wordt dieper ingegaan op referentietoestanden en -waarden.

2.2.1 SEEA referentiesystematiek

De omrekening van (gemeten) variabelen naar dimensieloze indicatoren gebeurt door de variabelen te relateren aan een referentiewaarde. Dit is de waarde van de variabele die past bij de referentietoestand, en daarmee zinvol is om te gebruiken als maatlat²². De referentietoestand, of -staat, is een toestand van het ecosysteem die zinvol is om te gebruiken om heden, verleden en toekomst van het systeem te beoordelen²³. Bij voorkeur worden referentietoestand en -waarde zo gekozen dat indien het systeem zich in de referentietoestand bevindt de indicatoren een numerieke waarde van 1 of 100% hebben.

Zowel voor de toepassing in SEEA ecosysteemrekeningen, als voor de hier beschreven toepassing van de SEEA-EA methodologie voor de Staat van de Waddenzee geldt dat de referentietoestand bij voorkeur gebaseerd is op ecologische principes, zoals integriteit, stabiliteit en veerkracht van het ecosysteem. Er kan dus het best worden uitgegaan van een natuurlijke, ongestoorde toestand, rekening houdend met natuurlijke variabiliteit. Dit sluit ook aan bij het leidende principe voor de trilaterale samenwerking waarbij gestreefd wordt naar *'to achieve, as far as possible, a natural and sustainable ecosystem in which natural processes proceed in an undisturbed way'*²⁴. In veel gevallen zal dat echter niet mogelijk zijn, en zal moeten worden uitgeweken naar alternatieve (beleidsmatige) referenties. In de praktijk is de grens tussen ecologische en beleidsmatige referentiewaardes echter minder scherp dan de termen doen denken. De discussie over de beste referentiewaarden is dan ook een doorlopend proces.

Op hoofdlijnen zijn er voor natuurlijke ecosystemen vier mogelijke referentietoestanden (SEEA-EA, Table 5.8):

1. **De onverstoorde of minimaal verstoorde toestand** van een intact ecosysteem. Dat is met maximale integriteit en geen of minimale verstoringen.
2. **Historische referentie.** De toestand van een ecosysteem op een bepaald punt of tijdvak in het verleden die verondersteld wordt geacht de stabiele natuurlijke toestand te representeren. Bijvoorbeeld het Holoceen (ongeveer 10.000 jaar geleden), pre-industrieel (tot 1850), voor of juist na de aanleg van de Afsluitdijk (1927–1932) of de periode voorafgaand aan de landbouwintensivering (tot 1950).
3. **De minst verstoorde toestand.** Dit is de op dit moment best beschikbare toestand van een ecosysteem waarbij de minste verstoring plaatsvindt en plaats heeft gevonden.
4. **Moderne toestand.** De toestand van het ecosysteem voor een specifiek tijdstip of periode in het recente verleden, waar vergelijkbare data voor beschikbaar zijn.

Voor sterk antropogeen beïnvloede ecosystemen, waar de natuurlijke ecologische toestand niet (meer) haalbaar is en waar toekomstige interventies nodig zijn om het in een bepaalde toestand te houden, is referentietype #1 vanzelfsprekend niet van toepassing. Afhankelijk van de situatie en de (complexe) historische en ecologische context zijn referentietypen 2 t/m 4 dat wel. In aanvulling daarop kan er een vijfde type worden gedefinieerd:

5. **Best haalbare toestand.** De ecologische toestand die verwacht kan worden onder de best mogelijke inrichting en beheer, waarbij een stabiele ecologische toestand behaald

²² SEEA: "A reference level is the value of a variable at the reference condition, against which it is meaningful to compare past, present or future measured values of the variable" (UN et al., 2021; ¶5.65).

²³ SEEA: "A reference condition is the condition against which past, present and future ecosystem condition is compared to in order to measure relative change over time" (UN et al., 2021; ¶5.69).

²⁴ <http://www.waddensea-secretariat.org/trilateral-wadden-sea-cooperation>

wordt. Hierbij dient naast ecologische haalbaarheid ook gekeken te worden naar haalbaarheid binnen juridische, sociaal-culturele en economische kaders.

Het SESA-EA suggereert acht verschillende methoden om deze typen van referentietoestanden te operationaliseren:

1. **Referentielocaties.** Dit zijn locaties waar de betrokken ecosystemen in niet of minimaal verstoorte toestand voorkomen.
2. **Gemodelleerde referentietoestand,** bijvoorbeeld op basis van habitatgeschiktheid of potentiële verspreiding.
3. **Statistische benadering,** gebaseerd op de (verdeling van) de data zelf, waarbij bijvoorbeeld extremen (minimum, maximum) of het gemiddelde gedurende een periode als referentie worden gebruikt.
4. **(Pre)historische observaties,** bij voorkeur uit een periode voor modernere verstoringen door de mens.
5. **Moderne data.** Hierbij wordt bijvoorbeeld het startjaar van monitoringsprogramma als (arbitraire) referentie gebruikt en per definitie op 100% gesteld.
6. **Vastgesteld niveau.** Dit kunnen natuurlijke basisniveaus zijn, zoals 0 voor kunstmatige stoffen, ecologische drempelwaardes, zoals de kritische depositiewaarde (KDW) voor stikstofdepositie, of anderszins formeel vastgestelde normen.
7. **Expertkennis.** Hierbij wordt op basis van domeinkennis en ervaring een referentietoestand gedefinieerd.
8. **Combinatie.** Hierbij worden elementen van bovenstaande benaderingen gecombineerd, bijvoorbeeld door expertkennis (7) statistisch te analyseren (3) met Bayesiaanse methoden.

Deze methoden voor operationalisering van referentietypen zijn steeds te combineren met één of meerdere van de eerder genoemde mogelijke referentietoestanden (Tabel 3).

De voorkeur gaat hierbij uit naar de eerste vier methoden, omdat deze het sterkst leunen op inzicht in de ecologische toestand onder de minst verstoorte omstandigheden. Het gebruik van de overige alternatieven (5 t/m 7) is in de praktijk echter vaak onontkoombaar, al is het maar omdat specifieke niveaus zijn vastgelegd in wetgeving. Voorbeelden daarvan zullen we tegenkomen in de volgende paragrafen die de rol van referenties in Natura 2000 en de Kaderrichtlijn Water beschrijven.

Tabel 3. Mogelijke combinaties van referentietoestanden en methoden voor operationalisering (Bron: Table 5.9 in U.N et al., 2021)

		Referentietoestand				
		De onverstoorte of minimaal verstoorte toestand Historische referentie De minst verstoorte toestand Moderne toestand Best haalbare toestand				
Methode	Referentielocaties	x	x	x	x	
	Gemodelleerde referentietoestand	x	x	x		
	Statistische benadering			x		
	(Pre)historische observaties		x			
	Moderne data				x	
	Vastgestelde niveau					x
	Expertkennis	x		x		x

2.2.2 Natura 2000

Op Europese schaal worden de meeste waardevolle natuurgebieden beschermd onder de Vogel- en/of de Habitatrichtlijn. De Waddenzee is grotendeels beschermd onder beide richtlijnen m.u.v. een deel van de kustzone van het Eems estuarium (een deel van de Eemsmonding in het zogenaamde ‘betwist gebied’ dat alleen onder de Vogelrichtlijn valt)²⁵.

Habitatrichtlijn

Onder de habitatrichtlijn is de Waddenzee beschermd op basis van 15 habitat(sub)typen, waarvan voor vier habitattypen de Waddenzee meer dan 50% van het totale areaal in Nederland huisvest (Tabel 4).

²⁵ <http://www.natura2000.nl/>

Tabel 4. Habitattypen in Natura-2000 gebied Waddenzee. In de kolommen m.b.t. de Instandhoudingsdoelstelling betekent ‘=’ een behoudsopgave en ‘>’ een verbeteringsopgave. Kolom ‘relatieve bijdrage’ geeft de betekenis van het areaal ten opzichte van het landelijk totaal, welke loopt van C (<2%), B (2%–15%) tot A (>15%). Habitats waarvan de bijdrage van de Waddenzee in de hoogste categorieën valt, A3 (50%-75%) en A4 (>75%) zijn in geel aangegeven.

Habitatype		subtype	Instandhoudingsdoelstelling		Relatieve bijdrage
			Oppervlakte	Kwaliteit	
H1110	Permanent overstroomde zandbanken	A: getijdengebied	=	>	A4
H1130	Estuaria		=	>	A2
H1140	Slik- en zandplaten	A: getijdengebied	=	>	A4
H1310	Zilte pionierbegroeiingen	A: zeekraal	=	=	A3
		B: zeevetmuur	=	=	B2
H1320	Slijkgrasvelden		=	=	A2
H1330	Schorren en zilte graslanden	A: buitendijks	=	>	A3
		B: binnendijks	=	=	B1
H2110	Embryonale duinen		=	=	A1
H2120	Witte duinen		=	=	B2
H2130	Grijze duinen	A: kalkrijk	=	=	C
		B: kalkarm	=	>	B1
H2160	Duindoornstruwelen		=	=	C
H2170	Kruipwilgstruwelen		=	=	C
H2190	Vochtige duinvalleien	B: kalkrijk	=	=	C

Voor de habitattypen gelden instandhoudingsdoelstelling in termen van oppervlakte en kwaliteit. Voor het habitatype *H1110A: Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)* geldt bijvoorbeeld behoud van oppervlakte en verbetering van kwaliteit. Oppervlak wordt hierbij gemeten in hectares (0.01 km²), en behoud is ten opzicht van het oppervlakte tijdens de referentiedatum.

Voor Habitatrictlijngebieden is de referentiedatum formeel het moment dat het gebied door de Europese Commissie is geplaatst op de lijst van gebieden van communautair belang. In de praktijk wordt in Nederland vaak niet het moment van ‘aanmelden’ (voor de Waddenzee was dit 7 december 2004²⁶) gebruikt, maar het moment van aanwijzing (vaak jaren later)²⁷. In november 2022 is het habitatype *H2170* via een wijzigingsbesluit toegevoegd.

Kwaliteit wordt gemeten op een aantal aspecten: *vegetatietype*; het voorkomen van *typische soorten*, *abiotische randvoorwaarden* en *overige kenmerken van structuur en functie*. Nemen we weer habitatype *H1110A* als voorbeeld, dan is het kenmerk *vegetatie* niet van toepassing. De (gunstige) abiotische randvoorwaarden voor dit habitatype is een zwak-eutrofe tot eutrofe voedselrijkdom; een sterk brak tot zout zoutgehalte; een dynamiek die beperkt is tot incidenteel hoogdynamisch, en troebel tot matig helder water.

Het kwaliteitskenmerk *typische soorten* betreft het aantal en de verspreiding van een aantal soorten die gezamenlijk een goede kwaliteitsindicator vormen voor de (compleetheid van de) levensgemeenschap van het habitatype. De karakteristieke soorten zijn daarbij soorten waarvan de ecologische vereisten vooral voorkomen in het betreffende habitat-type: de soort komt vrijwel alleen voor binnen het habitatype, maar niet per se altijd en overal, en zelden erbuiten. Voor het voorbeeldhabitat *H1110A* zijn dit 19 soorten verdeeld over drie soortgroepen (Tabel 5).

²⁶ http://www.ecologischeautoriteit.nl/docs/mer/p50/p5095/5095_advies_natuurdoelanalyse.pdf

²⁷ <http://www.ecologischeautoriteit.nl/adviezen/5133>

Tabel 5. “Typische soorten” (volgens de N2000 systematiek) voor habitat ‘H1110A: Permanent overstroomde zandbanken (getijdengebied)’. Soorten kunnen indicatief zijn voor de abiotische toestand (A) of de biotische structuur (B). K geeft een “karakteristieke soort” voor dit habitattype aan.

Soortgroep	Soort		Indicatie
Borstelwormen	Zandzager	<i>Nephtys hombergii</i>	A
	Groene zeeduizendpoot	<i>Alitta virens</i>	A
		<i>Spio martinensis</i>	A
	Schelpkokerworm	<i>Lanice conchilega</i>	A
Vissen	Harnasmannetje	<i>Agonus Cataphractus</i>	A
	Vijfdradige meun	<i>Ciliata mustela</i>	AB
	Haring	<i>Clupea harengus</i>	AB
	Schar	<i>Limanda limanda</i>	AB
	Slakdolf	<i>Liparis liparis</i>	AB
	Gewone zeedonderpad	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	AB
	Botervis	<i>Pholis gunnellus</i>	ABK
	Bot	<i>Platichthys flesus</i>	AB
	Schol	<i>Pleuronectes platessa</i>	AB
	Puitaal	<i>Zoarcus viviparus</i>	AB
Weekdieren	Wulk	<i>Buccinum undatum</i>	AB
	Nonnetje	<i>Macoma balthica</i>	AB
	Strandgaper	<i>Mya arenaria</i>	AB
	Mossel	<i>Mytilus edulis</i>	AB
	Kokkel	<i>Cerastoderma edule</i>	AB

Naast de habitattypes is de Waddenzee aangewezen onder de habitatrichtlijn vanwege de aanwezigheid van negen *habitatrichtlijnsoorten* (Tabel 6). De soorten H1340 Noordse woelmuis, H1351 Bruinvis en H1903 Groenknolorchis zijn pas met het Wijzigingsbesluit van november 2022 toegevoegd. Van deze negen soorten hebben er twee, namelijk de gewone en de grijze zeehond, een zeer groot nationaal belang omdat van deze zeehonden 50%–75% van hun populaties in de Waddenzee voorkomen. Voor alle habitatrichtlijnsoorten wordt de instandhoudingsdoelstelling beoordeeld op basis van verspreiding, populatie, leefgebied en toekomstperspectief.

Tabel 6. Habitatrichtlijnsoorten waarvoor de Waddenzee is aangewezen. . In de kolommen m.b.t. de Instandhoudingsdoelstelling betekent ‘=’ een behoudsopgave en ‘>’ een verbeteringsopgave. Kolom ‘relatieve bijdrage’ geeft de betekenis van de populatie ten opzichte van het landelijk totaal, welke loopt van C (<2%), B (2%–15%) tot A (>15%). Soorten waarvan de bijdrage van de Waddenzee in de hoogste categorieën valt, A3 (50%-75%) en A4 (>75%) zijn in geel aangegeven.

Soort		Instandhoudingsdoelstelling			Relatieve bijdrage
		Populatie	Leefgebied		
		Omvang	Kwaliteit		
H1014	Nauwe korfslak	=	=	=	C
H1095	Zeeprík	>	=	=	B1
H1099	Rivierprík	>	=	=	B1
H1103	Fint	>	=	=	A1
H1340	Noordse woelmuis	=	=	=	C
H1351	Bruinvis	=	=	=	C
H1364	Grijze zeehond	=	=	=	A3
H1365	Gewone zeehond	>	=	=	A3
H1903	Groenknolorchis	=	=	=	C

Vogelrichtlijn

Naast een aanwijzing onder de habitatrichtlijn is de Waddenzee ook aangewezen onder de Vogelrichtlijn. Voor doelen onder de Vogelrichtlijn geldt 8 november 1991 als referentiedatum.

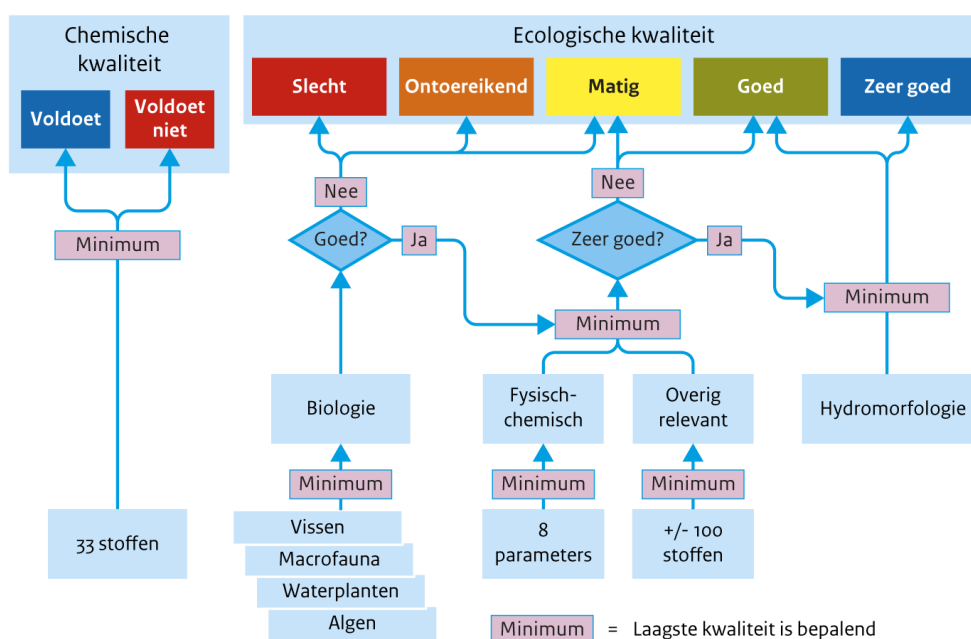
Hierbij worden twee groepen vogels onderscheiden: broedvogels en niet-broedvogels. Voor beide groepen zijn instandhoudingsdoelstellingen geformuleerd in termen van aantallen broedparen voor broedvogels en aantal individuen voor niet-broedvogels (Tabel 55).

Voor zowel habitattypen als soorten gelden verder op landelijke schaal zogenaamde *Favourable Reference Values* (FRV), voor verspreidingsgebied (*range*, FRR), oppervlak (*area*, FRA), habitat (FRH) en voor soorten voor verspreidingsgebied (*range*, FRR) en populatie (*population size*, FRP). Deze aanpak lijkt nog niet ver uitgewerkt, er ligt wel een voorstel voor Nederlandse waarden voor FRP, FRR en FRH voor de Brandgans²⁸.

2.2.3 Kaderrichtlijn Water

In de Europese Kaderrichtlijn Water (KRW) is het beleid voor de beoordeling van de kwaliteit van het oppervlakte- en grondwater in Europa vastgelegd. In de KRW is een methode ontwikkeld om deze kwaliteit te beoordelen. Hiervoor is een hiërarchisch stelsel van beoordelingen ontwikkeld die op het hoogste niveau onderscheid maken tussen chemische en ecologische kwaliteit. De ecologische kwaliteit is op haar beurt opgebouwd uit een aantal deelbeoordelingen voor o.a. biologie, fysisch-chemisch en hydromorfologie (Figuur 8).

Beoordeling waterkwaliteit volgens Kaderrichtlijn Water



Bron: PBL

PBL/jul20
www.clo.nl/nl41205

Figuur 8. Beoordelingsschema waterkwaliteit volgens de Kaderrichtlijn Water (Bron: CBS et al., 2024)

Waterkwaliteit wordt binnen het KRW raamwerk gerapporteerd per waterlichaam, die elk geclassificeerd zijn volgens een typologie die onderscheid maakt tussen natuurlijke, sterk veranderde en kunstmatige waterlichamen. Ten behoeve van de KRW wordt de Waddenzee in bredere zin opgedeeld in drie natuurlijke waterlichamen:

- **Eems-Dollard**, van het type O2 (Estuarium met matig getijverschil)
- **Eems-Dollard Kust**, van het type K1 (Kustwater, open en polyhalien)

²⁸ <https://www.bij12.nl/wp-content/uploads/2023/11/Notitie-advies-Favourable-Reference-Values-voor-brandganzen.pdf>

- **Waddenzee**, van het type K2 (Kustwater, beschut en polyhalien)

Voor elk natuurlijk waterlichaam zijn referenties en maatlatten ontwikkeld (STOWA, 2018). Hierbij zijn naast een algemene karakterisering in termen van geografie, hydrologie, structuren, chemie en biologie een aantal, veelal numerieke, referentiewaarden gegeven voor abundantie van fytoplankton, oppervlakte en kwaliteit van kwelders en zeegras, macrofauna, vis, fysisch-chemische kwaliteit (temperatuur, zuurstofgehalte, nutriënten) en hydromorfologie.

2.2.4 Overige referentiewaarden

OSPAR

De OSPAR conventie is in 1992 opgericht om de mariene regio's van de Noordoostelijke Atlantische oceaan te beschermen, en het doel is *'a clean, healthy, and biologically diverse North-East Atlantic Ocean which is productive, used sustainably and resilient to climate change and ocean acidification'*²⁹.

Ongeveer iedere tien jaar wordt er daarom ook het *OSPAR Quality Status Report* gepubliceerd om de status van de Noordoostelijke Atlantische oceaan te evalueren, waarbij er o.a. gekeken wordt naar biodiversiteit, het effect van menselijke activiteiten en klimaatverandering.

Voor het beoordelen van de status wordt er gebruik gemaakt van diverse methodes, waaronder de uit de KRW geadopteerde Ecologische Kwaliteitsratio's (EKR's), zie paragraaf 2.3.3. Deze methode of een variant hierop wordt gebruikt voor fytoplankton, vogels, en watertemperatuur. Het voordeel van deze methode is dat waardes van verschillende indicatoren ook eenvoudig te aggregeren zijn.

BISI

Voor bodemdieren in de Noordzee is vanaf 2017 de Benthische Indicator Soorten Index (BISI) ontwikkeld (Winhoven en Bos, 2017; Wijnhoven, 2023)³⁰. Deze index is indicatief voor de kwaliteit en het ecologisch functioneren van de bodem op basis van aantallen van specifieke soorten schelpdieren (benthos). Met behulp van deze methode zou op basis van de aantallen schelpdieren referentiewaarden vastgesteld kunnen worden, en is er zodoende een raamwerk om deze te toetsen.

2.3 Aanpak in de Staat.

2.3.1 Stap 1: Jaarcijfers

De resolutie in ruimte en tijd waarmee ruwe meetgegevens beschikbaar zijn verschilt tussen indicatoren. In veel gevallen zijn meerdere metingen beschikbaar per jaar, bijvoorbeeld per dag, tweewekelijks of maandelijks. In deze gevallen zijn de ruwe meetreeksen eerst opgewerkt tot jaargemiddelden, doorgaans door het rekenkundig gemiddelde te bepalen.

In een aantal gevallen wordt deze stap gehinderd door het ontbreken van data voor bepaalde tijdseenheden. In die gevallen is ervoor gekozen om de data waar nodig te *imputeren*.

²⁹ <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023>

³⁰ Zie ook: <https://ecoauthor.net/bisi/>

Imputaties

Imputeren is het opvullen van ontbrekende data in een databestand door middel van statistische verantwoorde schattingen. Deze schattingen zijn doorgaans gebaseerd op de trends en patronen in de data zelf (interpolatie). Een goed voorbeeld is de temperatuurreeks in Den Helder waar in de winter van 1944–1945 tijdelijk geen metingen mogelijk waren. In veel andere gevallen zijn het kortere onderbrekingen in een meetreeks.

In de *Staat* zijn voor verschillende variabelen ontbrekende waarden in de databestanden geïmputeerd op maandniveau. Dat wil zeggen dat waar mogelijk de ruwe, mogelijk onvolledige, metingen zijn verwerkt tot maandwaarden, en dat ontbrekende maandwaarden zijn geïmputeerd om een volledige reeks van maandwaarden te verkrijgen die geaggregeerd kan worden tot jaarcijfers.

Voor deze imputaties is steeds gebruik gemaakt van een *Generalized Additive Model* (GAM), opgebouwd uit een *thin plate smoothing* over de jaren en een *cyclic cubic regression spline* over de maanden. Verdere details zijn gegeven bij de bespreking van de afzonderlijke variabelen.

Poissonregressie

Voor veel biotische data, zoals abundantiegegevens, geldt dat niet elk jaar op elke locatie is gemeten. Om toch trends voor dit type data te kunnen bepalen worden de ruwe data eerst opgewerkt tot jaarlijkse indexcijfers door middel van Poisson regressie (van Strien *et al.*, 2004) en door middel van het specifiek hiervoor ontwikkelde softwarepakket rtrim (Bogaart *et al.*, 2024)

Bepaling van toestand en trend

Voor de meeste indicatoren geldt dat er sprake is van een aanzienlijke jaar-op-jaar variatie, bovenop een eventueel aanwezige langetermijntrend. Dit heeft twee implicaties: ten eerste moet met het bepalen van die langetermijntrend rekening gehouden worden met die jaar-op-jaar variaties, en ten tweede kan het meeste recente jaarcijfer niet zomaar worden geïnterpreteerd als de huidige “toestand”. De individuele jaarcijfers zijn eerder te interpreteren als ‘dagkoersen’ die deels het gevolg zijn van fluctuaties, en deels van al dan niet toevallige externe omstandigheden.

Om ons een robuust beeld te vormen van de toestand is het dan ook verstandiger om te kijken naar de *trendmatige* ontwikkelingen in de tijdreeks. Dit kan door middel van het gladstrijken, of *smoothing* van de tijdreeks. Hier zijn verschillende technieken voor beschikbaar, zoals een lopend gemiddelde, een *loess* of *lowess* smoother, of de al eerder genoemde GAM. Voor de *Staat* maken we gebruik van een techniek die door Hans Visser van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) en voorlopers daarvan is ontwikkeld: Trendspotter (Visser, 2004; Visser *et al.*, 2015).

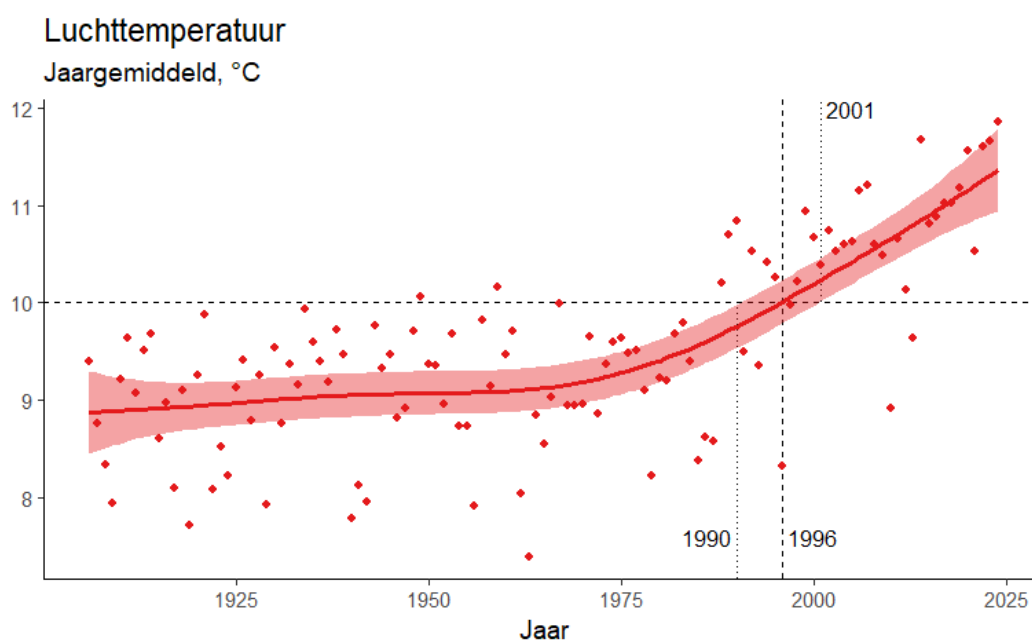
Trendspotter

Trendspotter is een methode en software gebaseerd op structurele tijdreeksmodellen en Kalman filtering. Het grote voordeel van Trendspotter is het vermogen om flexibele trends te detecteren waarbij onzekerheden in de data expliciet worden meegenomen en doorvertaald naar onzekerheden in de toestand en trends.

Dit kan het best worden geïllustreerd met een voorbeeld, hier ontleend aan de indicator ‘Luchttemperatuur’ uit de *Staat*. Het startpunt hierbij is een complete tijdreeks van jaargemiddelden (waarbij voor ontbrekende metingen in de winter van 1944–1945 is geïmputeerd). Figuur 9 geeft weer hoe het Trendspotter algoritme een flexibele trend door de jaarcijfers fit, en waarbij de jaar-op-jaar variatie gereflecteerd wordt in het bij de trend behorende

onzekerheidsinterval. Het meest recente jaargemiddelde bedraagt 11,9 °C, maar de trendmatige schatting voor dat jaar is iets lager; $11,4 \pm 0,4$ °C. Het is in de context van de *Staat* deze laatste waarde die als de huidige *toestand* wordt genomen.

De onzekerheid in deze toestand kan ook worden meegenomen in de afweging of een bepaalde drempelwaarde is overschreden. Dit is in Figuur 9 geïllustreerd door middel van een arbitraire drempelwaarde van 10 °C. Alhoewel deze waarde al eerder in bepaalde jaren wordt overschreden (1949, 1959, 1988) blijft de trendmatige temperatuur steeds onder deze drempelwaarde. Pas vanaf 1996 wordt deze overschreden. Houden we echter rekening met de onzekerheid in de trend, dan kunnen we pas vanaf 2001 met (95%) zekerheid zeggen dat de drempelwaarde is overschreden. In de periode 1990–2001 is de beoordeling van de toestand ten op zicht van de drempelwaarde dus *onzeker*.

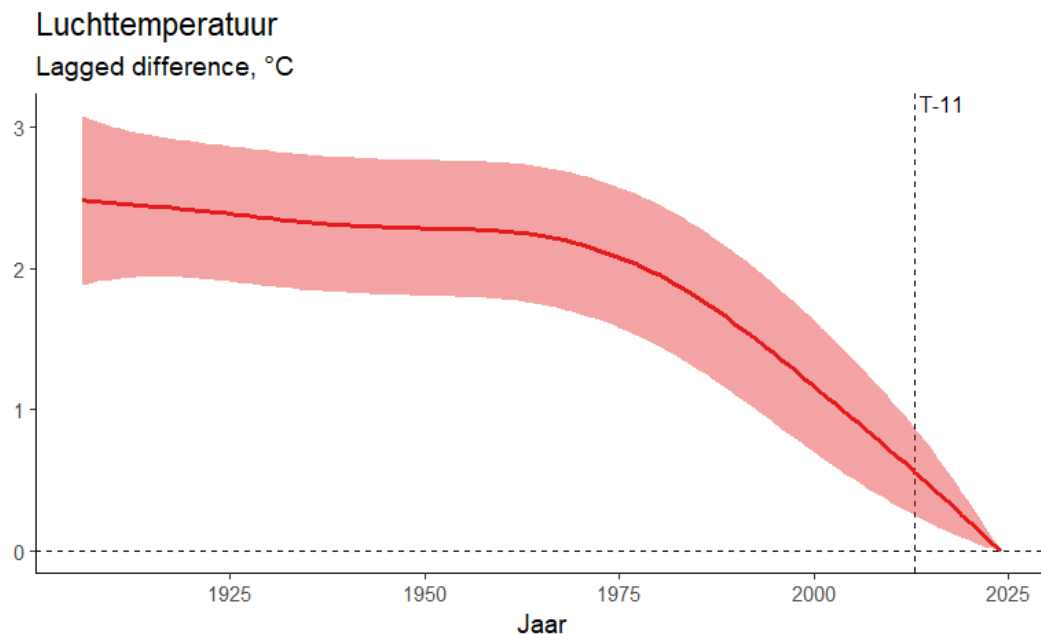


Figuur 9. Toepassing van Trendspotter op een tijdreeks van jaargemiddelde luchttemperatuur. De punten zijn de individuele jaarcijfers; de rode lijn is de flexibele trend die gefit is op deze jaarcijfers, en de lichtrode band reflecteert het 95% betrouwbaarheidsinterval van deze trend.

Hét grote voordeel van Trendspotter ten opzicht van andere smoothers is dat op basis van het onderliggende tijdsreeksmodel geanalyseerd kan worden wat de *trendmatige* jaar-op-jaar verandering van de toestand is (d.w.z.: de eerste afgeleide), en het verschil in toestand tussen twee specifieke jaren, rekening houdend met de onzekerheden. Het is deze laatste variant die in de *Staat* wordt gebruikt om de trendmatige verandering in toestand over een bepaalde periode te bepalen. In algemeen taalgebruik is dit wat ‘de trend’ wordt genoemd.

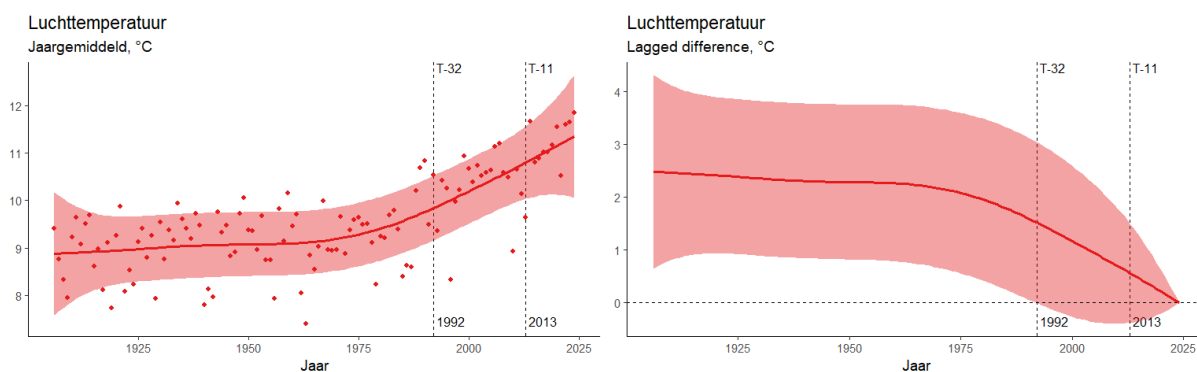
In Figuur 10 wordt dit verschil weergegeven voor de tijdreeks van luchttemperatuur. Het verschil met het laatste jaar (2024) neemt voortdurend af van $2,5 \pm 0,6$ °C in 1906 tot $0,05 \pm 0,03$ °C in 2023. Het verschil tussen elk willekeurig jaar T–J met het laatste jaar T is dus steeds positief. Binnen de staat wordt hoofdzakelijk gekeken naar de trend gedurende de laatste 12 jaar (T–11). Voor dit specifieke voorbeeld is er dus sprake van een significante afname.

Een groot voordeel van deze benadering is dat voor de trendanalyse de gehele tijdreeks wordt meegenomen, Zouden we immers gebruik maken van een lineaire trend gedurende de laatste 12 jaar, dan spelen de meetwaarden voor die tijd geen enkele rol meer.



Figuur 10. Verschil in trendmatige toestand voor elk jaar, ten opzicht van een referentie jaar, hier het laatste jaar.

Zouden we extreem kritisch willen kijken naar klimaatverandering, en enkel genoeg nemen met een “6- σ ” criterium (99,9999998% betrouwbaarheidsinterval), dan zouden we zien dat de onzekerheid in het trendverschil toeneemt, met voor 2013 (T-11) een verschil met 2024 (T) van $0,56 \pm 0,94$ °C, oftewel $-0,38 - 1,50$ °C (Figuur 11). In dit geval kan dus niet met zekerheid worden gezegd dat de temperatuur is toegenomen over dit interval: de trend is *stabiel*. Voor de trend over minstens 33 jaar kan dat wel.



Figuur 11. Hypothetisch voorbeeld waarbij het betrouwbaarheidsinterval is opgerekt tot 6σ .

2.3.2 Stap 2: Referentiewaarden

Voor het bepalen van referentiewaarden wordt zowel aangesloten bij de conceptueel leidende SEEA systematiek (paragraaf 2.2.1) als de in de Nederlandse praktijk vigerende criteria en doelen zoals vastgelegd in bijvoorbeeld de Vogel- en Habitatrichtlijn (2.2.2) en de Kaderrichtlijn Water (2.2.3). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de volgende referentieladder, waarbij op volgorde van prioriteit referentiewaarden worden betrokken uit:

1. Vastgelegde waarden vanuit Nederlandse, Europese en internationale wet- en regelgeving. Hierbij wordt waar mogelijk wordt aangesloten bij hierboven genoemde kaders (Natura 2000, KRW, OSPAR, etc.)

2. Onafhankelijk bepaalde referentiewaarden die horen bij een goed functionerend 'onverstoord' ecosysteem. Deze waarden zijn veelal ontleend aan de wetenschappelijke literatuur.
3. Referentiewaarden die bepaald worden uit de data zelf, bijvoorbeeld op basis van de beginperiode van metingen, of op basis van de 'beste waarde' binnen de metingen. De aanname hierbij is dat deze waarden zo goed mogelijk de optimale ecologische omstandigheden reflecteren.

Zie ook de Discussie, paragraaf 6.3, voor een kritische reflectie op dit onderwerp.

2.3.3 Stap 3: Ecologische kwaliteitsratio's

Binnen zowel de Kaderrichtlijn Water als in het SEEA Ecosystem Condition methodologie worden afzonderlijke indicatoren gescoord op een uniforme schaal van 0 tot 1.³¹ Binnen de KRW wordt deze score vervolgens verder opgedeeld in 5 uniforme klassen *High–Good–Moderate–Poor–Bad*³², waarbij met name de grens tussen *Good* en *Moderate* cruciaal is, aangezien deze bepaald of de *Good Environmental State (High en Good)* gehaald is of niet.

Gezien de goede aansluiting op hoofdlijnen tussen KRW en SEEA wordt deze aanpak in de *Staat* deels overgenomen:

- Indicatoren worden uitgedrukt als een cijfer tussen 0 en 1, de *ecologische kwaliteitsratio* (EKR), waarbij een EKR van 0 de laagste kwaliteit representeert en een EKR van 1 de hoogste kwaliteit.
- Ten behoeve van een overzichtelijke rapportage worden de EKR waarden ingedeeld in vijf uniforme klassen. Om echter verwarring met de formele KRW beoordeling te voorkomen hebben deze klassen een andere benaming: A e/m E.
- In analogie met de KRW systematiek wordt een EKR van 0.6 (Goed–Matig) gehanteerd als drempelwaarde voor een ecologische beoordeling.

In Figuur 12 is de classificatie van EKR waarden in de 5 klassen, en de corresponderende KRW klassennamen weergegeven.

³¹ KRW Annex V, lid 1.4.1 ii: "In order to ensure comparability of such monitoring systems, the results of the systems operated by each Member State shall be expressed as **ecological quality ratios** for the purposes of classification of ecological status. These ratios shall represent the relationship between the values of the biological parameters observed for a given body of surface water and the values for these parameters in the reference conditions applicable to that body. The ratio shall be expressed as a numerical value between zero and one, with high ecological status represented by values close to one and bad ecological status by values close to zero."

³² WFD, Annex V, lid 1.4.1 iii: "Each Member State shall divide the ecological quality ratio scale for their monitoring system for each surface water category into five classes ranging from high to bad ecological status, as defined in Section 1.2, by assigning a numerical value to each of the boundaries between the classes. The value for the boundary between the classes of high and good status, and the value for the boundary between the good and moderate status shall be established through the intercalibration exercise described below",

EKR	Classificatie	
	SvdNvdW	KRW
1.0	A	Zeer Goed High
0.8	B	Goed Good
0.6	C	Matig Moderate
0.4	D	Ontoereikend Poor
0.2	E	Slecht Bad
0.0		

Figuur 12. Classificatie van Ecologische Kwaliteitsratios (EKR) in vijf klassen.

Met betrekking tot de berekening van EKR's zijn zowel de KRW wettekst als het SEEA-EA handboek erg vaag. De term 'ratio' suggereert een verhouding, maar de wettekst maakt dat nergens expliciet:

"These ratios shall represent the relationship between the values of the biological parameters observed ... and the values for these parameters in the reference conditions applicable"

In de praktijk worden de ratio's in veel gevallen berekend als een ratio meetwaarde / referentiewaarde, indien een hogere meetwaarde een betere ecologische toestand representeert ('meer is beter'), ofwel als een ratio referentiewaarde / meetwaarde, indien een *lagere* meetwaarde een betere ecologische toestand representeert ('minder is beter'). Vervolgens worden deze ratio's dusdanig geschaald dat een EKR van 0,6 gelijk wordt aan een op basis van de vastgelegde, of op basis van de referentie afgeleide grens tussen Goed en Matig. EKR waarden die hoger dan 1 zouden uitkomen worden op 1 gemaximeerd.

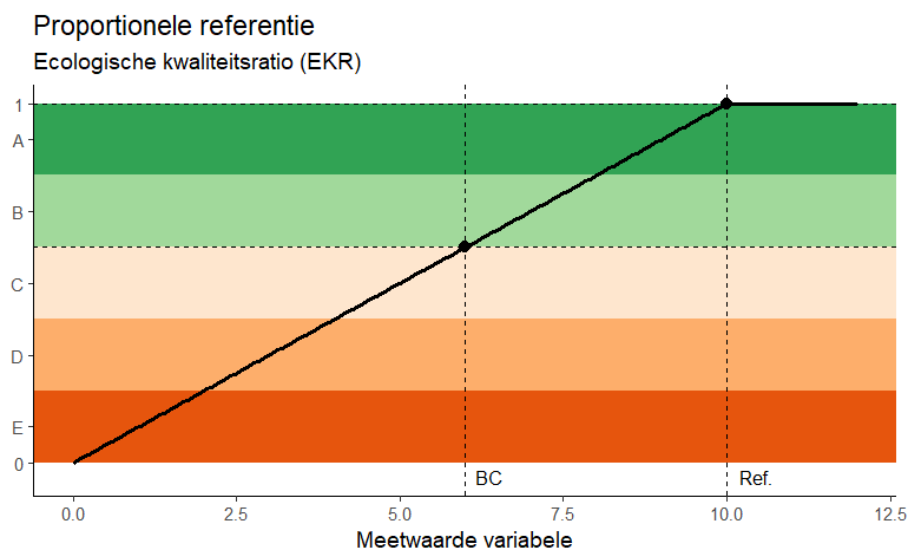
In andere gevallen, zoals bijvoorbeeld in de Nederlandse KRW praktijk gebruikelijk, worden de grenzen tussen de EKR klassen expliciet gedefinieerd in termen van indicatorwaarden, en wordt de EKR berekend via interpolatie tussen deze klassegrenzen.

Omdat in de *Staat* veel indicatoren worden gebruikt waar deze methodiek niet kan worden toegepast, eenvoudigweg omdat er voor deze indicatoren geen klassegrenzen zijn gedefinieerd, maar ook omdat er een derde categorie indicatoren is ('afwijkend is slechter'), is de KRW systematiek gegeneraliseerd op de volgende wijze:

EKR Type I: Proportioneel ('Meer is beter')

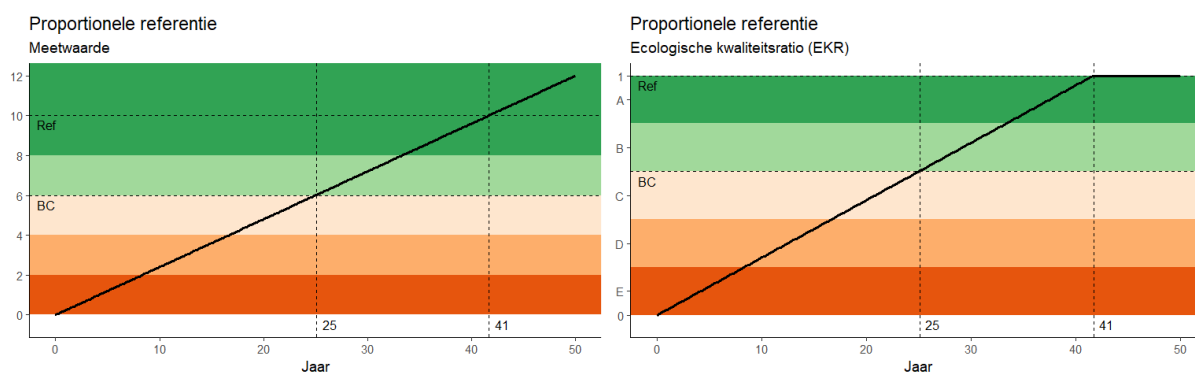
Van dit eerste type is sprake als tot op zekere hoogte een hogere meetwaarde een hogere ecologische kwaliteit impliceert. Dit geldt bijvoorbeeld voor veel biotische indicatoren zoals de aantallen vogels, vissen of bodemdieren. In veel gevallen is hierbij vanuit de Vogel- en Habitatrichtlijn per soort een instandhoudingsdoelstelling (IHD) gedefinieerd, die uitgedrukt is in aantallen individuen of paren. Aangezien deze IHD waarde bepaalt of het doel gehaald is, of niet, wordt deze waarde gelijkgesteld aan een EKR van 0.6.

Dit kan geïllustreerd worden met een hypothetische indicator, waarbij de absolute referentie 10 is, en de cruciale EKR grenswaarde van 0.6 (B–C grens) 6. Voor meetwaarden kleiner dan 10 is de EKR proportioneel met de meetwaarde; voor meetwaarden groter dan 10 is de EKR 1 (Figuur 13).



Figuur 13. Relatie tussen meetwaarde en Ecologische Kwaliteitsratio (EKR) voor een proportionele referentie.

Veronderstellen we dat de meetwaarde in 50 jaar tijd van 0 tot 12 stijgt, dan wordt in jaar 25 de grens tussen B en C (EKR 0.6) gepasseerd, en vanaf jaar 41 stabiliseert de EKR op 1 (Figuur 14).

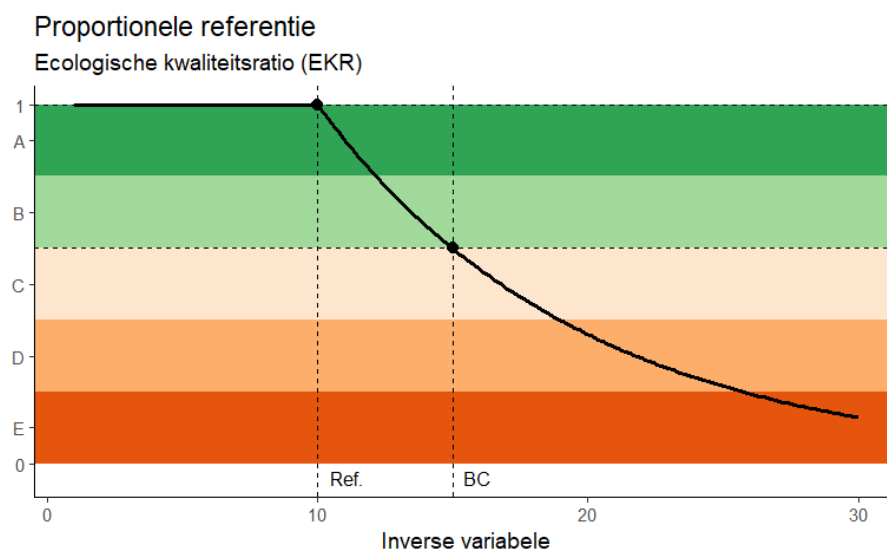


Figuur 14. Tijdreeks voor een hypothetische indicator met een proportionele referentie.

EKR Type II: Invers ('Minder is beter')

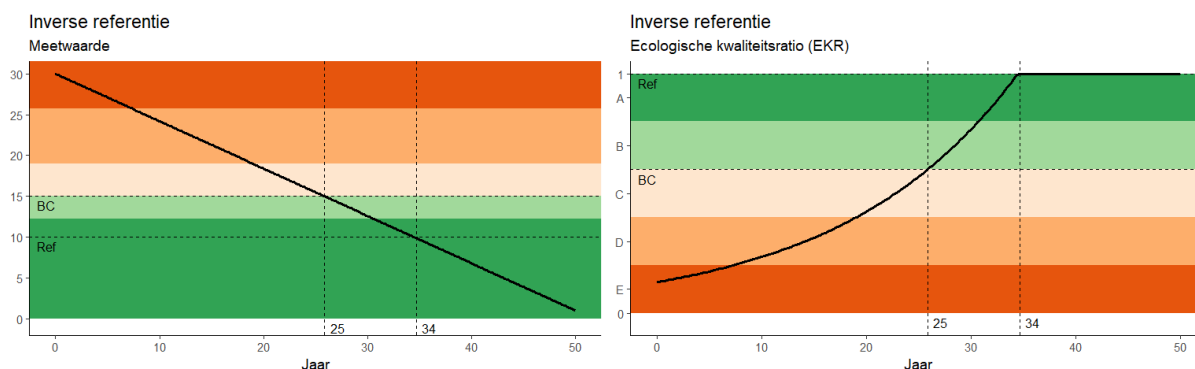
Van dit tweede type is sprake als een hogere meetwaarde een slechtere ecologische toestand impliceert. Dit geldt bijvoorbeeld voor de concentratie vervuilende stoffen, of de hoeveelheid algen. In theorie kan de EKR waarden worden berekend door de ratio tussen meetwaarde en referentie om te draaien ten opzichte van de proportionele aanpak van Type I, maar analyse van de expliciet vastgelegde klassegrenzen uit de KRW maatlatten (van der Molen *et al.*, 2018) leert dat de relatie tussen meetwaarde en EKR beter benaderd kan worden door een negatief exponentieel model. Zo'n model heeft twee parameters: de meetwaarden die corresponderen met EKR 1 en EKR 0,6. In bijvoorbeeld de OSPAR regels met betrekking tot chlorofyl-a wordt een afwijking tussen referentie en GM grens van 50% gehanteerd.

Dit kan geïllustreerd worden met een hypothetische indicator, waarbij de absolute referentie 10 is, en — gebruikmakend van deze acceptabele afwijking van 50% — een EKR van 0.6 wordt toegekend aan een meetwaarde van 15. Voor meetwaarden groter dan 10 is de EKR vervolgens exponentieel afnemend met de meetwaarde; voor meetwaarden kleiner dan 10 is de EKR 1 (Figuur 15). Merk op dat door gebruik van het exponentiële model de EKR nooit negatief kan worden.



Figuur 15. Relatie tussen meetwaarde en Ecologische Kwaliteitsratio (EKR) voor een inverse referentie.

Veronderstellen we weer dat de meetwaarde in 50 jaar tijd van 30 tot 0 daalt, dan wordt in dit geval in jaar 25 de grens tussen B en C (EKR 0.6) gepasseerd, en vanaf jaar 34 stabiliseert de EKR op 1 (Figuur 16).



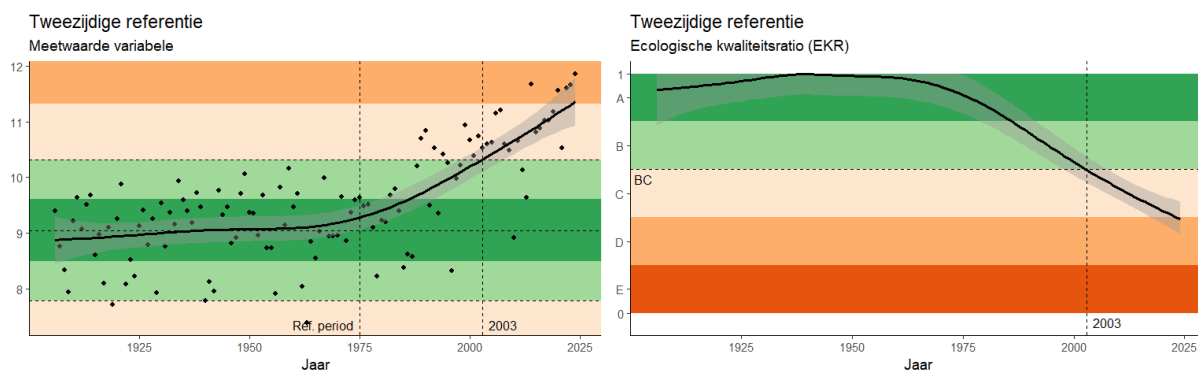
Figuur 16. Tijdreeksen voor een hypothetische indicator met een inverse referentie.

EKR Type III: Tweezijdig ('Afwijkend is slechter')

Van dit derde type is sprake als de toestand tijdens een bepaalde (historische) periode, of in een bepaald gebied, als referentie worden genomen, inclusief de variaties binnen die periode of gebied. Afwijkingen binnen de bijbehorende bandbreedte worden geaccepteerd ($EKR > 0.6$), maar afwijkingen groter dan, *in elke richting*, resulteren in een lagere EKR. Dit conceptuele model kan worden geïmplementeerd door uit te gaan van een referentiewaarde (EKR 1) op basis van een centrale waarde voor de periode of het gebied, en de BC grens (EKR 0.6) te bepalen op basis van het 95% interval rondom die centrale waarde. In directe analogie met de Inverse referenties (Type II) wordt de EKR berekend als een exponentiële daling als functie van de (absolute) afwijking ten opzicht van de centrale waarde.

Dit kan worden geïllustreerd met de indicator voor Luchttemperatuur uit de *Staat*, waarbij de periode vóór 1975 als referentieperiode is gekozen. In dit geval stijgt de temperatuur, en wordt in

2003 de BC grens gepasseerd, maar ook als klimaatverandering zou leiden tot sterke afkoeling³³, zou de beoordeling laag uitvallen.



Figuur 17. Tijdreeks voor een hypothetische indicator met een inverse referentie.

2.3.4 Stap 4: Aggregatie

Het doel van aggregatie van indicatoren is om een algemeen beeld te schetsen van het onderhavige systeem. Hoe gaat het met “de” natuur van de Waddenzee? Het algemene principe dat hierbij wordt gehanteerd is het combineren van de veelvoud van afzonderlijke indicatoren tot een kleinere set van samengestelde indicatoren, en tenslotte één enkele hoofdindicator, die “*De Staat van de Waddenzee*” representeert.

Bij de hier voorgestelde methodiek wordt primair voortgebouwd op de methodiek zoals gebruikt in de *SEEA-EA condition account*, waarbij de afzonderlijke variabelen eerst met behulp van referentiewaarden genormaliseerd worden op een onderling vergelijkbare schaal (bijvoorbeeld van 0 tot 100), en vervolgens groepsgewijs worden gemiddeld tot een samengestelde indicator. Binnen de context van de *SEEA-EA condition account* en de bijbehorende typologie (paragraaf 2.1.1) gebeurt dit groeperen hiërarchisch. Dus bijvoorbeeld eerst een samengestelde indicator voor alle variabelen die voor biotisch functioneren (B3) zijn geselecteerd, vervolgens een samengesteld biotische indicator (gemiddelde van B1, B2, B3) en uiteindelijk een algehele *condition* indicator.

In een recent, terrestrisch, voorbeeld (Maes *et al.*, 2033) wordt de kwaliteit van bos-eco-systemen in geheel Europa bepaald door middel van zeven indicatoren die het hele spectrum van de SEEA Ecosystem Condition Typology (zie paragraaf 2.1.1) bestrijken: vochtgehalte van de vegetatie, bodem organisch materiaal, soortenrijkdom aan bedreigde bosvogels, boomkronendichtheid, primaire productie, connectiviteit en natuurlijkheid. Elke indicator wordt geschaald binnen een referentiebereik.

Deze indicatoren worden vervolgens geaggregeerd in een enkele overkoepelende index door middel van gewogen rekenkundige middeling. In de studie van Maes *et al.* (2023) is de weging op basis van hun relatieve belang voor het beoordelen van de totale kwaliteit van het ecosysteem. Hierbij worden de indicatoren gescoord op vijf criteria (relevantie voor ecologische integriteit, instrumentele waarde, eenduidige interpreteerbaarheid, relatie tot antropogene drukfactoren, en conformiteit met het SEEA raamwerk), waarbij de meest relevante variabele per criterium 7 punten krijgt, en de minst relevante 1 punt. Dit is op basis van expert-judgement. De weegfactoren reflecteren vervolgens het totaal aantal punten per variabele.

³³ Niet geheel hypothetisch, helaas: <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/is-het-mogelijk-dat-de-golfstroom-plotseling-sterk-verzwakt>

Alternatieve methodes die gesuggereerd worden door Maes *et al.* (2023) zijn ongewogen middeling en weging op basis van voorkeuren van stakeholders. Een mogelijk voordeel van deze laatste methode zou kunnen zijn dat ze de diversiteit in waardepatronen en tussen de afzonderlijke stakeholders zichtbaar kunnen maken in de aggregatie. Dit kan een bijdrage vormen aan de legitimiteit van het aggregatieproces (Cash *et al.*, 2003).

Naast rekenkundig middelen, wat de meest gebruikte methode is voor generieke milieuconditie variabelen, wordt er specifiek voor abundantie of verspreiding van biota geregeld gebruik gemaakt van meetkundige middeling. Bij deze vorm van middelen kan een verdubbeling van aantallen in één soort een halvering in een andere soort compenseren. Deze vorm van middeling sluit daarmee aan bij het exponentiële karakter van populatiedynamica (van Strien *et al.*, 2012).

One-out-all-out

Binnen de beoordelings-systematiek van de Kaderrichtlijn Water, deels besproken in paragraaf 2.2.3, geldt het principe van one-out-all-out, oftewel de beoordelings van een groep indicatoren wordt gelijkgesteld aan de laagste beoordeling van de elementen binnen deze groep. In de KRW praktijk gebeurt dit ofwel op het niveau van de vijf beoordelings-klassen (*Zeer Goed, Goed, Matig, Ontoereikend, Slecht*), of, voor chemische stoffen, de twee klassen *Voldoet* en *Voldoet niet*.

Turven

Een laatste mogelijke variant is om te turven hoeveel indicatoren een bepaalde klasse hebben. Hierbij kan worden gekeken naar de vijf EKR-klassen zoals hier gehanteerd, of in een binaire variant, waarbij enkel wordt gekeken naar beter/slechter dan de referentiewaarde, of door verschillende aspecten te combineren, bijvoorbeeld toestand én trend.

Aanpak in de 'Staat'

Voor de Staat van de Waddenzee ligt de nadruk primair op de eerste twee stappen, de evaluatie van toestand en trend van individuele indicatoren ten opzicht van referentiewaarden. Ten behoeve van de Samenvatting wordt gebruik gemaakt van *turven*, waarbij informatie over de toestand ten opzichte van een referentiewaarde (RW) wordt gecombineerd met informatie over de trend gedurende laatste 12 jaar. Hierbij worden op basis van beleidsrelevantie vijf categorieën onderscheiden:

1. Huidige waarde is beter dan RW en trend is verbeterend of stabiel
2. Huidige waarde is beter dan RW en trend is verslechterend of onzeker
3. Huidige waarde t.o.v. RW is onzeker
4. Huidige waarde is slechter dan RW en trend is verbeterend
5. Huidige waarde is slechter dan RW en trend is verslechterend, stabiel of onzeker.

Vervolgens wordt per groep indicatoren het aantal indicatoren dat in één van deze categorieën valt geturfd en gevisualiseerd.

In het paragraaf over aggregatie (6.4) in de Discussie worden ten behoeve van de discussie over de methodologie van de *Staat* de afzonderlijke indicatoren op basis van hun EKR waarden hiërarchische geaggregeerd door middel van *middeling*. Hierbij wordt aangesloten bij de structuur van het indicator-raamwerk (Tabel 1).

3. Weer en Klimaat

Weer en klimaat zijn abiotische randvoorwaarden voor de natuur van de Waddenzee. Binnen de *Staat* word gekeken naar zowel atmosfeer (luchttemperatuur; neerslag, wind, zonnestraling) als water (temperatuur, zoutgehalte, zeespiegelstijging, zoetwateraanvoer).

3.1 Luchttemperatuur

3.1.1 Data en methoden

Dataselectie

Voor luchttemperatuur is gebruik gemaakt van daggemiddelde waarden zoals gemeten in de verschillende rondom de Waddenzeen gelegen KNMI meetstations: Den Helder / Vliegveld De Kooy (beschikbaar vanaf 1906); Vliegveld Eelde (vanaf 1907); Leeuwarden (vanaf 1951); Lauwersoog (vanaf 1992); Hoorn, Terschelling (vanaf 1995) en Vlieland (vanaf 1996).

Methodologie

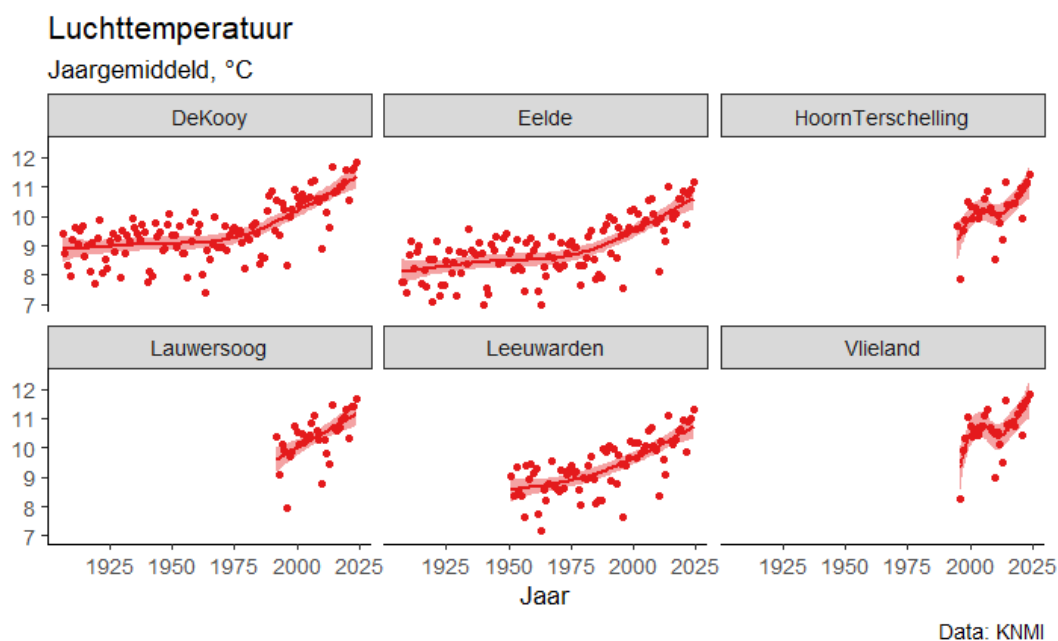
Bij meerdere meetstations zitten lacunes in de meetreeksen. Bij vliegveld De Kooy is er bijvoorbeeld in de winter van 1944-45 niet gemeten. Maar ook elders zijn er (korte) onderbrekingen in de meetreeksen.

Om het effect hiervan op de jaarwaarden te minimaliseren zijn eerst de dagwaarden per maand gemiddeld. Indien er meer dan 5 dagen per maand ontbreken is de waarde voor die maand geschat met een GAM model waarin een seizoenscomponent is opgenomen. Deze waarden zijn gebruikt om jaar- en seizoensgemiddelden te berekenen.

Seizoenen zijn gedefinieerd volgens de gebruikelijke standaard zoals het KNMI die hanteert: Lente (maart-april-mei), Zomer (juni-juli-aug), Herfst (sept-okt-nov) en Winter (dec-jan-feb). Waarden voor Winter zijn steeds toegekend aan het jaar waarin januari en februari vallen.

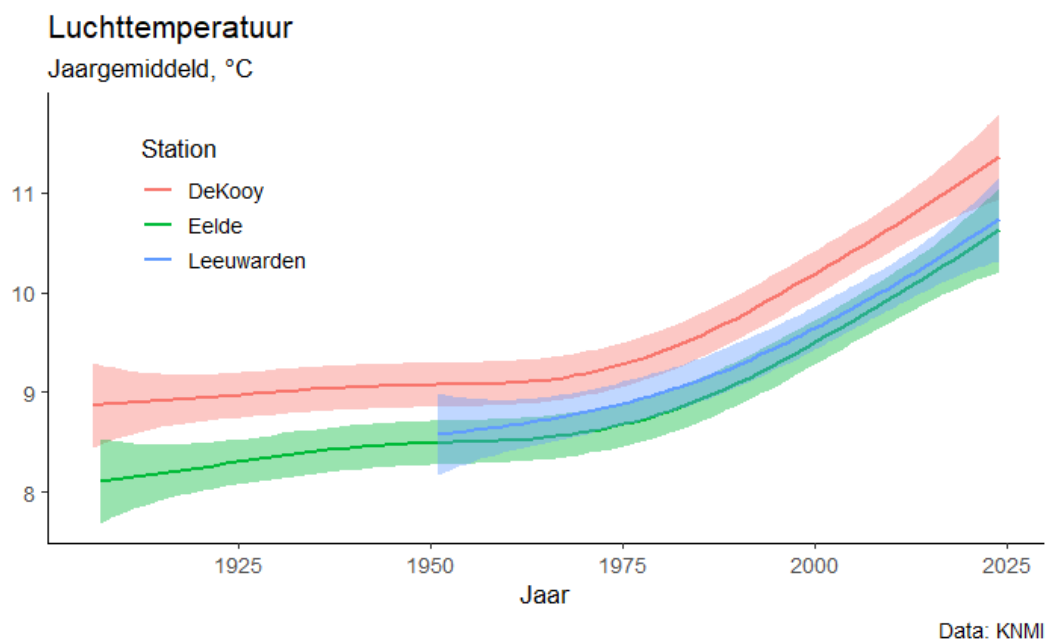
De jaargemiddelde luchttemperatuur is het gemiddelde van 12 maanden (jan-dec) van dat kalenderjaar.

3.1.2 Trends en patronen



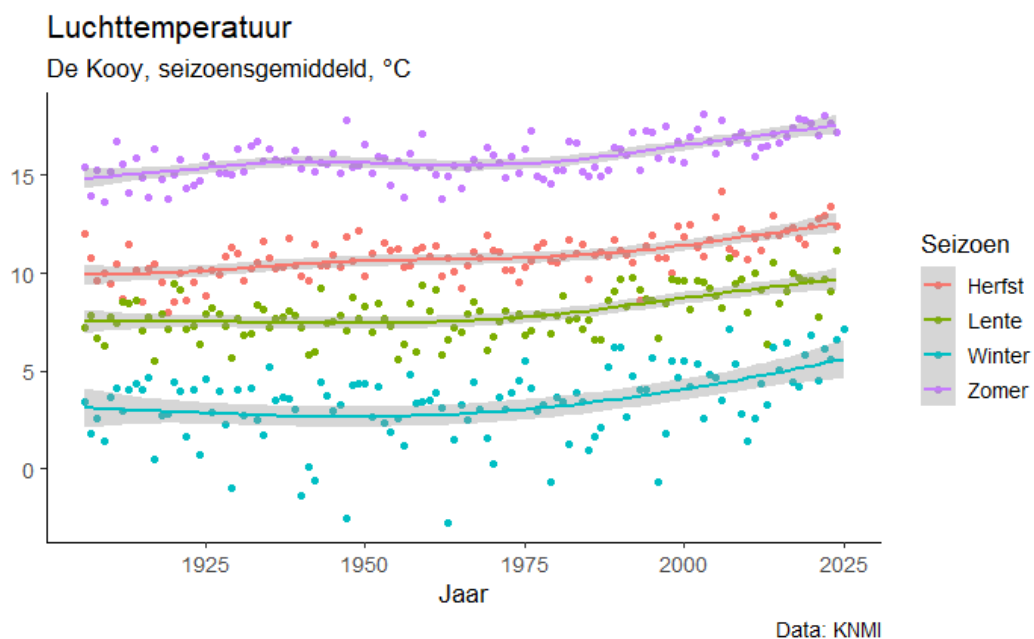
Figuur 18. Jaargemiddelde luchttemperatuur (jan–dec) voor de zes meetstations in het Waddengebied. De rode stippen geven de jaarwaarden weer, de rode lijn beschrijft de trend met het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend.

Alle stations kennen sinds de jaren zeventig een stijgende trend in luchttemperatuur (Figuur 18), waarbij het verschil tussen het begin (1975) en het eind (2024) van de waarnemingen ruim 2 °C bedraagt.



Figuur 19. Trends in jaargemiddelden van de luchttemperatuur (jan–dec) voor drie meetstations in het Waddengebied. De doorgetrokken lijnen geven de trends weer, de gekleurde gebieden het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trends

De meetlocaties op de Waddeneilanden en bij Lauwersoog zijn net iets te kort om goede trends doorheen te fitten. Voor de overige drie stations (met langere meetreeksen) zijn de trends vergelijkbaar met een stijging van ongeveer 2 °C vanaf midden jaren zeventig tot nu (Figuur 19).



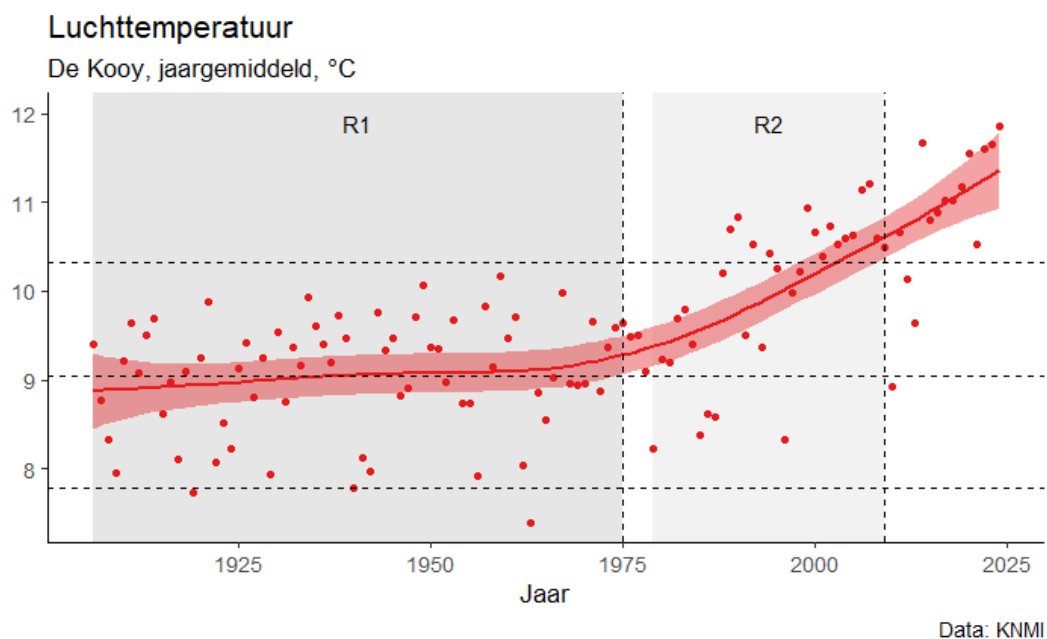
Figuur 20. Trends in jaargemiddelden van de luchttemperatuur per seizoen voor meetstation De Kooy in het Waddengebied. De stippen geven de jaarwaarden weer, de lijnen beschrijven de trend met het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend.

Voor het weerstation bij De Kooy (Den Helder) laten de seizoenen vergelijkbare patronen zien, met de relatief sterkste stijging in luchttemperatuur in de winter, en een relatief minder sterkere stijging in het voorjaar (Figuur 20).

3.1.3 Referentiewaarden

Voor luchttemperatuur zijn geen juridisch vastgestelde ecologische referentiewaarden. Een optie zou zijn om hiervoor de gemiddelde temperatuur van de 30 jaar voorafgaand aan de instelling van de UNESCO werelderfgoedstatus in 2009 te gebruiken, dus voor de periode 1979-2008 (zie Figuur 21). Omdat zo'n keuze geen recht zou doen aan de opwarming die daarvoor al is ingezet, is er voor gekozen om de relatief stabiele periode voor 1975 als referentieperiode te kiezen. Voor deze periode is in De Kooy de gemiddelde jaartemperatuur 9,05 °C met een spreiding van $\pm 1,27$ °C.³⁴

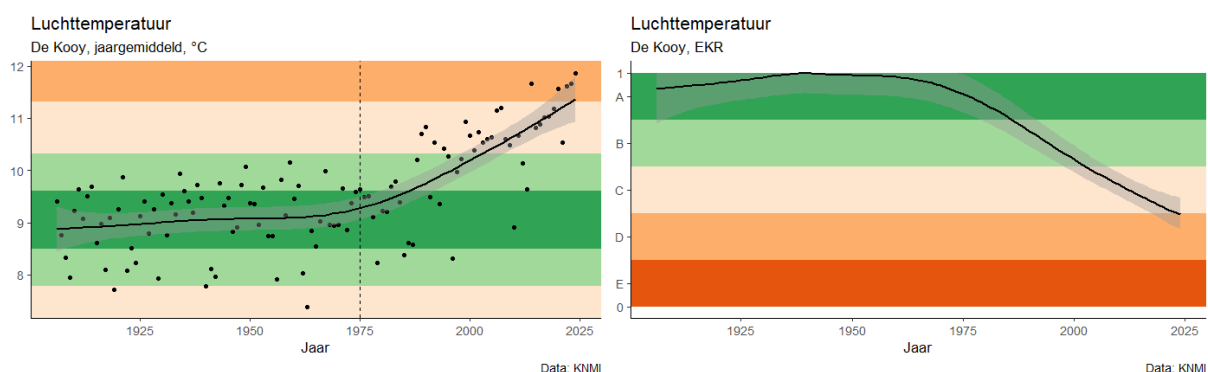
³⁴ 95% betrouwbaarheidsinterval.



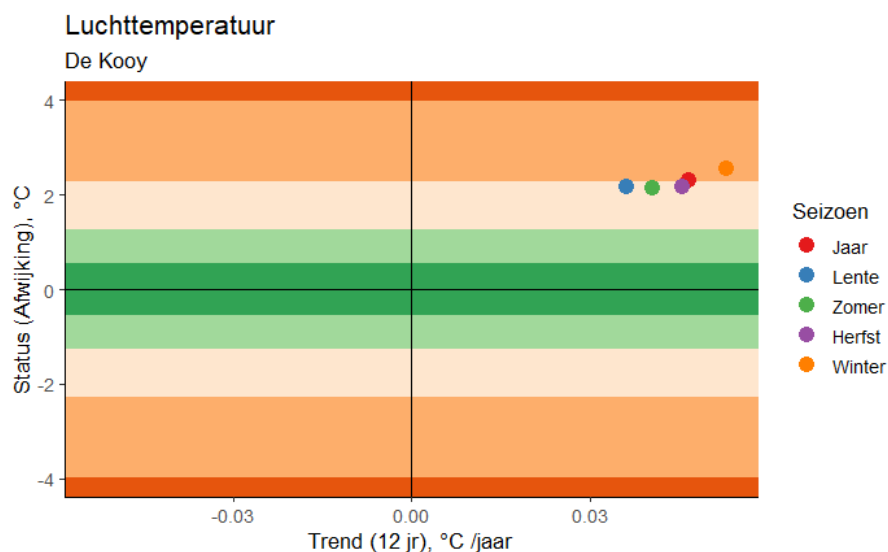
Figuur 21. Jaargemiddelden van de luchttemperatuur voor meetstation De Kooy. De stippen geven de jaarwaarden weer, de rode lijn beschrijft de trend met het rode gebied als het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend. De grijze vlakken geven mogelijke historische referentieperioden aan: R1 de periode voorafgaand aan het moment (≈ 1975) waarin de stijging van jaargemiddelde luchttemperatuur heeft ingezet, en R2 de periode van 30 jaar voorafgaand aan de instelling van de Waddenzee als UNESCO werelderfgoed.

3.1.4 Resultaten

Voor luchttemperatuur wordt aangesloten bij de systematiek voor Planetaire Grenzen, waarbij het 95% interval van fluctuaties onder “natuurlijke” omstandigheden als “veilig” wordt beschouwd. Het (trendmatig) gemiddelde wordt hierbij als referentie (EKR 1) genomen, en het 95% interval als grens tussen EKR klassen B en C (EKR 0,6). Hierbij is te zien dat volgens deze logica de luchttemperatuur sinds 2003 in EKR-klasse C valt, en sinds 2024 op de grens van klassen C en D (Figuur 22).



Figuur 22. Ecologische Kwaliteitsratio (EKR) voor Luchttemperatuur zoals gemeten in meetstation De Kooy.



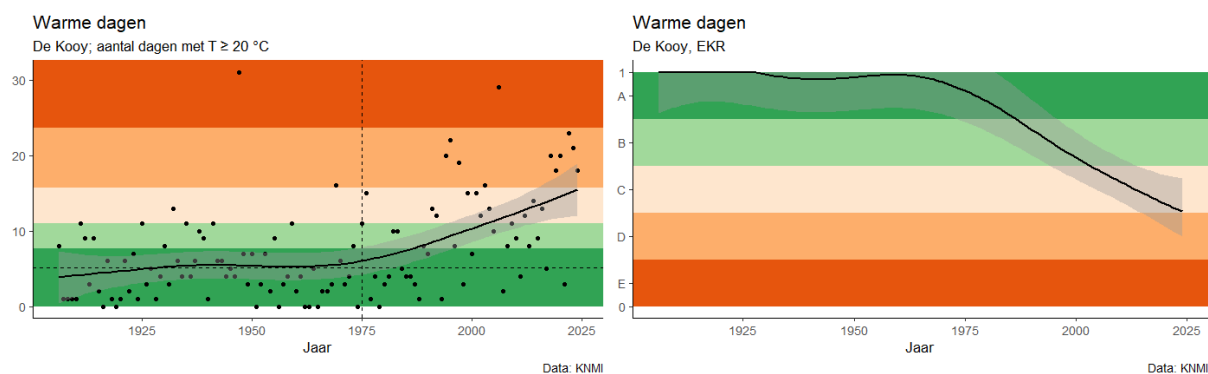
Figuur 23. Waddenkwadrant voor luchttemperatuur in De Kooy.

In het Waddenkwadrant is te zien dat zowel het jaar als alle seizoenen (zoals verwacht) zijn opgewarmd ten opzicht van de referentie en bovendien gedurende laatste 12 jaar een opwaartse trend kennen. De opwarming is relatief het sterkst in de winter, en het zwakst in de lente.

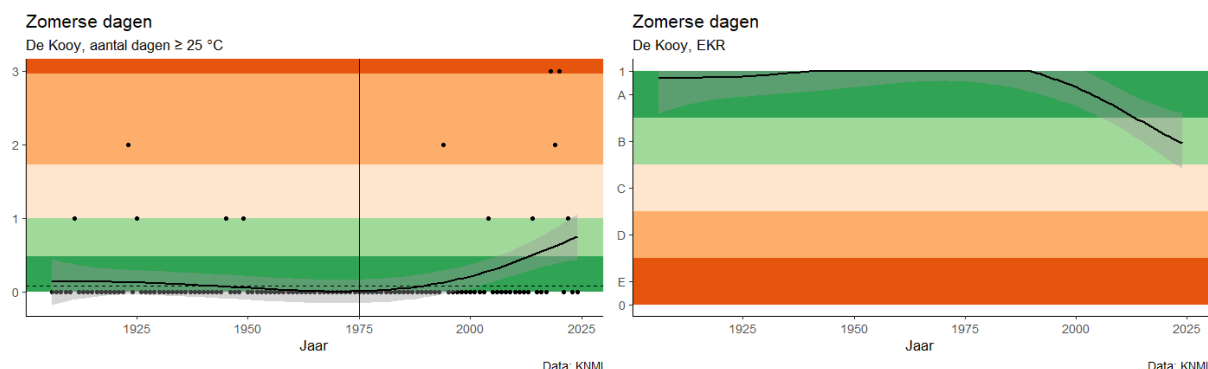
3.1.5 Extremen

Er is voor de status en trends in extremen in luchttemperatuur naar drie parameters (zoals gedefinieerd door het KNMI) gekeken, met het jaargemiddelde (jan-dec) gedurende de periode van 1901 t/m 1974 als referentiewaarde:

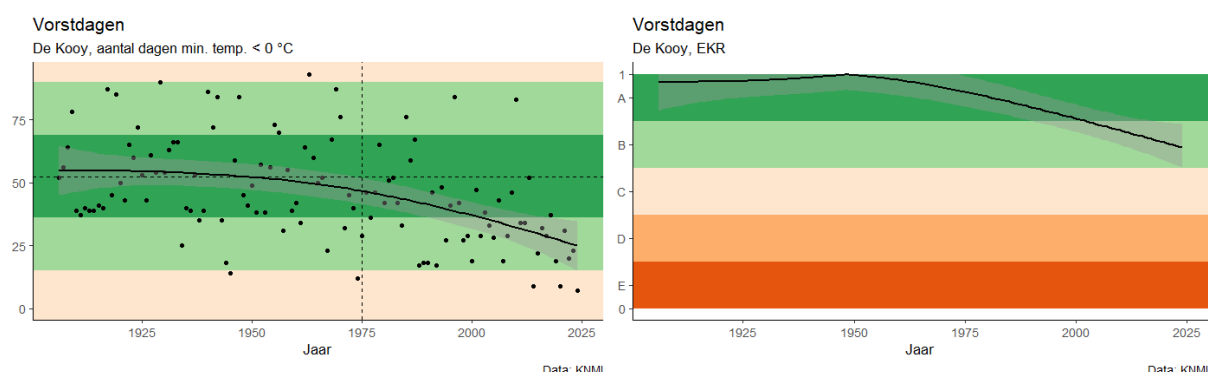
- Aantal 'warme' dagen per jaar, met een gemiddelde dagtemperatuur van 20 °C of hoger;
- Aantal 'zomerse' dagen per jaar, met een gemiddelde dagtemperatuur van 25 °C of hoger;
- Aantal 'vorstdagen' per jaar, met een minimum dagtemperatuur van lager dan 0 °C.



Figuur 24. Aantal warme dagen in De Kooy, en bijbehorende EKR.



Figuur 25. Aantal zomerse dagen in De Kooy, en de bijbehorende EKR.



Figuur 26. Aantal vorstdagen in De Kooy, en de bijbehorende EKR.

Voor alle drie de extremen geldt dat die aan verandering onderhevig zijn. Het aantal warme dagen is bijna verdrievoudigd ten opzichte van de referentieperiode vóór 1975 en valt in de EKR-klasse C. Ook het aantal zomerse dagen is gestegen, maar voorsnog minder sterk, en valt in de klasse B. Het aantal vorstdagen is gemiddeld gehalveerd, maar valt, gezien de grote mate van spreiding in de data, nog steeds in klasse B.

3.1.6 Samenvatting, conclusies, discussie

Klimaatverandering in het Waddengebied is een feit. Sinds de jaren 70 is de luchttemperatuur zo'n 2 °C gestegen. Ook is het aantal warme en zomerse dagen gestegen en het aantal vorstdagen gedaald. Dat op basis van de hier gehanteerde EKR-systematiek de interpretatie voor het aantal zomerse en vorstdagen niet op 'onvoldoende' uitkomt, wordt veroorzaakt door het lage voorkomen van zomerse dagen en de grote jaar-op-jaar variatie in het aantal vorstdagen.

Tabel 7. Samenvatting van indicator Luchttemperatuur.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Luchttemperatuur	Jaargemiddeld (°C)	De Kooy	0.39 (0.33 – 0.47)	D (C-D)	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
	Aantal warme dagen		0.41 (0.30 – 0.55)	C (C-D)	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
	Aantal zomerse dagen		0.69 (0.58 – 0.82)	B (A-C)	Onzeker	Toenemend	Verslechterend
	Aantal vorstdagen		0.69 (0.60 – 0.79)	B	Voldoende	Afnemend	Verslechterend

Discussiepunten

- Het aantal meetlocaties in het Waddengebied is beperkt. De stations die op eilanden liggen (Vlieland; Terschelling), of aan de kust (Lauwersoog) hebben relatief korte meetreeksen, wat gezien de grote variatie in waarden tussen de jaren de analyse van klimaatverandering daar lastig maakt.

- De methodiek om status en trends in klimaatveranderingen te beoordelen aan de hand van het voorkomen van extremen in luchttemperatuur kan nog verder worden aangescherpt, waarbij meer rekening wordt gehouden met de specifieke scheve verdeling van de meetwaarden, en de bufferende werking van de zee.

3.2 Neerslag

3.2.1 Data en methoden

Dataselectie

Voor neerslag is gebruik gemaakt van dezelfde KNMI stations als voor luchttemperatuur en de andere klimaatvariabelen³⁵.

Methodologie

Per locatie en maand zijn steeds alle dagwaarden opgeteld. De maandwaarden zijn opgeteld tot jaarwaarden. Indien er sprake was van ontbrekende waarnemingen zijn voor de betreffende maanden de meetwaarden opgeteld, en vermenigvuldigd met een ophoogfactor die het aantal waarnemingen reflecteert. Indien er in een maand van 30 dagen 2 dagen ontbreken is deze ophoogfactor bijvoorbeeld gelijk aan 30/28. In 7 gevallen was dit nodig, voor de meetlocaties Lauwersoog (6x) en Hoorn Terschelling (1x). De maximale correctie bedroeg hierbij 15%.

Trends en patronen

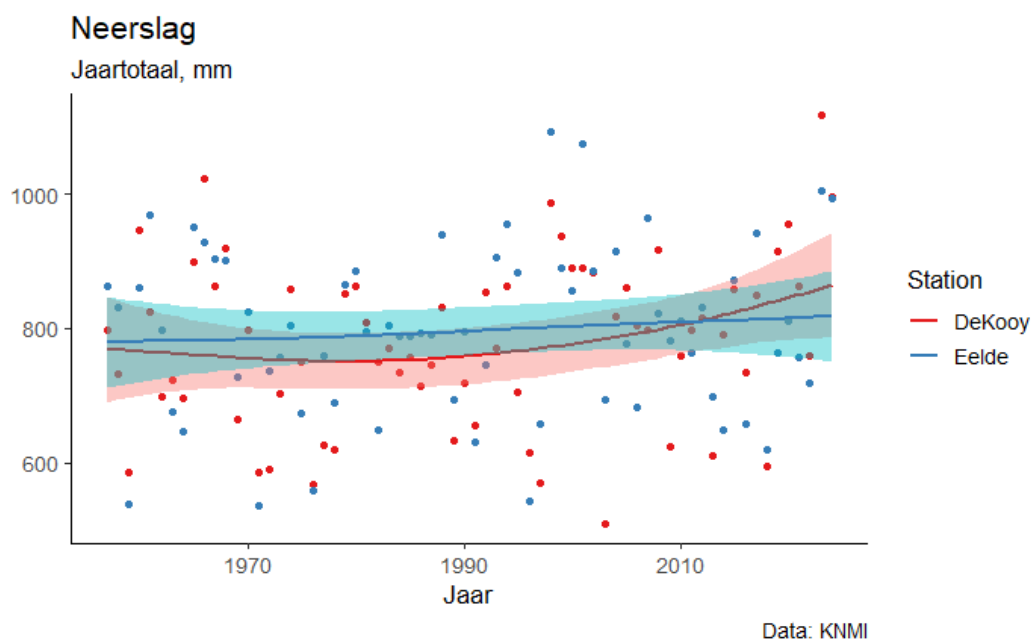


Figuur 27. Tijdreeksen van jaartotalen van neerslag in en rond het Waddengebied.

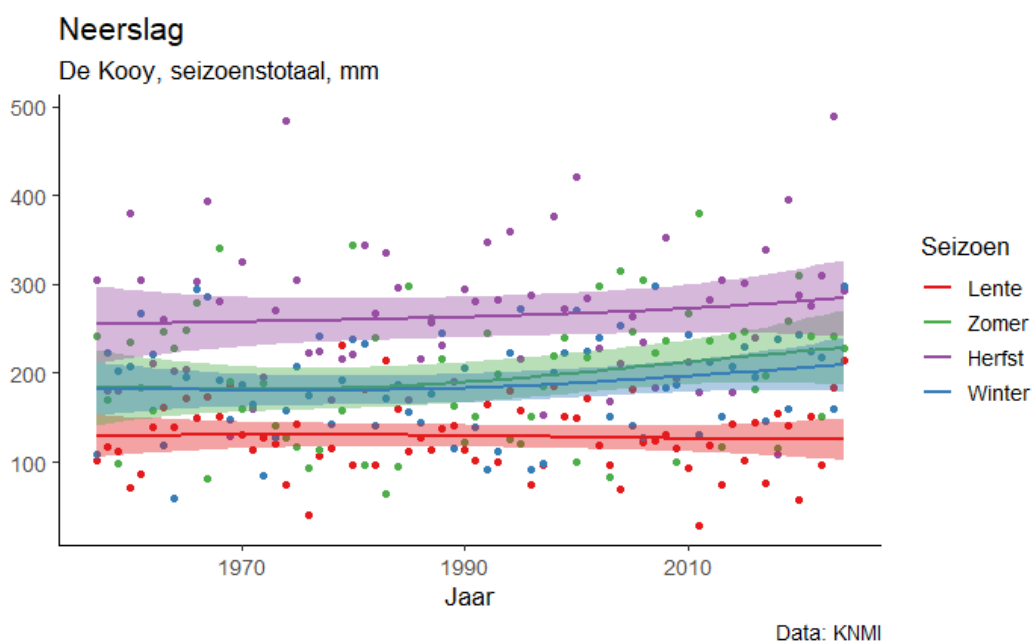
Er zijn geen grote verschillen of trends zichtbaar in de tijdreeksen van de verschillende meetstations. In Leeuwarden lijkt een toenemende trend zichtbaar, maar dit kan ook een artefact

³⁵ Het KNMI maakt in hun Klimaatdashboard gebruik van aparte neerslagstations. Omwille van de consistentie tussen de verschillende klimaatvariabelen is er hier nu voor gekozen om voor neerslag de hoofdstations te gebruiken. Zie verder de Discussie.

zijn van het ontbreken van hoge waarden in de jaren rondom 1980, wat ook in bijvoorbeeld Eelde zichtbaar is, maar daar niet leidt tot een soortgelijke trend.



Figuur 28. Jaartotalen van neerslag in de twee meetstations met de langste meetreeksen: De Kooy en Eelde (beide vanaf 1957)



Figuur 29. Neerslag per seizoen.

Als we de verschillende seizoenen vergelijken, dan is de lente relatief droog, en de herfst relatief nat. Zomer en winter zitten daartussenin, en zijn vergelijkbaar.

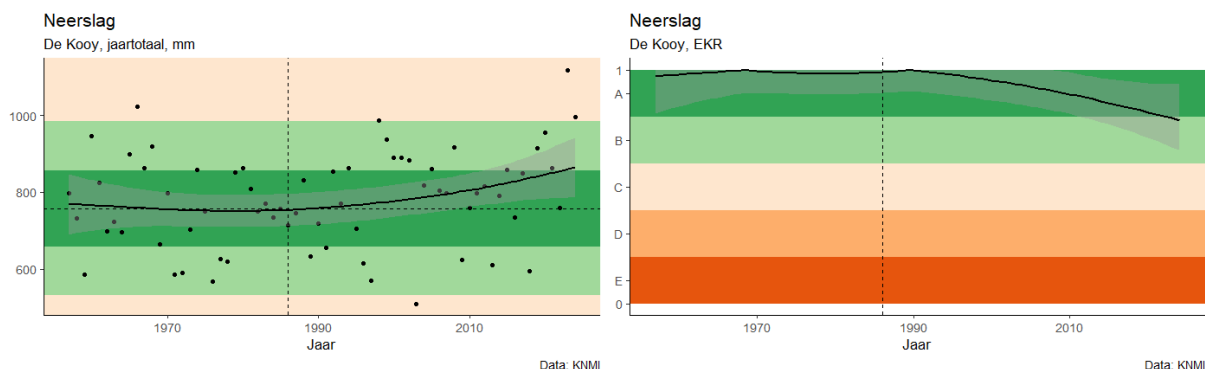
De lente lijkt iets droger te worden, en de andere seizoenen iets natter (de zomer het meest). Geen van deze veranderingen zijn echter nog significant.

3.2.2 Referentiewaarden

Voor neerslag zijn de eerste 30 jaar in de meetreeks (1957–1986) als referentieperiode genomen. Voor het berekenen van de EKR is gekeken naar de afwijkingen ten opzicht van het gemiddelde gedurende deze periode. Het 95% interval wordt hierbij als BC grens gebruikt.

3.2.3 Resultaten

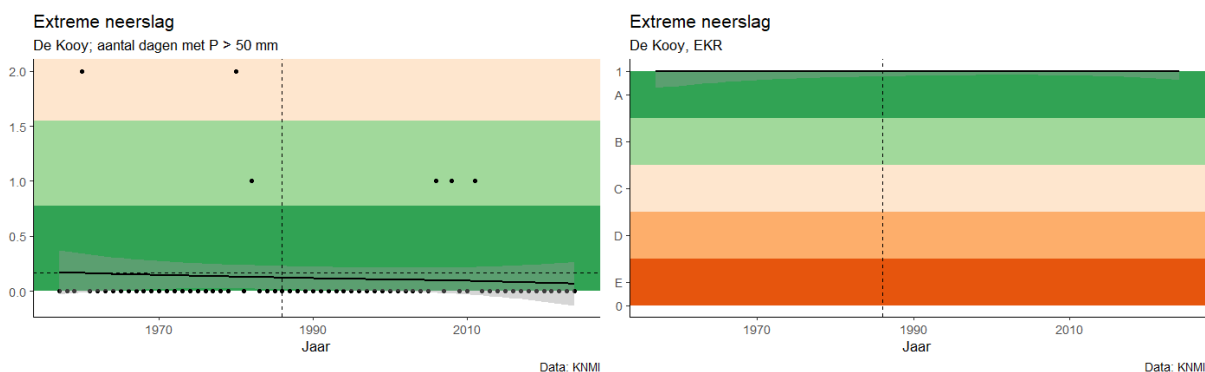
De jaarsom van neerslag in de Kooy is de laatste decennia licht toegenomen (Figuur 30). Dit leidt er toe dat de EKR de laatste jaren is gedaald, en sinds 2003 in de EKR-klasse B valt.



Figuur 30. EKR indicator voor neerslag (jaartotaal), meetstation De Kooy. De verticale stippellijn markeert het einde van de referentieperiode (1957–1986).

3.2.4 Extremen

Het KNMI spreekt van “een dag met zware neerslag” bij meer dan 50mm. In de Kooy komt dit zelden voor. Een statistische analyse van de veranderingen hierin is dan ook lastig.³⁶ Er lijkt geen duidelijke trend te zijn, en de EKR valt gedurende de gehele periode in klasse A.

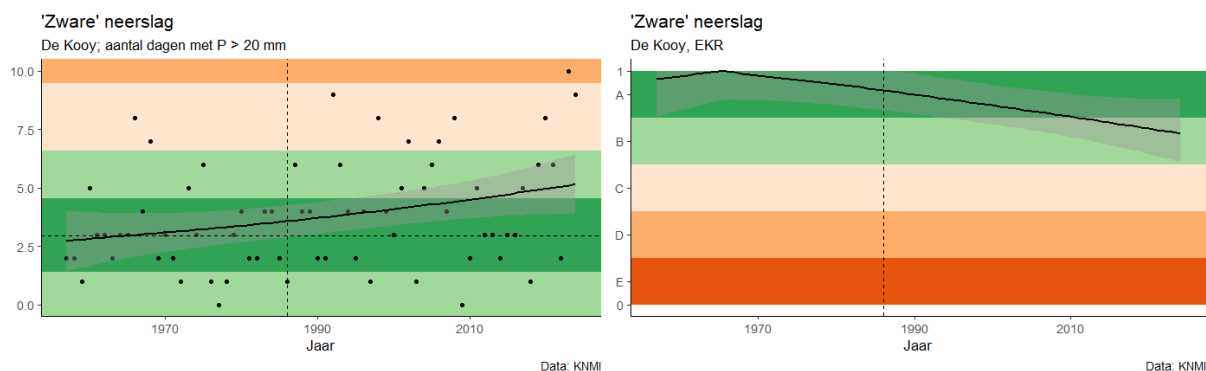


Figuur 31. Aantal dagen met zware neerslag (>50 mm) in De Kooy, en bijbehorende EKR.

Kijken we dan een iets ‘mildere’ vorm van extreme neerslag, het aantal dagen met meer dan 20mm neerslag, een ook internationaal veel gebruikte definitie³⁷, dan is er wel sprake van een (toenemende) trend. Vanaf 2012 valt deze indicator in EKR-klasse B.

³⁶ Dat wil zeggen, gebruik makend van de methoden die hier zijn gebruikt. Zie de discussie.

³⁷ [Neerslagextremen in Nederland, 1910-2022 | Compendium voor de Leefomgeving](#)



Figuur 32. Aantal dagen met zware neerslag (> 20 mm/dag) in De Kooy, en bijbehorende EKR.

3.2.5 Samenvatting, conclusies, discussie

Als gevolg van klimaatverandering wordt het waddengebied aantoonbaar iets natter. De jaarsom neemt toe, net als het aantal dagen met meer dan 20 mm neerslag. Het aantal dagen met formeel 'zware neerslag' is bij gebruikmaking van een enkel meetstation echter te klein voor een goede trendanalyse.

Tabel 8. Samenvatting van indicator Neerslag.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Neerslag	Jaarsom (mm)	De Kooy	0.79 (0.66 – 0.94)	B (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
	Aantal dagen > 20mm		0.73 (0.61 – 0.88)	B (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
	Aantal dagen > 50mm		1.00 (0.96 – 1.00)	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten

- Extreme neerslag valt vaak in de vorm van buien met een kleine *footprint*. Deze worden relatief snel gemist door de hoofdstations. Te overwegen valt daarom om voor de *Staat* gebruik te maken van de specifieke neerslagstations die groter in aantal zijn dan de normale meetstations. Ten behoeve van aansluiting tussen de *Staat* en het KNMI klimaatdashboard is het hoe dan ook te overwegen om gebruik te maken van deze neerslagstations. De tijdreeksen van deze neerslagstations beginnen doorgaans ook eerder dan die voor de automatische weerstations. Dat zou gelijktrekken van referentieperioden voor neerslag en temperatuur mogelijk maken.
- Voor de analyse van (veranderingen in) extreme neerslag zou gebruik gemaakt kunnen worden van specifiek daarvoor ontwikkelde extreme-gebeurtenis statistieken en methoden.

3.3 Windsnelheid

3.3.1 Data en methoden

Dataselectie

Voor windsnelheid is gebruik gemaakt van de KNMI stations in en rondom het Waddengebied³⁸.

³⁸ Een geraadpleegde expert van het KNMI merkte hierbij op dat trends in windsnelheid in veel stations onbetrouwbaar zijn, en dat het klimaatdashboard van het KNMI zich in Noord-Nederland beperkt tot meetstation Groningen/Eelde. Dit sluit aan bij onze eigen dataselectie.

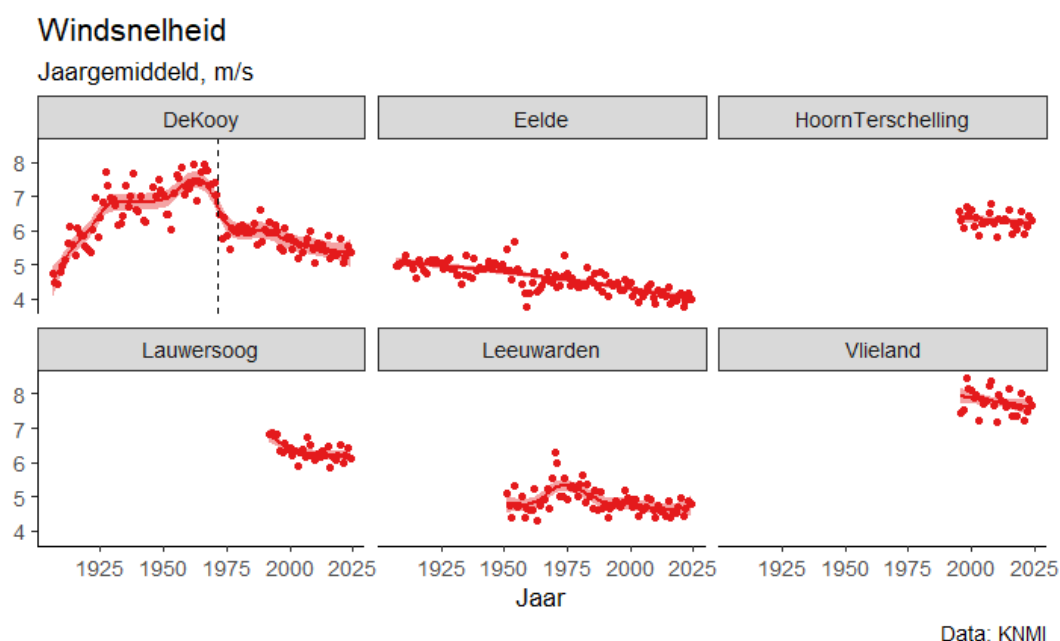
Methodologie.

Per meetlocatie zijn daggemiddelde windsnelheden eerst omgerekend naar maandgemiddelden en vervolgens naar jaargemiddelden. Ontbrekende waarnemingen zijn geïmputeerd op maandbasis met een GAM (vergelijkbaar als met luchttemperatuur is gedaan).

Waarnemingen ontbreken met name in De Kooy (winter van 1944–45) en Vlieland (februari 2008; juli 2015) en Hoorn Terschelling (Oktober 2002).

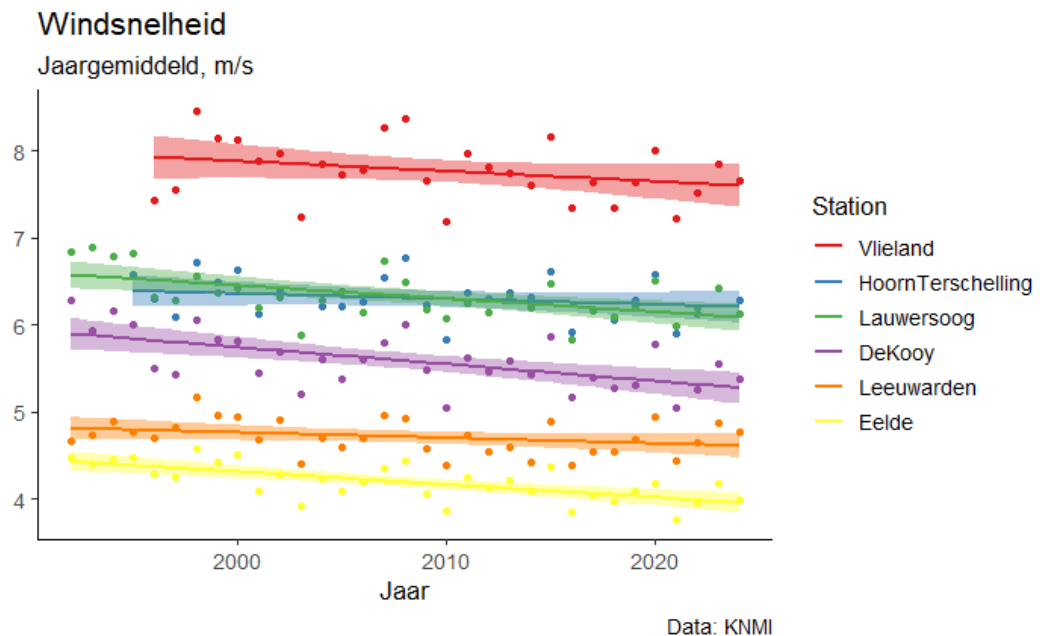
Voor meetlocatie De Kooy geldt dat deze in 1972 is verplaatst van de Noorzeekust naar de polder, met significante effecten op de gemeten windsnelheid.

3.3.2 Trends en patronen.



Figuur 33. Jaargemiddelde windsnelheid in en rondom het Waddengebied. De gestreepte lijn bij De Kooy correspondeert met de verplaatsing van de meetlocatie in 1972.

Afgezien van de afwijkende windsnelheden in De Kooy vóór de verplaatsing van de meetlocatie in 1972 lijken alle locaties een afname in jaargemiddelde windsnelheid sinds de jaren '70 te laten zien.



Figuur 34. Jaargemiddelde windsnelheid vanaf 1992.

Kijken we naar de 'gezamenlijke' periode vanaf ongeveer 1992 dan valt allereerst het verschil in niveau op. Op Vlieland waait het gemiddeld het hardst, gevolgd door Terschelling en Lauwersoog, De Kooy, Leeuwarden en Eelde. Dit patroon is goed verklaarbaar gezien het verschil in expositie ten opzicht van de Noordzee.

Verder is er voor locaties De Kooy, Eelde en Lauwersoog een dalende lineaire trend te detecteren ($p < 0.05$). Voor Vlieland en Hoorn (Terschelling) is geen trend te detecteren ($p = 0.12$ en $p = 0.24$, respectievelijk). Leeuwarden zit op (over) het randje van significantie ($p = 0.08$).

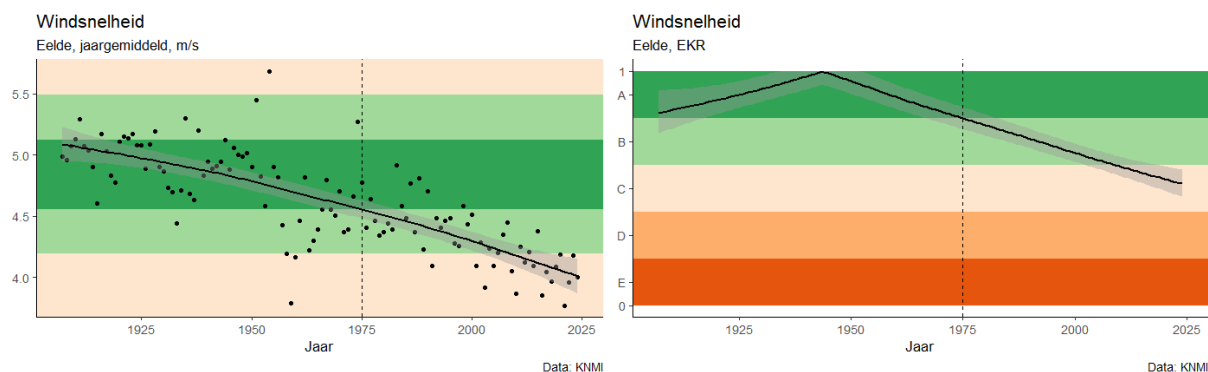
De onderlinge correlaties (op jaarbasis) zijn echter groot. Tussen De Kooy en Vlieland is $R^2 = 0.90$ en tussen De Kooy en Terschelling $R^2 = 0.89$. Aangezien ook tussen De Kooy en Eelde de correlatie hoog is ($R^2 = 0.88$) wordt — gezien de verplaatsing van De Kooy — meetstation Eelde gebruikt voor verdere analyse van veranderingen in windregime.

Deze keuze sluit aan bij het advies van het KNMI om voor het Waddengebied enkel gebruik te maken van deze locatie, gezien de onbetrouwbaarheid van windmetingen in veel stations.

3.3.3 Referentiewaarde

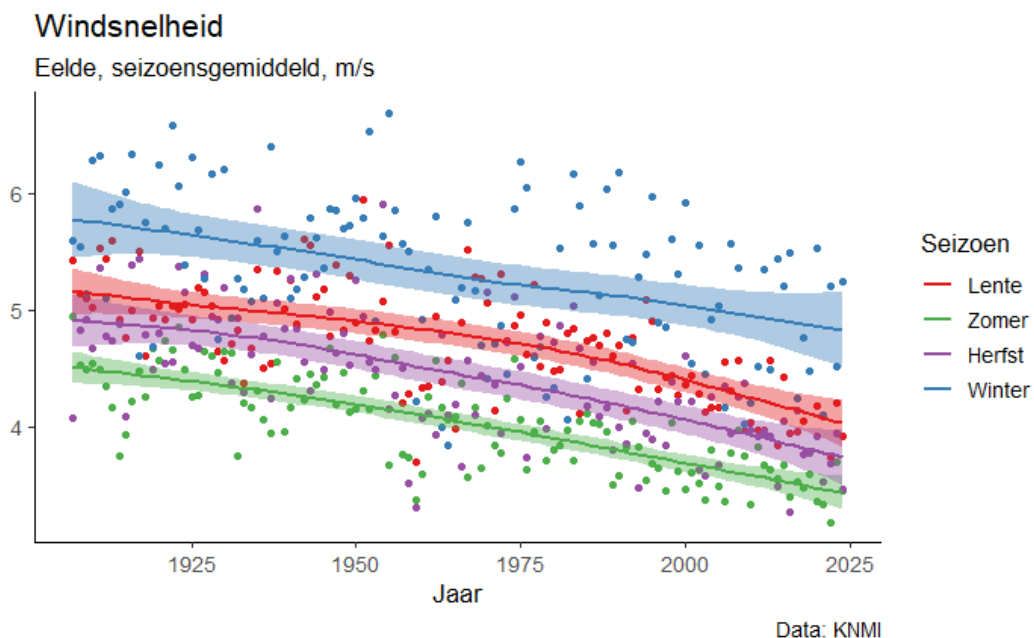
In analogie aan luchttemperatuur is de periode vóór 1975 als referentieperiode gekozen. Gezien de doorlopende dalende trend kunnen hier echter vraagtekens bij gezet worden. De tijdreeksen worden verder geanalyseerd met de EKR methodiek, waarbij het gemiddelde binnen deze periode als referentie wordt genomen, en het 95% interval als BC grens.

3.3.4 Resultaten



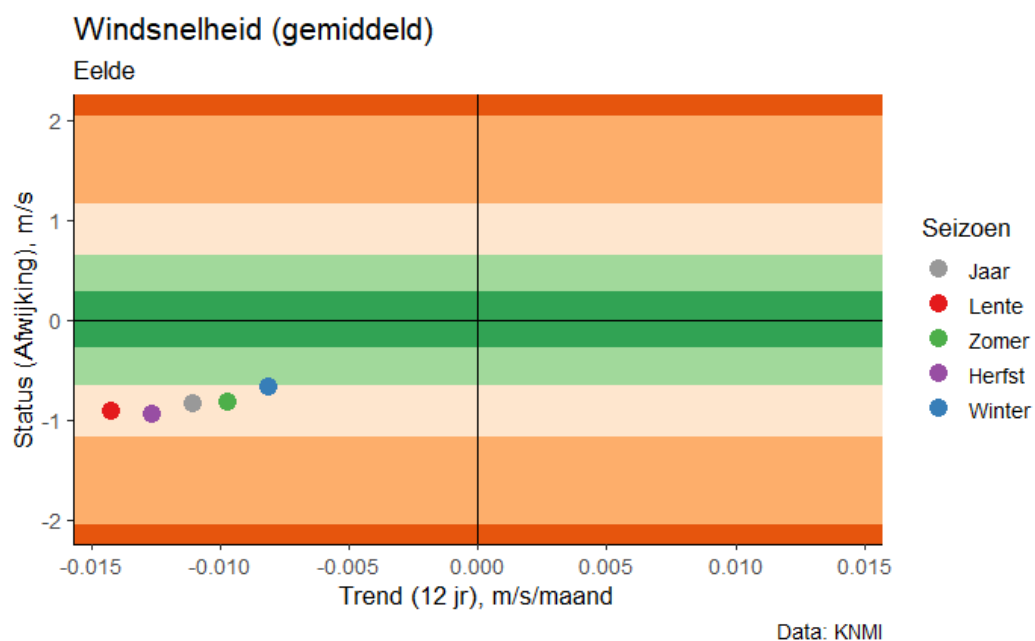
Figuur 35. Tijdreeks van jaargemiddelde windsnelheid voor meetstation Eelde, en bijbehorende EKR.

Toepassing van de periode vóór 1975 als referentieperiode leidt er toe dat de indicatoren voor jaargemiddelde windsnelheid door een voortdurende afname vanaf 2009 in EKR-klasse C valt.



Figuur 36. Gemiddelde windsnelheid per seizoen, voor meetstation Eelde.

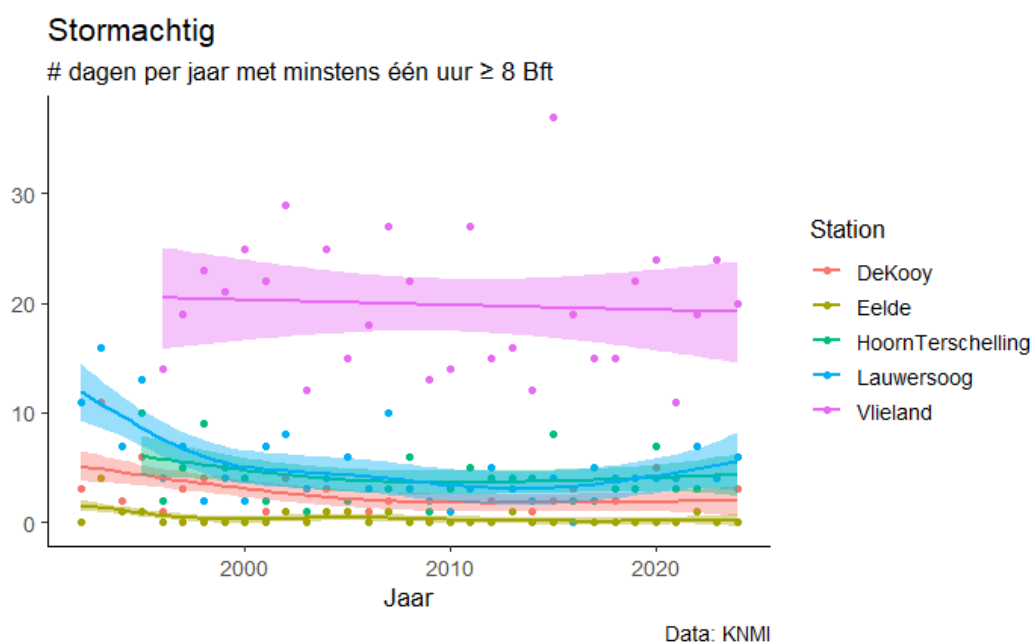
Uitgesplitst naar de seizoenen zien we dat het in de winter gemiddeld het hardst waait, gevolgd door de lente, herfst, en zomer. Alle seizoenen kennen een vergelijkbare dalende trend in gemiddelde windsnelheid.



Figuur 37. Huidige toestand en recente trend voor gemiddelde windsnelheid; meetstation Eelde.

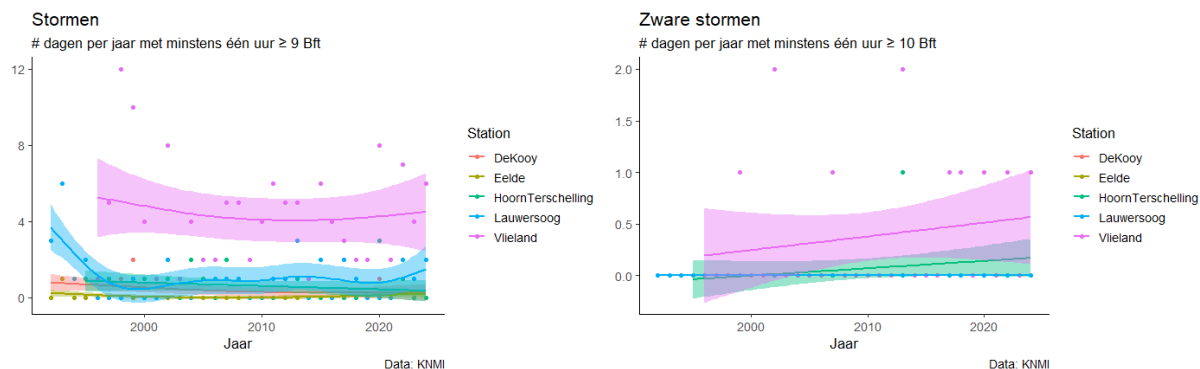
3.3.5 Extremen

Voor de analyse van extremen is gekeken naar het aantal dagen met minstens één uur *stormachtig* (8 Beaufort of harder), *storm* (≥ 9 Bft) of *harde storm* (≥ 10 Bft)³⁹. Hierbij is gebruik gemaakt van de maximale uurgemiddelde windsnelheid per dag.



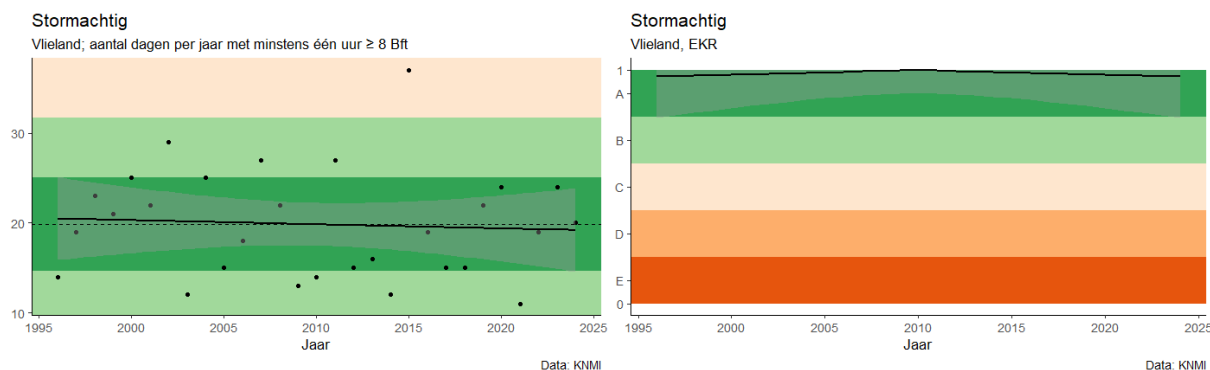
Figuur 38. Aantal stormachtige dagen in het Waddengebied.

³⁹ De grenswaarden van 8, 9 en 10 Bft zijn vertaald naar respectievelijk 17.2, 20.8 en 24.5 m/s.

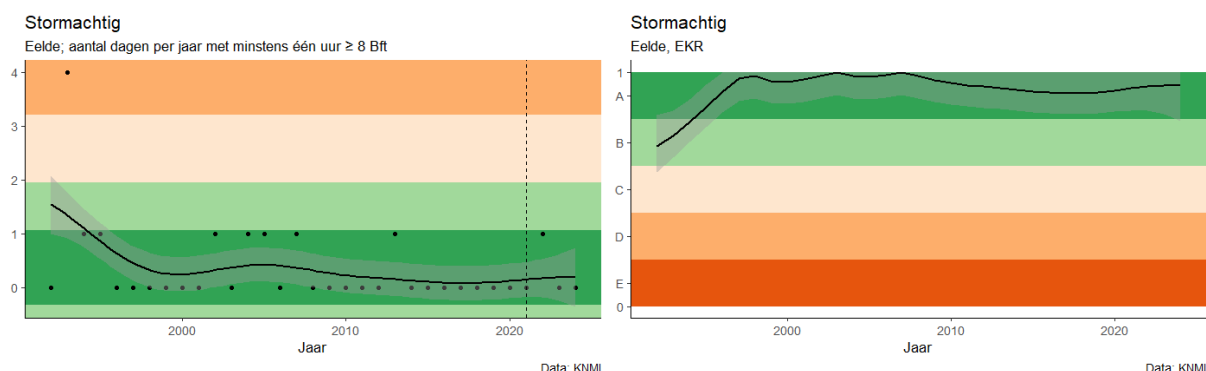


Figuur 39. Aantal dagen met storm (9 Bft, links) en zware storm (10 Bft, rechts), in het Waddengebied.

Het aantal dagen met extreme wind is beperkt. Met name op Vlieland komen relatief regelmatig stormachtige dagen voor, waarbij hier geen trend detecteerbaar is. Op het oog lijkt het aantal stormen op Vlieland licht af te nemen, en het aantal zware stormen licht toe te nemen. Deze trends zijn echter op basis van de hier gebruikte methodologie, en de relatief korte duur van de meetreeks niet significant.



Figuur 40. Trend in stormachtige dagen (>8 Bft) op Vlieland.



Figuur 41. Trend in stormachtige dagen (>8 Bft) in Eelde.

Voor het meetstation op Vlieland is de tijdreeks relatief kort, net aan 30 jaar. Toepassing van de EKR systematiek op basis van de spreiding binnen een historische referentieperiode laat dan ook geen trends zien, en de EKR valt gedurende hele periode in klasse A. Ook in meetstation Eelde is nauwelijks sprake van een trend en valt bij toepassing van een referentieperiode tot 1975 de EKR de gehele recente periode in klasse A.

3.3.6 Samenvatting, conclusies, discussie

De beschikbaarheid van lange meetreeksen van windsnelheid in het waddengebied is beperkt. De langste meetreeksen zijn beschikbaar voor Den Helder / De Kooy, waar het meetstation in 1972 naar een meer landinwaarts gelegen locatie, en Eelde, wat op geruime afstand van het Waddengebied ligt. De trend in jaargemiddelde windsnelheid op station Eelde is duidelijk afnemend. Het aantal dagen met harde wind ('stormachtig', windkracht 8 of hoger), is echter gedurende de gehele studieperiode min of meer constant gebleven. Echte stormen en zware (minstens windkracht 9 en 10) zijn te weinig gemeten om tot een goede analyse te kunnen komen.

Tabel 9. Samenvatting van indicator Windsnelheid.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Windsnelheid	Jaargemiddeld (m/s)	Eelde	0.52 (0.47 – 0.58)	C	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
	Aantal dagen > 8 Bft	Eelde	0.95 (0.79 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Vlieland	0.97 (0.80 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten

- Langdurige *bruikbare* trends in windsnelheid zoals gemeten *in* het waddengebied ontbreken.
- De reeds vóór 1975 ingezette dalende trend zoals geobserveerd voor locatie Eelde invalideert de aanname van “stabiele” klimatologische omstandigheden voor deze periode die op basis van de observaties aan luchttemperatuur als referentieperiode is gekozen. Het KNMI gebruikt voor hun Klimaatdashboard voor Noord-Nederland enkel waarnemingen in Groningen/Eelde vanaf 1978. Dat moment ligt ná de hier gebruikte referentieperiode tot 1975.
- Het aantal dagen met extreme wind valt erg scheef uit. Aanbevolen wordt om de beoordelingssystematiek hier op aan te passen.

3.4 Zonnestraling

3.4.1 Data en methoden

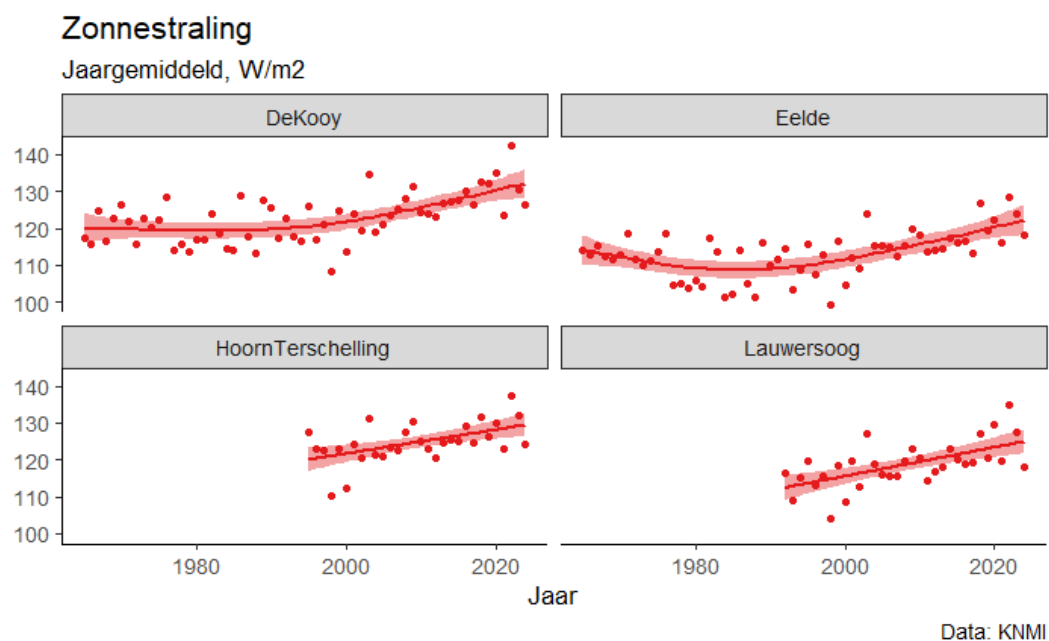
Dataselectie

Automatische KNMI meetstations. Op Vlieland wordt geen zonnestraling gemeten. Voor De Kooy en Eelde zijn data vanaf 1965 beschikbaar. Voor Lauwersoog vanaf 1992 en voor Hoorn (Terschelling) vanaf 1995.

Methodologie

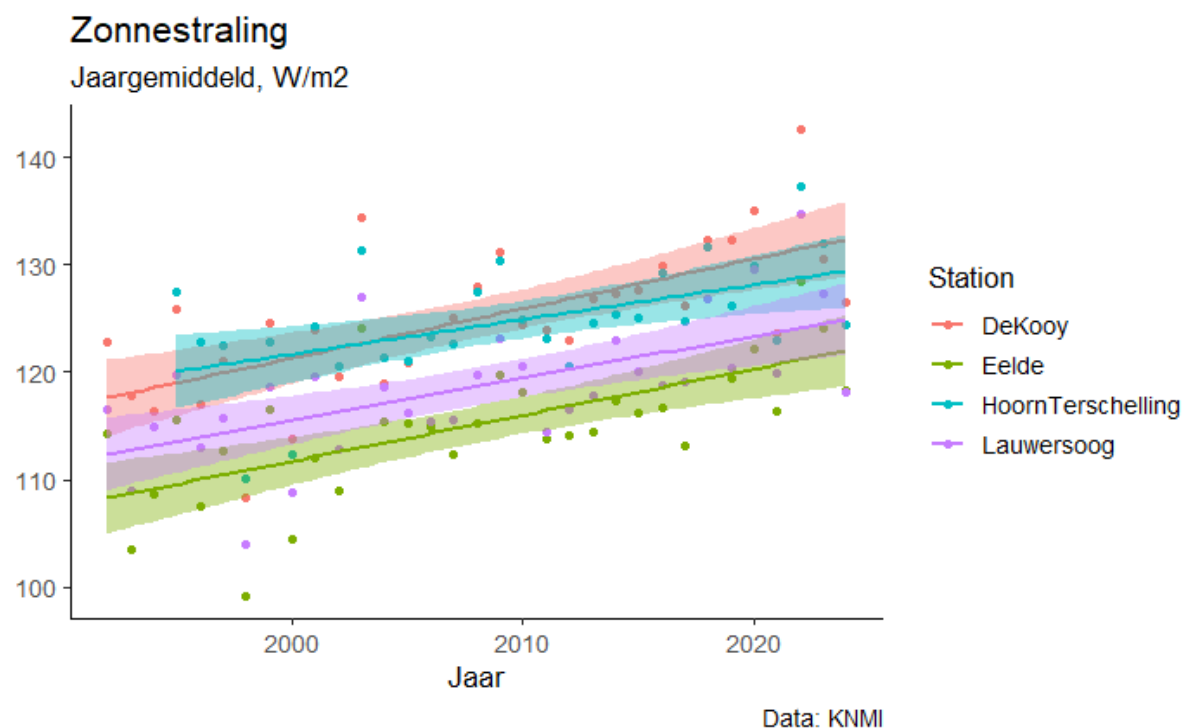
Dagwaarden voor globale straling (Q in $\text{J}/\text{cm}^2/\text{dag}$) worden eerst omgerekend naar W/m^2 , per maand gemiddeld en vervolgens per jaar. Maanden waarin 5 of meer metingen ontbreken wordt geïmputeerd door middel van een GAM. Dit speelt met name in Eelde (februari 1989 en december 1990, 8 en 9 dagen missend) en Hoorn Terschelling (oktober 2002; 10 dagen missend).

3.4.2 Trends en patronen



Figuur 42. Tijdreeksen van globale straling voor vier locaties rondom het Waddengebied.

Voor alle meetstations is een duidelijke trend in globale straling zichtbaar. Sinds ~ 1990 neemt de straling toe voor alle stations. Daarvoor wisselt het beeld: in De Kooy is de trend stabiel, maar in Eelde lijkt de jaarlijkse straling af te nemen alvorens ze weer toeneemt⁴⁰.



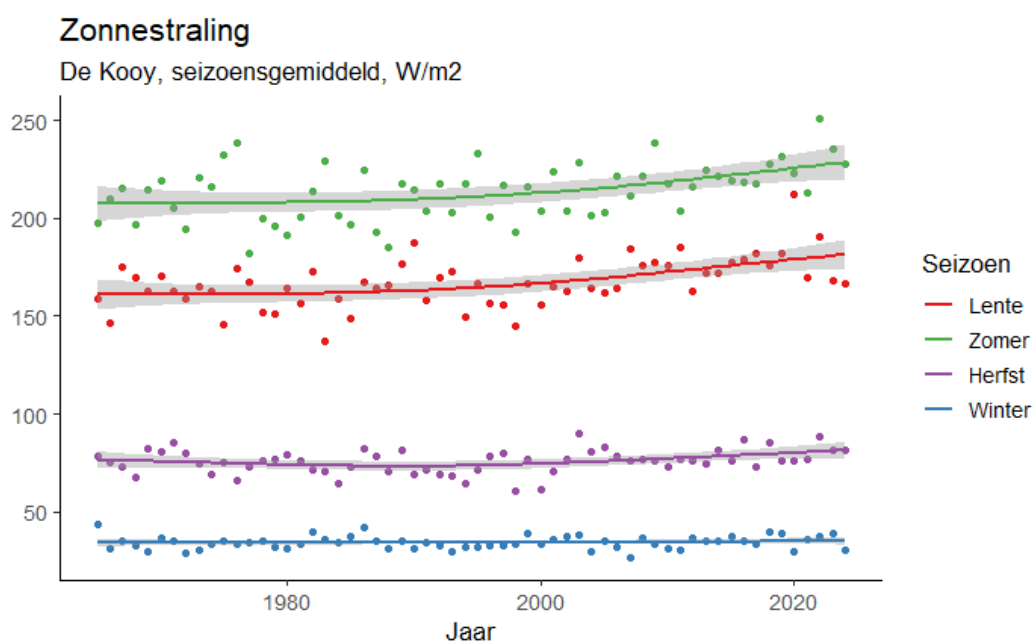
Figuur 43. Tijdreeksen van globale straling voor de gemeenschappelijke periode na 1992.

⁴⁰ Dit zou meer in detail bekeken dienen te worden. Een specifieke trendbeoordelingsmethodiek die passend is bij de gebruikte *smoothing* methode is momenteel nog in ontwikkeling bij het CBS.

Wanneer de globale straling vergeleken wordt gedurende de gemeenschappelijke periode na 1992 wordt voor de meeste stations een vergelijkbare trend gedetecteerd ($p < 0.001$) (Figuur 43). Terschelling heeft een iets lagere trend ($0.32 \text{ W/m}^2/\text{jaar}$) en significantie ($p < 0.01$), en De Kooy een iets hogere trend ($0.46 \text{ W/m}^2/\text{jaar}$) dan Lauwersoog en Eelde (0.39 en $0.43 \text{ W/m}^2/\text{jaar}$, respectievelijk).

Qua niveau ontvangen de locaties dicht bij de Noordzee (De Kooy en Terschelling) meer globale straling dan de twee locaties meer landinwaarts.

Vergelijken we de verschillende seizoenen, dan ontvangt De Kooy in zomer en lente logischerwijze meer straling dan in de herfst en winter (Figuur 44). De trend is het sterkst in de lente ($0.36 \text{ W/m}^2/\text{jaar}$; $p < 0.001$) en zomer ($0.35 \text{ W/m}^2/\text{jaar}$; $p < 0.001$). De trend in de herfst is veel zwakker ($0.09 \text{ W/m}^2/\text{jaar}$; $p \sim 0.05$). Voor de winter is er geen aantoonbare trend.



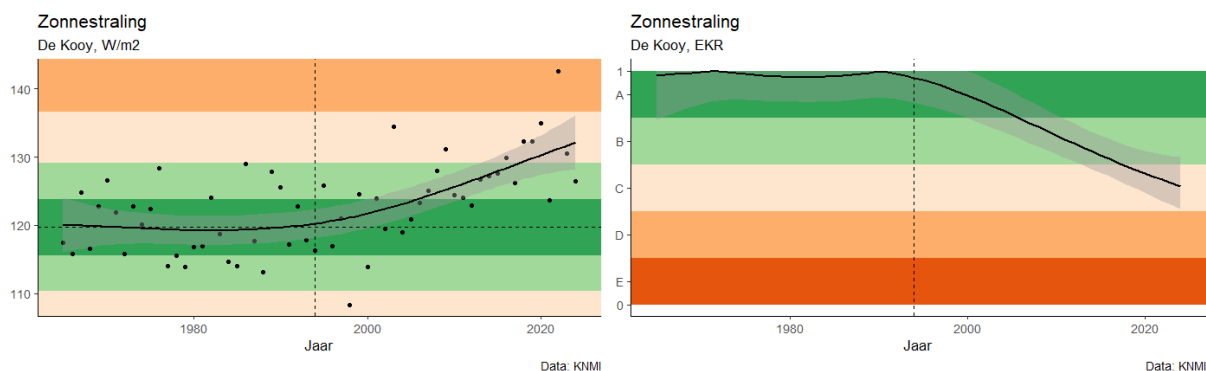
Figuur 44. Globale straling per seizoen in De Kooy.

3.4.3 Referentiewaarden

Vanwege de beperkte duur van de tijdreeks is de eerste 30 jaar (1964–1994) als referentieperiode gekozen. Het gemiddelde binnen deze periode is de referentiewaarde, en het 95% interval is gebruikt als GM grens. Afwijkingen ten opzichte van de referentie resulteren in een EKR die asymptotisch tot 0 nadert.

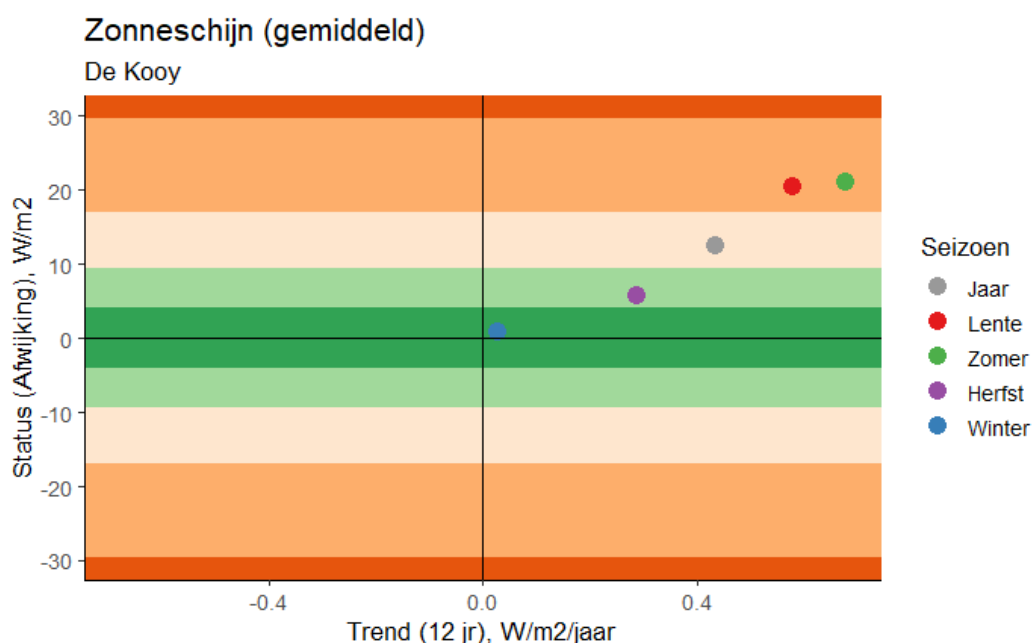
3.4.4 Resultaten

De toename in globale straling gedurende de laatste decennia resulteert bij toepassing van hier gebruikte systematiek in daling tot EKR klasse B vanaf 2006 en tot klasse C vanaf 2018.



Figuur 45. Trends in jaargemiddelde globale zonnestraling voor De Kooy, en bijbehorende EKR.

Tussen de seizoenen bestaan aanmerkelijke verschillen: lente en zomer zijn relatief meer zonnig geworden, en herfst en winter minder dan de jaarlijkse trend (Figuur 46).



Figuur 46. Status en trend in zonneshijn voor jaar- en seizoensgemiddelden.

3.4.5 Samenvatting, conclusies, discussie

Als gevolg van vooral een schonere lucht en dunnere bewolking is de hoeveelheid globale zonnestraling toegenomen⁴¹. Deze stijging is het sterks in lente en herfst.

Tabel 10. Samenvatting van indicator Windsnelheid.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Globale straling	Jaargemiddeld (W/m²)	De Kooy	0.51 (0.41 – 0.63)	C (B-C)	Onzeker	Toenemend	Verslechterend

⁴¹ <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/knmi-klimaatbericht-solar-radiation-trend-netherlands-toename-zonnestraling-nederland>

Discussiepunten

- De hier gevonden toename in zonnestraling is consistent met de landelijke trends, maar deze bredere context zou nader onderzocht moeten worden. In het KNMI Klimaatdashboard kunnen de trends voor Den Helder worden vergeleken met de landelijke trends (gemiddelde van de 5 hoofdstations). Hierbij valt op dat tussen 1965 en 2009⁴² de toename in straling in Den Helder (+8 W/m²) groter is dan landelijk (+6), en dat de verschillen voor de seizoenen nog groter zijn (+17 voor Den Helder vs +10 Landelijk, voor de Lente)

3.5 Watertemperatuur

3.5.1 Data en methoden

Dataselectie

Voor watertemperatuur zijn meerdere meetreeksen beschikbaar. Elk met hun specifieke eigenschappen.

- NIOZ meetreeks 't Horntje (Texel): maandelijks sinds 1861, en uurlijks vanaf 2002
- Rijkswaterstaat MWTL meetreeksen zoals ontsloten via waterinfo.nl

In de analyses die hier zijn gepresenteerd is enkel gekeken naar gemiddelde temperaturen, met een nadruk op langere tijdreeksen. In een vervolg zal ook worden ingegaan op extremen, zoals bijvoorbeeld de frequentie en duur van de overschrijding van ecologisch relevante drempelwaarden.

NIOZ langjarige meetreeks

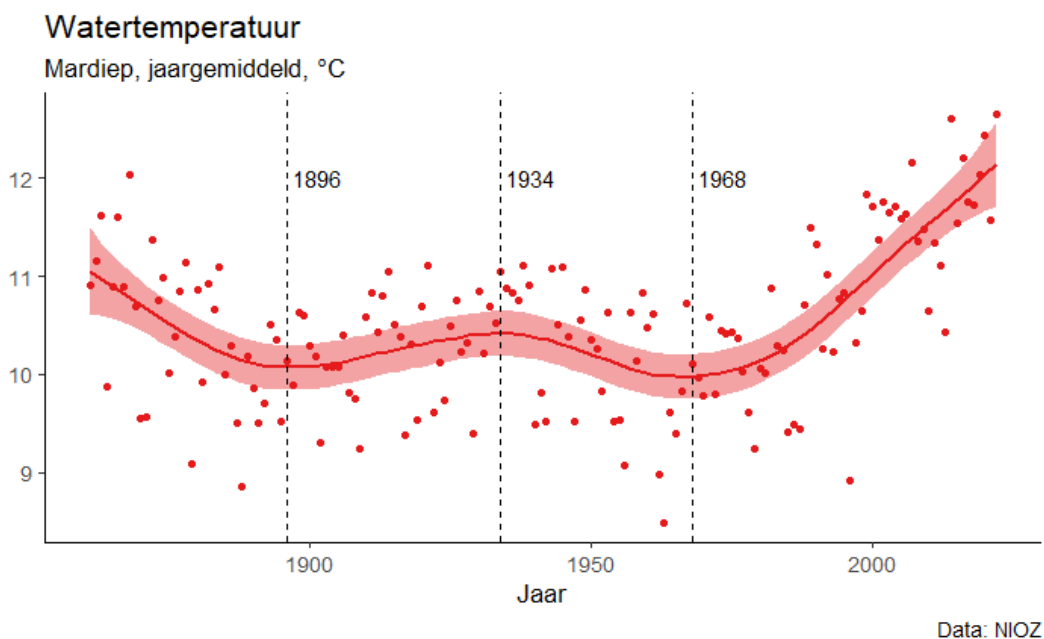
Voor de lange meetreeks van het Marsdiep (oorspronkelijk gestart in Den Helder en vervolgens voortgezet op Texel aan de noordzijde van dit zeegat) zijn de maandwaarden geaggregeerd tot jaarwaarden (rekenkundig gemiddelde). Hierbij is alleen gebruik gemaakt van jaren waarvoor data voor alle maanden beschikbaar waren (1861–2022⁴³).

Toepassing van een flexibel trendmodel (Visser, 2004; Visser et al., 2015) suggereert dat er sprake is van een zeker mate van cycliciteit: een (trendmatige) afkoeling tot ≈1896, opwarming tot 1934, afkoeling tot 1968 en vervolgens een doorgaande opwarming (Figuur 47). De magnitude van deze cycli is echter klein ten opzichte van de variatie tussen de jaren, en wellicht ook niet significant⁴⁴.

⁴² Het laatste jaar waar een trendwaarde voor beschikbaar is; het KNMI werkt met een andere smoothing techniek dan wij hier in de Staat.

⁴³ Dit hoofdstuk is nog niet ge-updated ten opzichte van Fase-1 rapport.

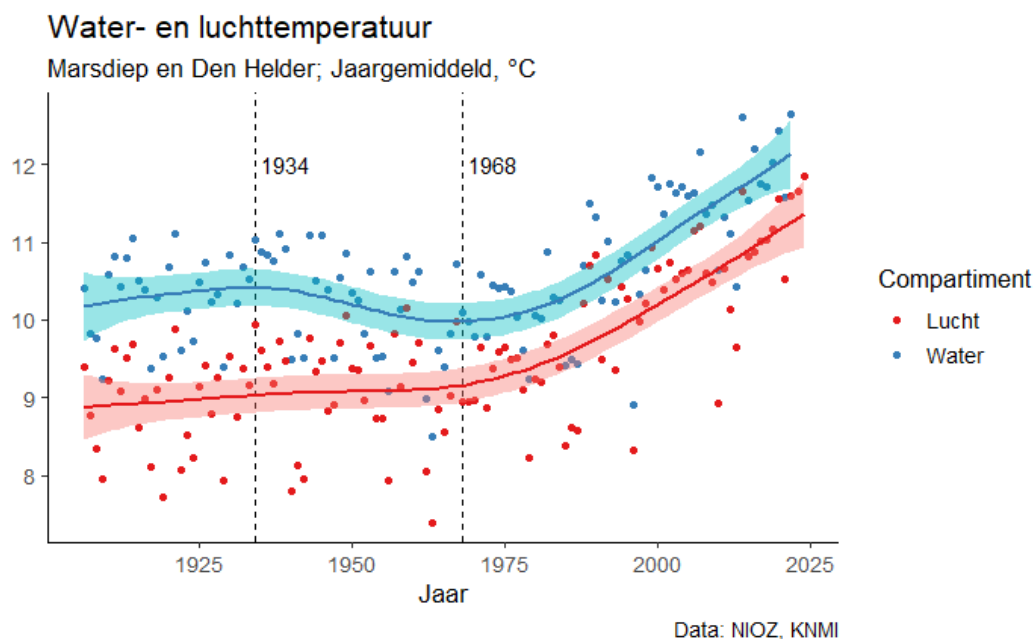
⁴⁴ Vooralsnog niet getest



Figuur 47. Jaargemiddelden (rode punten) en flexibele trend (rode lijn) met 95% betrouwbaarheidsinterval van de trend (grijze vlak) van de watertemperatuur in het Marsdiep (°C), het meest westelijke zeegat in de Waddenzee (oorspronkelijk gemeten in Den Helder, daarna vanaf Texel, en gecorrigeerd voor veranderingen in locatie en methodiek), in de periode 1861-2022. De verticale gestippelde lijnen geven overgangen tussen perioden van langjarige afkoeling en opwarming weer.

De opwarming van het zeewater in de Waddenzee zal voor een deel worden veroorzaakt door de lokale klimaatverandering (opwarming van de lucht) en voor deel door aanvoer van warmer (of eventueel kouder) water via stroming, grotendeels via de Noordzee. Ter illustratie is de NIOZ meetreeks van het Marsdiep dan ook vergeleken met de meetreeks voor luchttemperatuur in het nabijgelegen meteorologisch station De Kooy in Den Helder.

Ook hier zijn de gegevens (die vanaf 1096 op dagbasis beschikbaar zijn) geaggregeerd naar jaren. In de winter van 1944–1945 zit een gat in de meetreeks a.g.v. de Tweede Wereldoorlog, en deze jaren zijn daarom verder niet meegenomen (Figuur 48). De resultaten laten zien dat luchttemperatuur trendmatig gezien vrijwel constant is vanaf 1906 tot ≈1970, waarna een doorlopende fase van opwarming heeft ingezet.



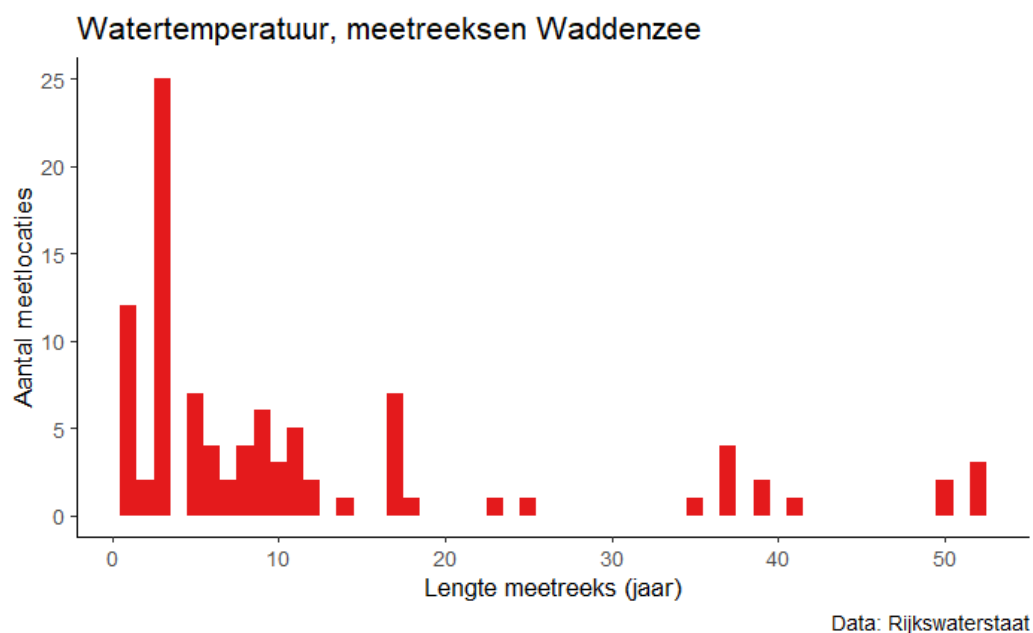
Figuur 48. Jaargemiddelden (punten) en trend (rode lijn) met 95% betrouwbaarheidsinterval van deze trend van de watertemperatuur (blauw, gemeten in het Marsdiep, Den Helder/Texel) en de luchttemperatuur (rood, gemeten op vliegveld De Kooy, Den Helder) in de periode 1901-2022. De verticale gestippelde lijnen geven de overgangen tussen perioden van langjarige afkoeling en opwarming weer.

De simultane opwarming van de lucht- en watertemperatuur sinds ≈ 1970 suggereren dat lokale klimaatverandering de oorzaak is van opwarming van de Waddenzee sinds dat moment. De fluctuaties in zeewatertemperatuur in de eerdere periode zouden dan wellicht eerder aan veranderingen in zeestromingen en de temperatuur van het aangevoerde water moeten worden toegeschreven⁴⁵.

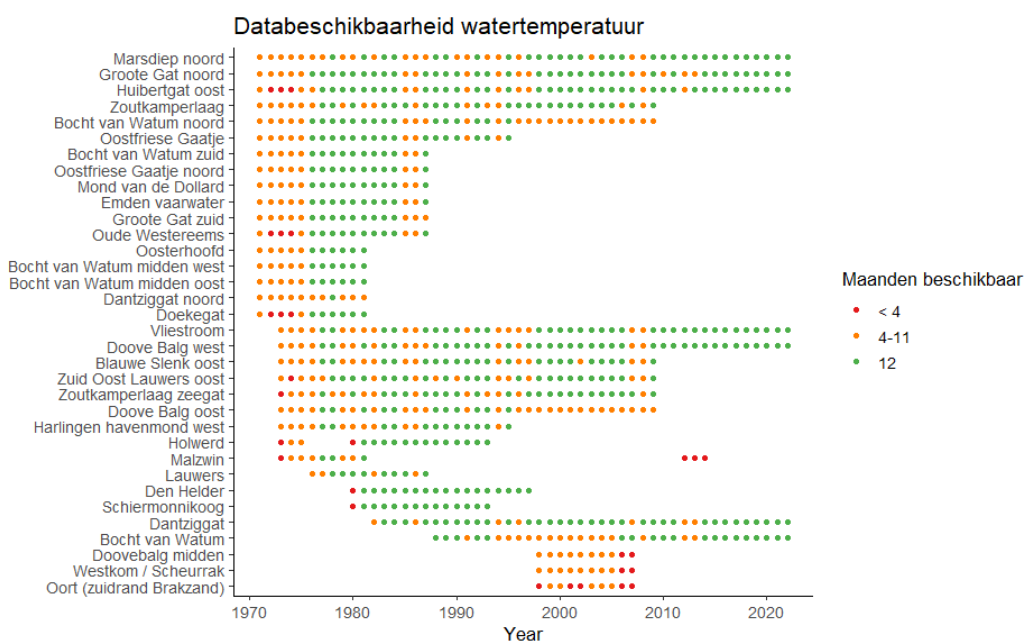
MWTL metingen

Naast de langjarige NIOZ meetreeks in het Marsdiep zijn er meerdere meetreeksen beschikbaar vanuit het MWTL programma van Rijkswaterstaat. De lengte van deze meetreeksen varieert onderling echter aanzienlijk: voor het merendeel (65%) van de meetstations zijn data voor slechts 10 jaar of minder beschikbaar (Figuur 49). Ook zijn niet voor alle tijdseries de gegevens voor alle maanden beschikbaar (Figuur 50).

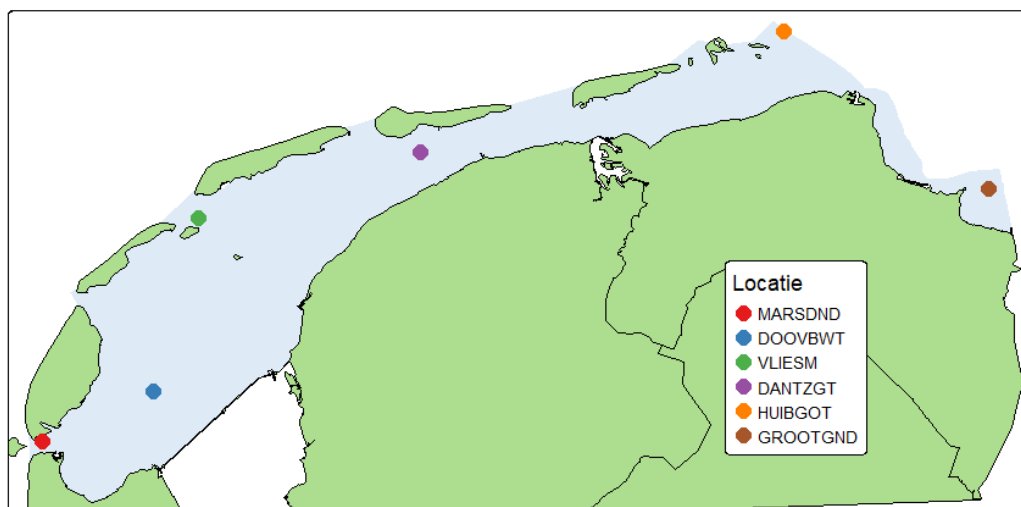
⁴⁵ Zie de discussie.



Figuur 49. Lengte van meetreeksen watertemperatuur voor de locaties van het MWTL programma van Rijkswaterstaat in de Waddenzee in de periode 1970-2022 (53 jaar).



Figuur 50. Maandelijks beschikbaarheid van watertemperatuur-data in de Waddenzee, voor alle meetlocaties met minstens 10 jaar aan data (zie Figuur 49).



Figuur 51. Ligging van MWTL meetlocaties voor zeewatertemperatuur met de beste databeschikbaarheid (langjarig + recent).

3.5.2 Referentiewaarden

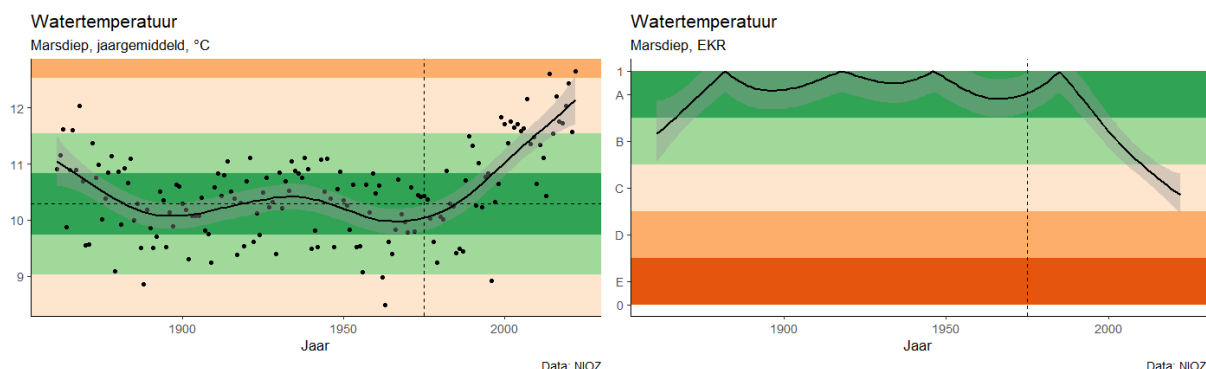
Voor jaargemiddelde zeewatertemperatuur in de Waddenzee bestaan geen a priori referentiewaarden op ecologische basis. Hooguit kan gesteld worden dat de biodiversiteit is aangepast aan de heersende omstandigheden, inclusief de daarbij behorende fluctuaties. Om deze reden wordt voor jaargemiddelde zeewatertemperatuur aangesloten bij het beginsel dat de pre-industriële, stabiele, laat-Holocene dynamiek als referentie wordt genomen. In de praktijk van deze *Staat* wordt dit in analogie met luchttemperatuur vertaald naar de periode van vóór 1975. Vervolgens wordt het gemiddelde gedurende deze periode als referentiewaarde genomen, en het 95% interval daaromheen als BC grens.

3.5.3 Resultaten

NIOZ langjarige meetreeks

De resultaten laten zien dat ondanks de fluctuaties in de langetermijntrend in watertemperatuur deze gedurende het grootste deel (1876–1996) van de meetperiode in EKR-klasse A valt. De recente opwarming leidt echter tot een lagere classificering als C vanaf 2011⁴⁶.

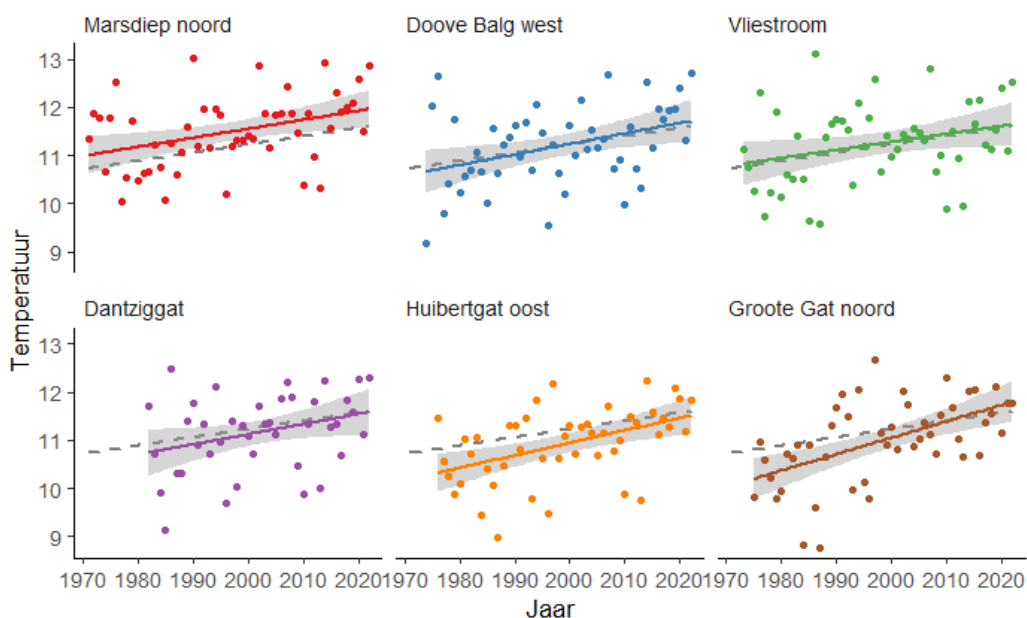
⁴⁶ Hierbij wordt wel opgemerkt dat watertemperatuur rond het begin van de meetreeks óók relatief hoger was. Zie de Discussie.



Figuur 52. Trend jaargemiddelde watertemperatuur in het Marsdiep, en bijbehorende EKR.

MWTL metingen

Voor de zes MWTL meetstations met de langste meetreeksen zijn (lineaire) trends berekend. Deze stations liggen goed verdeeld over gehele Waddenzee (Figuur 51). Voor alle meetlocaties is de trend significant ($p < 0,05$) toenemend (Figuur 53).



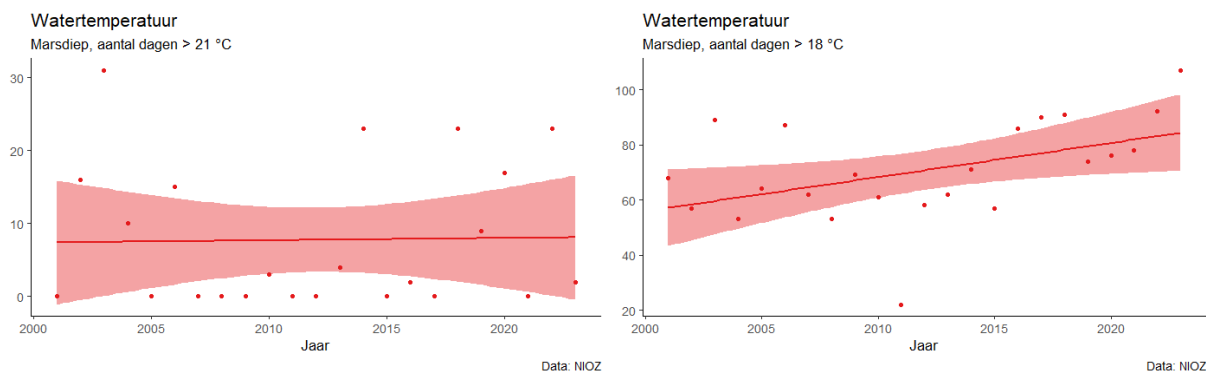
Figuur 53. Jaarlijkse gemiddelden (punten) en lineaire trends (gekleurde lijn) met 95% betrouwbaarheidsinterval (grijs vlak) in zeewatertemperatuur (°C) voor de zes MWTL locaties met de langste tijdreeksen (zie Figuur 51 voor de ligging van de locaties). De grijs gestreepte lijn is de *overall* lineaire trend voor deze zes stations.

3.5.4 Extremen

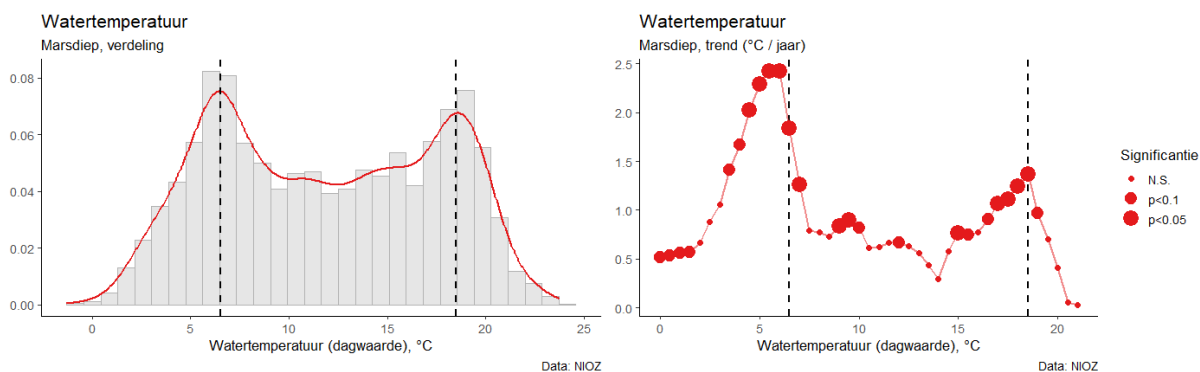
Vanuit de Kaderrichtlijn Water (KRW) geldt dat daggemiddelde watertemperatuur beoordeeld dient te worden. Voor de Waddenzee (watertype K2) geldt dat deze *Zeer Goed* is bij een temperatuur van ≤ 21 °C, en de GM grens ligt op 25 °C.

Voor de periode 2001–2023 zijn uurlijkse metingen beschikbaar die kunnen worden geaggregeerd naar dagwaarden. Uit analyse van deze metingen blijkt dat de grenswaarde van 25 °C geen enkele dag wordt overschreden. De grenswaarde van 21 °C (*Zeer Goed–Goed*) wordt wél regelmatig overschreden. Er blijkt binnen de hier geanalyseerde periode echter geen trendmatige ontwikkeling te zijn in het aantal dagen dat deze grens wordt overschreden (Figuur 54, links).

De seizoensdynamiek van watertemperatuur leert dat de verdeling van dagwaarden bimodaal is met maxima voor typische zomer en winter temperaturen, 6,5 °C en 18,5 °C. Een systematische scan van de trends in het aantal dag een bepaalde temperatuur wordt overschreden leert dat trends hierin vooral sterk zijn voor temperaturen die net onder deze typische winter en zomerwaarden liggen (Figuur 55). Bij een drempelwaarde van 18 °C is in tegenstelling tot 21 °C wél een duidelijke trend zichtbaar (Figuur 54, rechts).



Figuur 54. Trend in het aantal dagen per jaar waarin in het Marsdiep een drempelwaarde van 21 °C, respectievelijk 18 °C wordt overschreden.



Figuur 55. Links: verdeling van de afzonderlijke daggemiddelde watertemperatuur in het Marsdiep. Rechts: trends in het aantal dagen waarin de aangegeven temperatuur wordt overschreden. De verticale streeplijnen geven de pieken aan van de bimodale temperatuurverdeling (6,5 °C, 18,5 °C)

3.5.5 Samenvatting, conclusies, discussie

Als gevolg van klimaatverandering wordt het water van de Waddenzee gemiddeld genomen steeds warmer. Ook neemt het aantal dagen waarin bepaalde drempelwaarden worden overschreden toe. Deze trend is het sterkst voor een drempelwaarde van 18 °C.

Voor een hogere drempelwaarde van 21 °C (ondergrens KRW-beoordeling *Zeer Goed*) is geen trend aangetoond. De KRW *Goed–Matig* drempelwaarde van 25 °C wordt in geen enkel geval gehaald.

Tabel 11. Samenvatting van indicator Watertemperatuur.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Watertemperatuur	Jaargemiddeld, °C	Marsdiep	0.47 (0.39 – 0.56)	C (C-D)	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
	Aantal dagen > 18 °C		0.70 (0.55 – 0.88)	B (A-C)	Onzeker	Toenemend	Verslechterend
	Aantal dagen > 21 °C		0.93 (0.73 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten

- Watertemperatuur en luchttemperatuur kennen een vergelijkbare langjarige dynamiek behalve in de periode tussen ~1934 en ~1968 waarin sprake was van een lichte *afkoeling*. Gezien de gevoeligheid van watertemperatuur voor (veranderingen in) zeestromingen, en dus herkomst en achtergrondtemperatuur van zeewater, ligt het voor de hand als werkhypothese te veronderstellen dat de aanleg van de afsluitdijk (1934) hier een bepalende invloed heeft gehad. Vervolgens lijkt het logisch te veronderstellen dat vanaf ~1970 de antropogene klimaatverandering het effect van de afsluitdijk maskeert. Beide hypothesen zouden nader onderzocht kunnen worden.
- De trend in watertemperatuur in het Marsdiep (NIOZ data) lijkt sterker te zijn dan de trend in de MWTL meetpunten. Dit dient nader onderzocht te worden.
- Binnen de systematiek van de Kaderrichtlijn Water wordt een daggemiddelde temperatuur van 25 °C gebruikt als GM grenswaarde. Uit de hoge-resolutie meetreeksen in het Marsdiep blijkt deze waarde echter geen enkele keer wordt overschreden. Bij lagere drempelwaarden worden wel trends gedetecteerd. Aanbevolen wordt om de analyse van extremen waar mogelijk toe te passen op de MWTL locaties. Het beperkte aantal metingen (doorgaans tweewekelijks in de zomer) lijkt hierbij wel een beperkende factor.
- MWTL temperatuurbedata lijken een andere trend te vertonen dan de NIOZ data. Vooral de oudere MWTL metingen lijken systematisch warmer dan de NIOZ metingen. Dit zou nader onderzocht moeten worden.

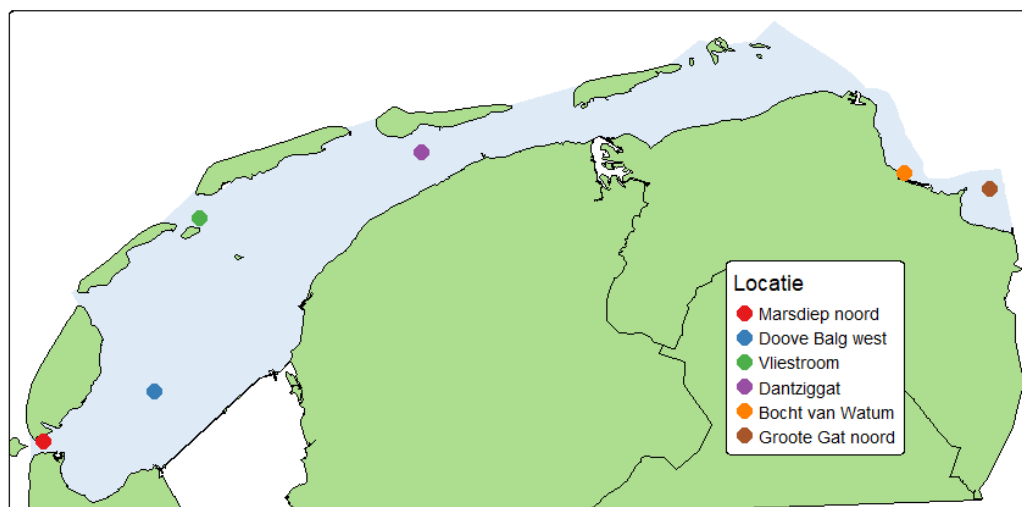
3.6 Zoutgehalte

3.6.1 Data en methoden

Er zijn drie datasets met saliniteitsmetingen beschikbaar voor de Waddenzee.

- MWTL. Binnen de Waddenzee zijn in totaal 44 locaties in gebruik (geweest). Voor dit rapport zijn de 6 locaties gebruikt waar langdurige meetreeksen die tot 2023 doorlopen beschikbaar zijn (zie Figuur 56). Deze metingen hebben een frequentie van 1 tot 2 maal per maand.
- NIOZ. Voor de steiger bij het NIOZ zijn twee meetreeksen beschikbaar: een langjarige meetreeks (vanaf 1861) met maandwaarden (op basis van dagelijkse metingen om 8:00) en een kortere reeks (vanaf 2001) met uurwaarden. In deze rapportage is alleen de reeks met maandwaarden gebruikt⁴⁷.

⁴⁷ Nota Bene: deze meetreeks is een compositie van twee oorspronkelijke meetreeksen. Tot 1962 werd temperatuur en zoutgehalte in Den Helder gemeten, en vanaf 1947 op Texel. De overlappende periode 1947–1962 is vervolgens gebruikt om omrekenfactoren te bepalen waarmee één enkele gehomogeniseerde tijdreeks kan worden verkregen. In de door het NIOZ beschikbaar gestelde dataset lijkt echter voor de versie “Texel (‘t Horntje)” iets mis gegaan te zijn met deze omrekening. In dit rapport is dan ook de versie “Den Helder” gebruikt.

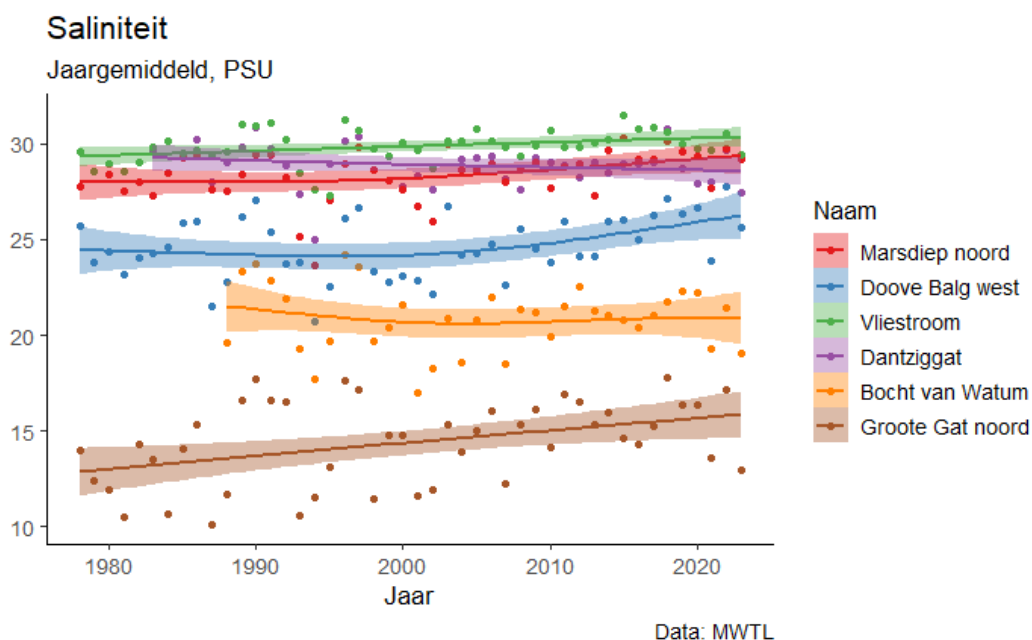


Figuur 56. MWTL Meetlocaties voor zoutgehalte.

Methodologie

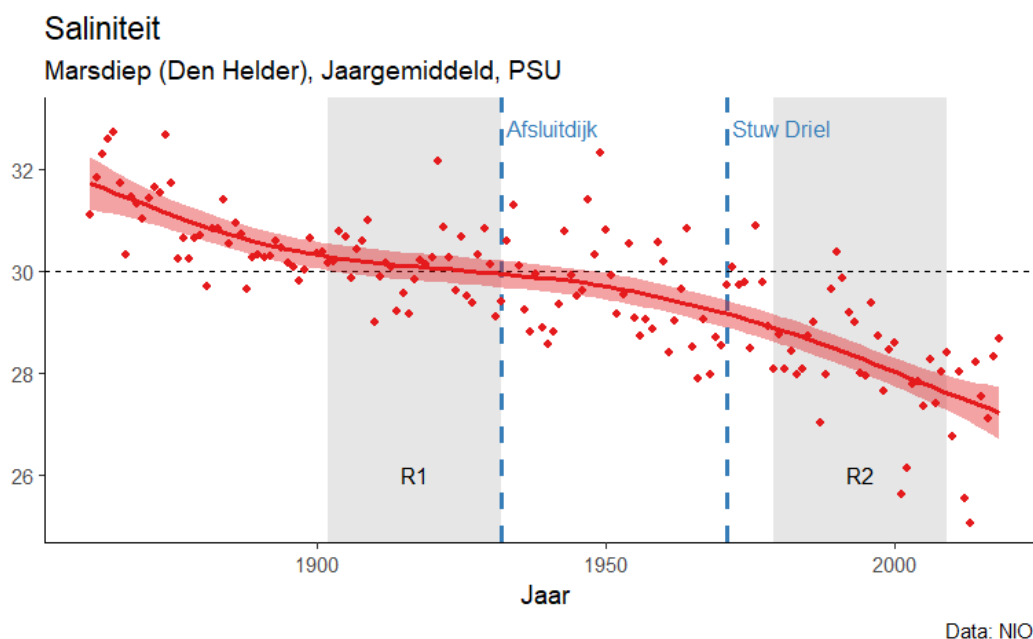
Per locatie zijn maanden zonder geldige meetwaarden geïmputeerd met een GAM, zie paragraaf 2.3.1).

Trends en patronen.



Figuur 57. Tijdreeksen van zoutgehalte voor 6 locaties in de Waddenzee.

Het zoutgehalte in de Waddenzee is (begrijpelijkerwijs) het hoogst in of nabij de zeegaten (Marsdiep; Vliestroom; Dantziggat) en het laagst nabij de Eem-monding (Groote Gat Noord, Bocht van Watum). Voor de meeste locaties zijn de trends minimaal. Er is een lichte toename in met name Doove Balg west en Groote Gat noord.



Figuur 58. Tijdreeks van zoutgehalte zoals gemeten in het Marsdiep bij Den Helder. De grijze balken geven twee mogelijke referentieperioden aan: de dertig jaar voorafgaand aan de aanleg van de Afsluitdijk (R1), of voorafgaand aan de instelling van de UNESCO werelderfgoedstatus in 2009 (R2). De blauw gestreepte lijnen geven relevante ingrepen in de waterhuishouding van de (westelijke) Waddenzee aan: de aanleg van de Afsluitdijk in 1932 en de aanleg van een stuwencomplex bij Driel in 1971.

De langjarige meetreeks zoals gemeten bij de NIOZ steiger laat een complex patroon zien waarbij sprake is van een voortschrijdende verzoeting, welke wordt versneld door de aanleg van een stuwencomplex in de Nederrijn bij Driel in 1971. Hierdoor stroomt er sindsdien relatief meer water door de IJssel, wat leidt tot een verzoeting van in ieder geval het westelijke deel van de Waddenzee (van Aken, 2008).

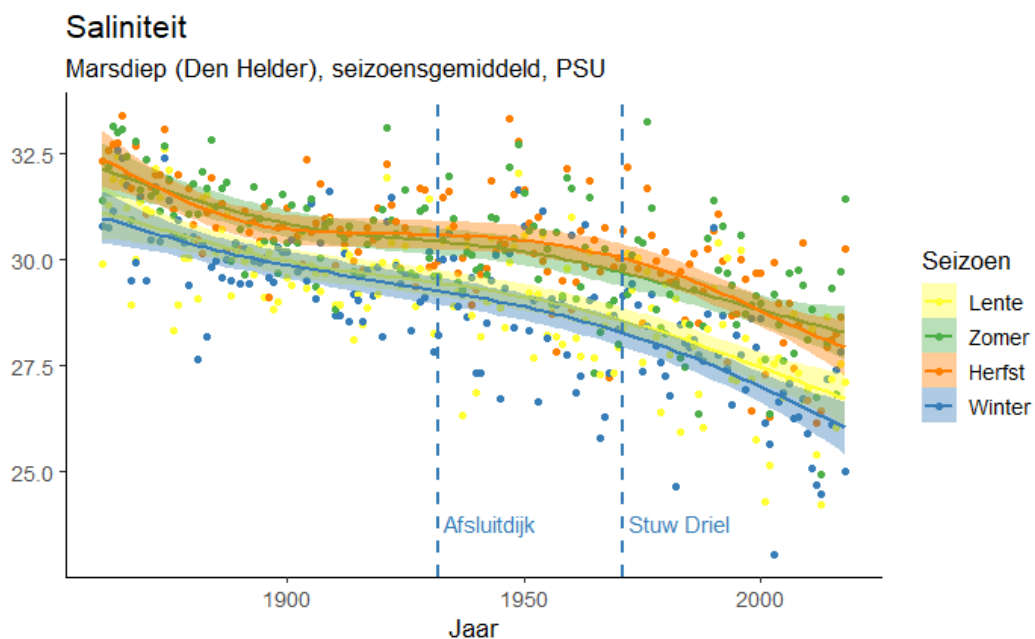
In Figuur 58 zijn hierbij twee mogelijke referentieperioden weergegeven:

1. De 30 jaar voorafgaand aan de bouw van de Afsluitdijk (1932).
2. De 30 jaar voorafgaand aan de instelling van de Werelderfgoedstatus (2009).

In deze versie van de *Staat* kiezen we voor de eerste periode, omdat deze het beste aansluit bij de oorspronkelijke natuurlijke condities.

Seizoenen

Voor de locatie NIOZ is de ontwikkeling van saliniteit uitgesplitst naar seizoen. Wat opvalt is dat na aanleg van de Afsluitdijk (1932) het verschil tussen winter/lente en zomer/herfst toeneemt. Na aanleg van de stuwen bij Driel lijkt de verzoeting in Winter en Herfst sneller te verlopen dan in de Zomer en Lente.



Figuur 59. Tijdreeks van zoutgehalte in het Marsdiep bij Den Helder, uitgesplitst naar seizoenen. De blauw gestreepte lijnen geven de aanleg van de Afsluitdijk in 1932 en van het stuwencomplex bij Driel in 1971 aan.

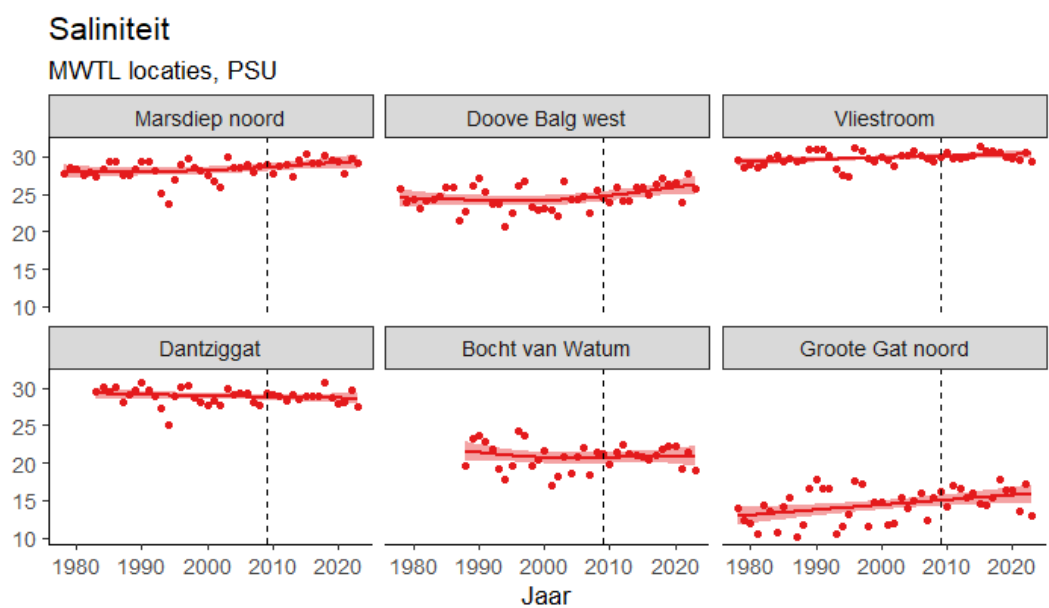
3.6.2 Referentiewaarden.

We gebruiken voor de MWTL datasets een historische referentie: de periode vóór 2009 (instelling Werelderfgoedstatus), en beoordelen de trends op basis van de variatie binnen deze periode.

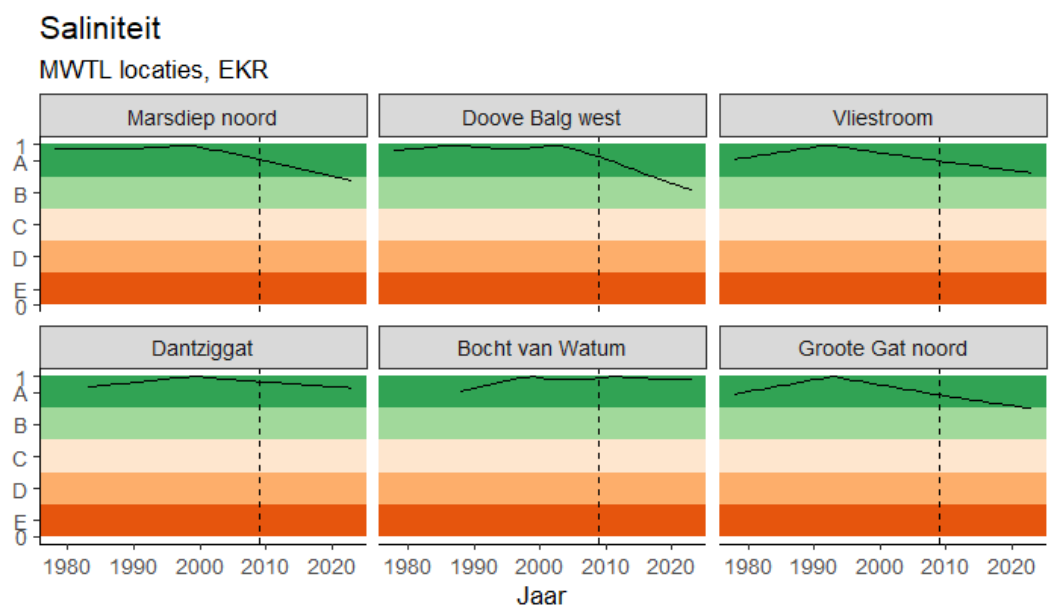
Voor de langere NIOZ meetreeks gebruiken we ter vergelijking ook de vroegere periode (vóór 1932, aanleg van de Afsluitdijk).

3.6.3 Resultaten

De EKR-klassen van alle MWTL locaties zijn A of B. Opvallend is dat de lagere B classificaties vooral voorkomen in de meest westelijke locaties (Marsdiep; Doove Balg) en in de meest oostelijke (Groote Gat). Op de ze laatste locatie is de verzilting het sterkst. Dat de EKR desondanks nog relatief hoog uitvalt, kan worden verklaard door de grote jaar-op-jaar variatie op deze locatie, waardoor de EKR klassegrenzen hier relatief groot zijn.

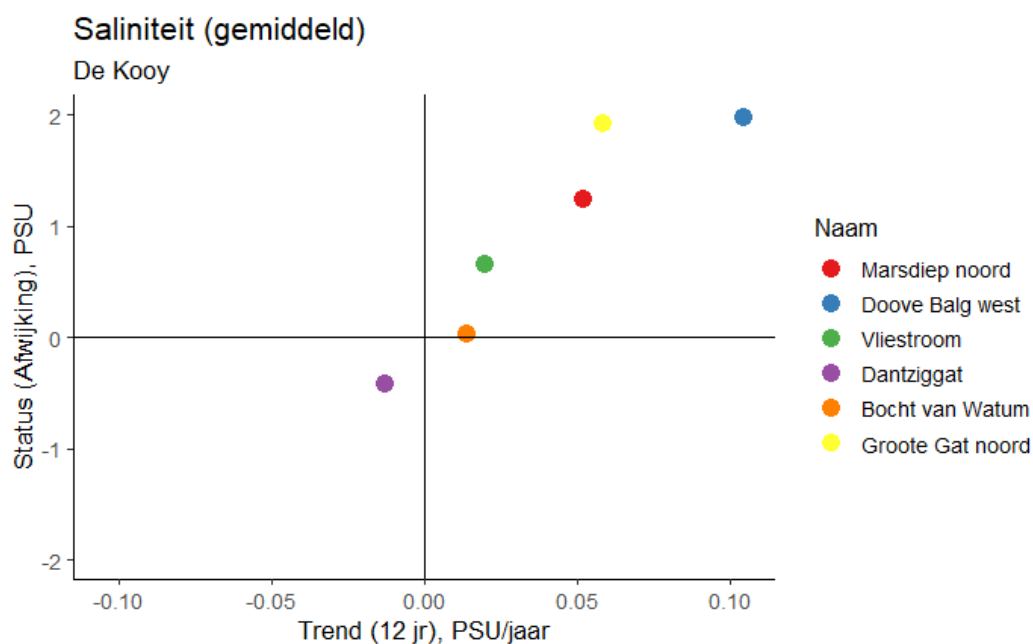


Data: MWTL



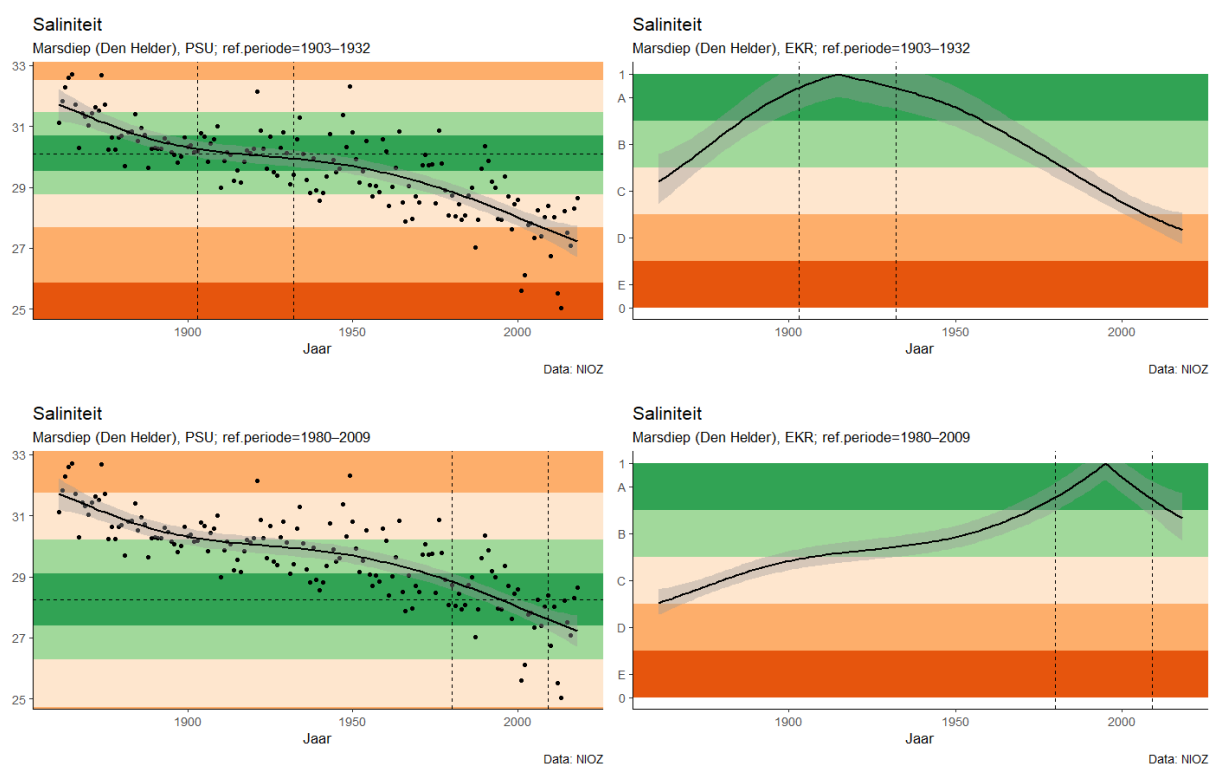
Data: MWTL

Figuur 60. Zoutgehalte (boven) en EKR's (onder) in de Waddenzee (MWTL meetlocaties). De verticale streeplijn markeert het einde van de referentieperiode (2009).



Figuur 61. Waddenkwadrant voor zoutgehalte.

Voor de langere reeks zoals bij de NIOZ steiger gemeten ligt de berekening van de EKR iets ingewikkelder, aangezien we daar twee mogelijke referentieperiodes onderscheiden.



Figuur 62 Tijdreeksen van zoutgehalte en bijbehorende EKR beoordeling voor het Marsdiep bij Den Helder. Voor twee mogelijke referentieperiodes: 30 jaar vóór 1932 (boven) of 30 jaar vóór 2009 (onder).

Voor de meetlocatie in het Marsdiep is het niet op voorhand vastgesteld welke referentieperiode het meest passend is. Afhankelijk welke keuze hier gemaakt wordt valt de EKR in de klasse D of B. Hier wordt om zo veel mogelijk consistent te zijn met de analyse van andere langlopende meetreeksen de keuze gemaakt om te kiezen voor de periode voor de aanleg van de Afsluitdijk.

3.6.4 Samenvatting, conclusies, discussie

De verschillende meetreeksen voor zoutgehalte laten een wisselend beeld zien. De lange tijdreeks van het NIOZ laat een voortdurende *verzoeting* van het Marsdiep zien, terwijl de MWTL meetlocaties in enkele gevallen (Doove Balg, Groote Gat) juist een *verzilting* laten zien. Door een verschil in lengte van de verschillende meetprogramma's is het lastig om toestand en trend te beoordelen. Bij de korte tijdreeksen (MWTL) leiden de trends in combinatie met de jaar-op-jaar variatie al snel tot een indeling in EKR klassen A en B, terwijl bij gebruik van de 'natuurlijke' referentie R1 (pre-afsluitdijk) de beoordeling veel lager uitval (EKR klasse D).

Tabel 12. Samenvatting van indicator Zoutgehalte.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Saliniteit (NIOZ)	Jaargemiddeld, PSU	Marsdiep (R1)	0.33 (0.27 – 0.41)	D (C-D)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Marsdiep (R2)	0.76 (0.67 – 0.87)	B (A-B)	Voldoende	Afnemend	Verslechterend
— (MWTL)		Marsdiep noord	0.78 (0.65 – 0.94)	B (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Doove Balg west	0.72 (0.58 – 0.88)	B (A-C)	Onzeker	Toenemend	Verslechterend
		Vliestroom	0.83 (0.72 – 0.95)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Dantziggat	0.93 (0.80 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Bocht van Watum	0.98 (0.82 – 1.00)	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Groote Gat noord	0.80 (0.70 – 0.92)	B (A-B)	Voldoende	Toenemend	Verslechterend

Discussiepunten

- Tussen 1947 en 1962 zijn de metingen van zoutgehalte en watertemperatuur verplaatst van Den Helder naar Texel. Naar het zich laat aanzien zijn er nog enkele problemen met het harmoniseren van deze dataset.
- Het verschil in trend tussen NIOZ en MWTL metingen dient nader onderzocht te worden.
- De moderne NIOZ metingen hebben een temporele resolutie van één uur. Er zou onderzocht kunnen worden op welke manier hier indicatieve informatie aan ontleend kan worden.

3.7 Zeespiegel

(Relatieve) zeespiegelstijging, door klimaatverandering, autonome geologische ontwikkelingen (bodemdaling) en menselijke activiteiten, wordt gezien als één van de meest relevante drukfactoren die de in de Waddenzee voorkomende en Europees beschermde habitats bedreigen⁴⁸. Aan de andere wordt in de recente ecologische evaluatie van het Natura 2000 beheerplan voor de Waddenzee (Heidinga *et al.*, 2023) geconcludeerd dat de toename van waterdiepte door zeespiegelstijging voornamelijk in het algemeen wordt gecompenseerd door de aanvoer van sediment.

3.7.1 Data en methoden

Dataselectie

Waterhoogtemetingen zoals gemeten door Rijkswaterstaat zijn vanuit de Digitale Systeemrapportage (DSR) beschikbaar voor 13 locaties in en rondom de Waddenzee. In deze analyse gewerkt met de 9 locaties waar voor minstens 40 jaar metingen beschikbaar zijn. De langste meetreeksen zijn voor Den Helder (vanaf 1851), Harlingen (vanaf 1877), Delfzijl (vanaf

⁴⁸ Drukfactor "N04 - Sea-level and wave exposure changes due to climate change" is in de meest recente Artikel 17 rapportage van de Habitatrichtlijn vermeldt als een "Medium" of "high importance" drukfactor of bedreiging voor zes van de zeven meest kustgebonden habitats waarvoor het gebied is aangewezen (H110 t/m H220).

1979) en West-Terschelling (vanaf 1922). Voor deze locaties zijn Gemiddeld Hoogwater (GHW) en Gemiddeld Laagwater (GLW) beschikbaar.

Daarnaast is Gemiddeld zeeniveau voor 4 locaties op internationaal geharmoniseerde wijze beschikbaar vanuit de *Permanent Service for Mean Sea Level* (PSMSL)⁴⁹, onderdeel van het Britse National Oceanography Centre (NOC)⁵⁰.

Methodologie

Om zowel de GHW en GLW zeespiegeldata uit de Digitale systeemrapportage, en de jaargemiddelden uit de PSMSL te kunnen gebruiken is de verdere analyse beperkt tot de gemeenschappelijke tijdsperiode (1877–2020) en de 4 gemeenschappelijke meetstations, waarvan West-Terschelling bij het berekenen van EKR indicatoren afvalt vanwege een latere startdatum.

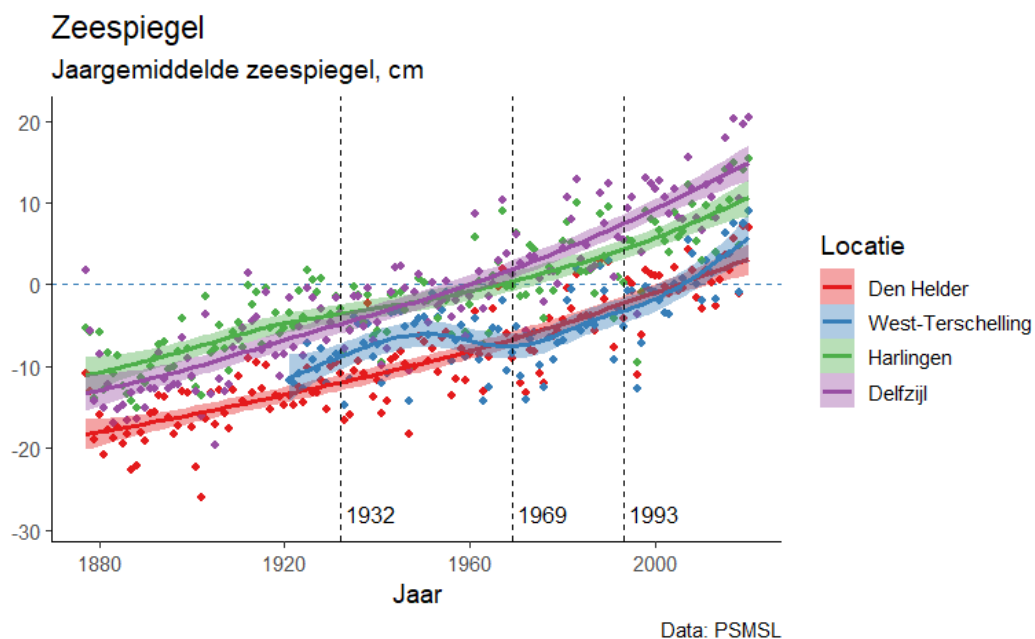
In 2005 zijn de zogenaamde nulpalen van het NAP (Nieuw Amsterdams Peil) opnieuw ingemeten. Hieruit bleek dat door voornamelijk geologische oorzaak de nulpalen in het Waddengebied met enkele mm gedaald zijn ten opzichte van het referentiepunt op de Veluwe. GLW en GHG tijdreeksen zijn gecorrigeerd voor deze aanpassing, die varieert tussen 6,5 mm (Harlingen) en 21,4mm voor West-Terschelling (Dillingh, 2013). De PSMSL data zijn al gecorrigeerd voor de verandering in NAP.

3.7.2 Trends en patronen.

Analyse van de jaargemiddelde zeespiegelstand laat over het algemeen een doorgaande stijging zien, met daar bovenop een dynamiek die deels aan een aantal grote ingrepen in het gebied kunnen worden toegeschreven. De aanleg van de Afsluitdijk in 1932 heeft een aantoonbare invloed op de zeespiegel, met name in het meest dichtbij gelegen meetstation Harlingen, waar de stijging na aanleg tijdelijk vertraagd. Bij West-Terschelling lijkt vanaf de jaren 50 de zeespiegel licht te dalen, volgens de DSR waarschijnlijk het gevolg van geulverdieping en -verlegging. Deze trend wordt na afsluiting van de Lauwerszee in 1969 gekeerd. De laatste decennia is er op landelijk schaal aantoonbaar sprake van een versnelling van de zeespiegelstijging, van 1,9 mm/jaar naar 2,9 mm/jaar (Stolte *et al.*, 2023). De trendbreuk wordt hierbij door Deltares geplaatst in 1993.

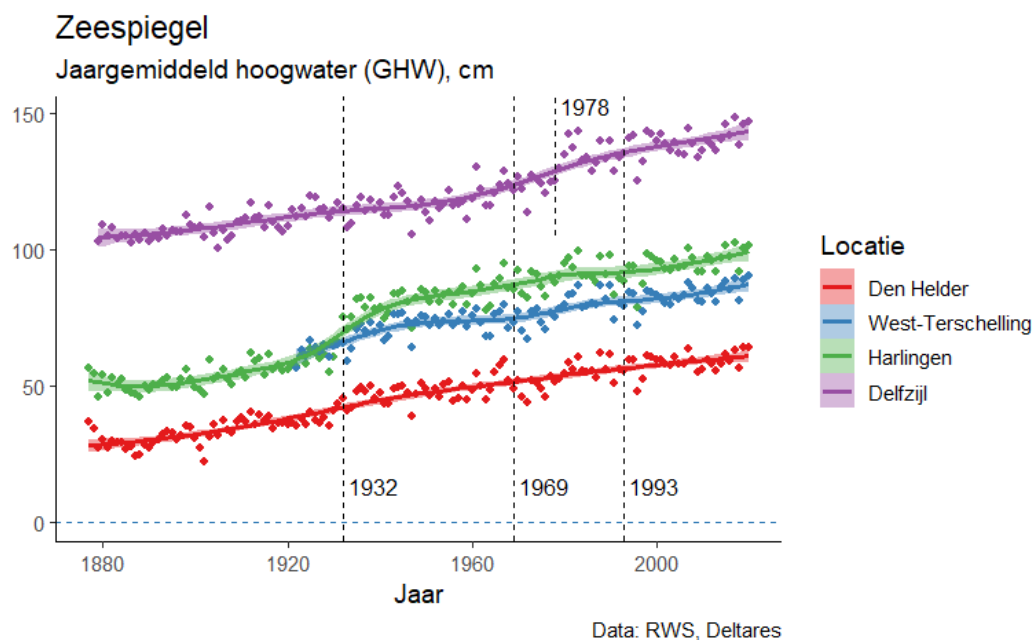
⁴⁹ <https://psmsl.org/>

⁵⁰



Figuur 63. Tijdreeks van jaargemiddelde zeespiegelstand voor vier locaties in de Waddenzee. Verticale stippellijnen geven de aanleg van de Afsluitdijk (1932) aan, de afsluiting van de Lauwerszee (1969), en de start van de landelijke versnelling in zeespiegelstijging (1993).

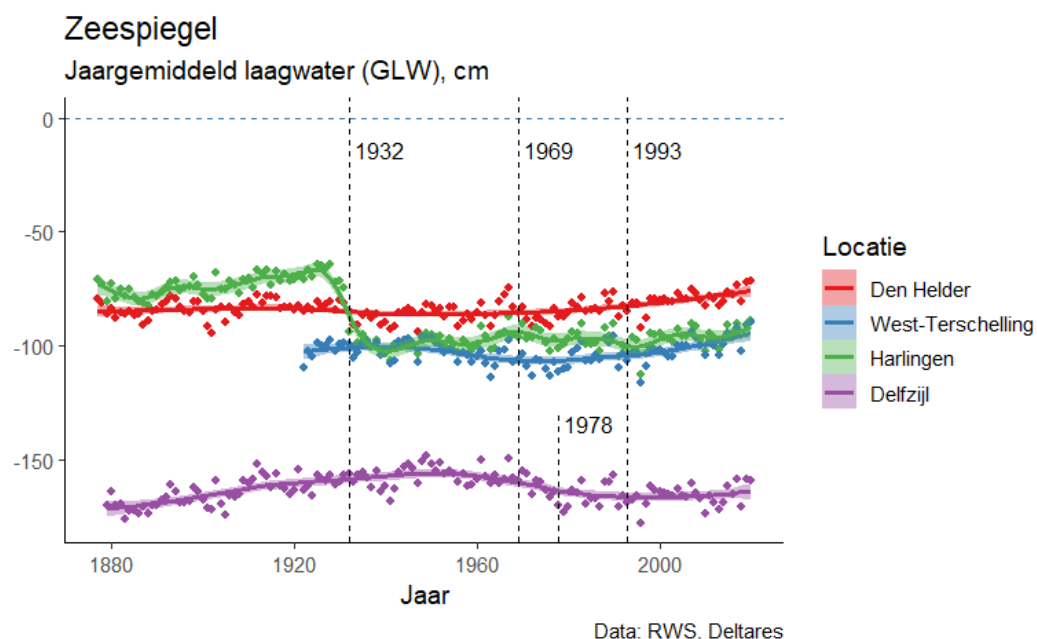
Ook voor de het gemiddelde hoogwater (GHW) zijn doorgaande stijgingen te zien, waarbij opvalt dat er een sterke toename GHW rond 1932 als gevolg van de aanleg van de afsluitdijk zichtbaar is in Harlingen, en in (veel) mindere mate in Den Helder. Een soortgelijke sprong is zichtbaar in Delfzijl eind jaren 70 als gevolg van de verdieping van vaargeulen.



Figuur 64. Tijdreeks van jaargemiddeld hoogwater (GHW) voor vier locaties in de Waddenzee. Verticale stippellijnen geven dezelfde ingrepen aan als in het vorige figuur, aangevuld met een indicatie van grootschalige havenverdiepingen bij Delfzijl eind jaren 70.

De tijdreeksen voor gemiddeld laagwater (GLW) geven een totaal ander beeld. Ten eerste zijn de trends hierin veel zwakker, en ten tweede is de (dalende) sprong in GLW in Harlingen als gevolg

van de aanleg van de Afsluitdijk hier veel sterker. Ook de afname van GLW in Delfzijl is hier zichtbaar, maar lijkt eerder in te zetten dan de toename in GHW.



Figuur 65. Tijdreeks van jaargemiddeld laagwater (GLW) voor vier locaties in de Waddenzee. Verticale stippellijnen als in vorige figuur.

3.7.3 Referentiewaarden

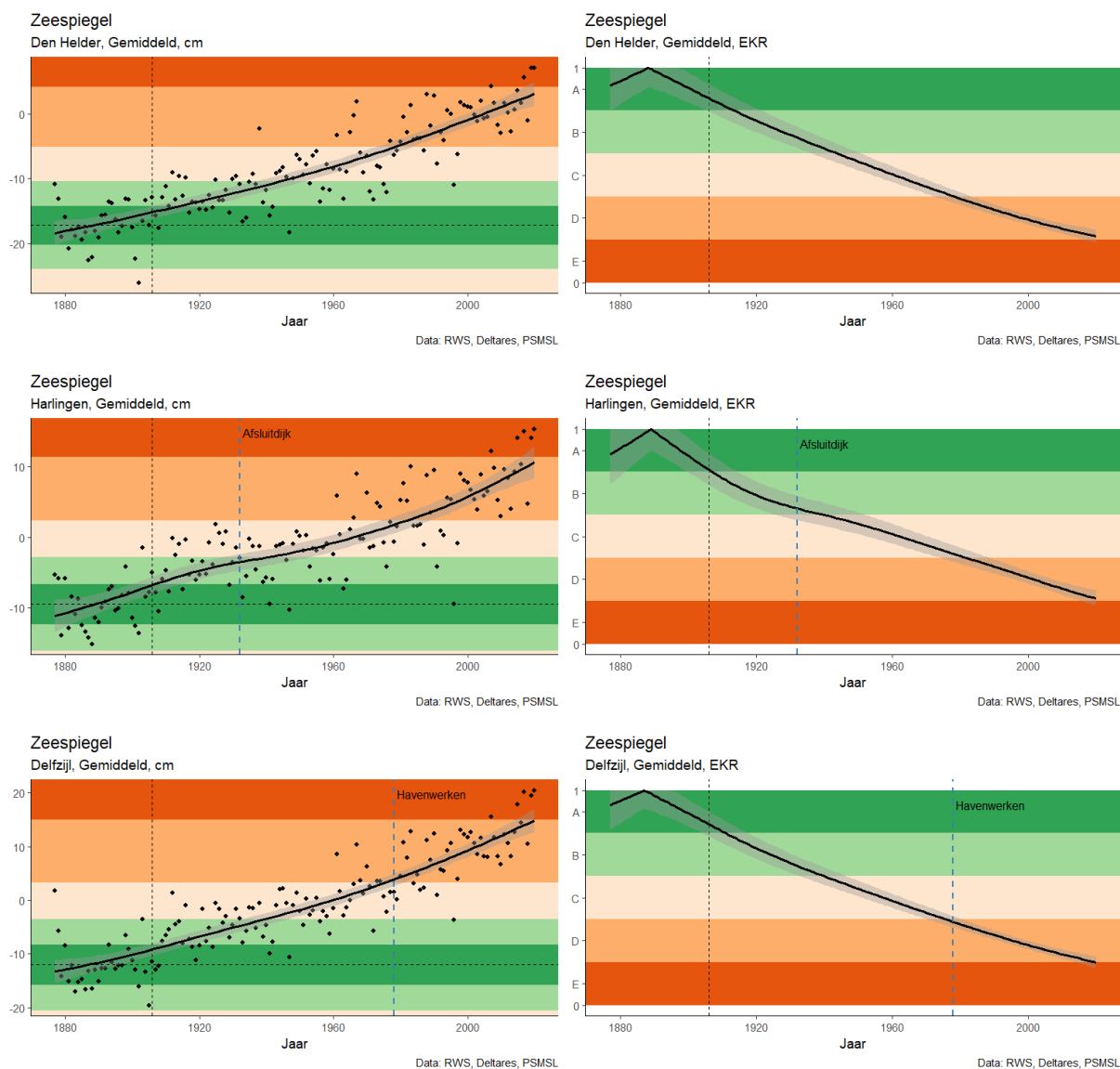
Alhoewel op geologische tijdschalen zeespiegelstijging als gevolg van de afwisseling van glaciale en interglaciale sterk dynamisch is, was de gemiddelde zeespiegelstand na een sterke stijging tijdens het Holoceen, na afloop van de laatste ijstijd, gedurende de laatste millennia feitelijk tot een stilstand gekomen (Hijma *et al.*, 2025). De huidige zeespiegelstijging is een direct gevolg van de antropogene klimaatverandering. Het startpunt van die stijging varieert, maar ligt mondiaal gezien rond 1863 (Walker *et al.*, 2022). Voor Europa wordt een later beginpunt gevonden, na 1930, wat wordt verklaard door een tijdelijke regionale trend van relatieve zeespiegeldaling.

Op grond van beschikbare informatie is geen goede absoluut referentieniveau voor zeespiegelstand aan te geven. In lijn met de aanpak die in soortgelijke gevallen elders in de *Staat* wordt gevolgd, wordt dan ook een historische referentie gebruikt, op basis van de eerste 30 jaar data, wat in dit geval voor de samengestelde datareeks de periode 1877–1906 is.

3.7.4 Resultaten

Gemiddelde zeespiegel

De gemiddelde zeespiegel is in alle meetstations met ruim 20 cm gestegen. Gegeven de jaar-tot-jaar variantie in de referentieperiode, leidt de in de *Staat* gebruikte beoordelingssystematiek voor alle stations tot een EKR klasse van D.

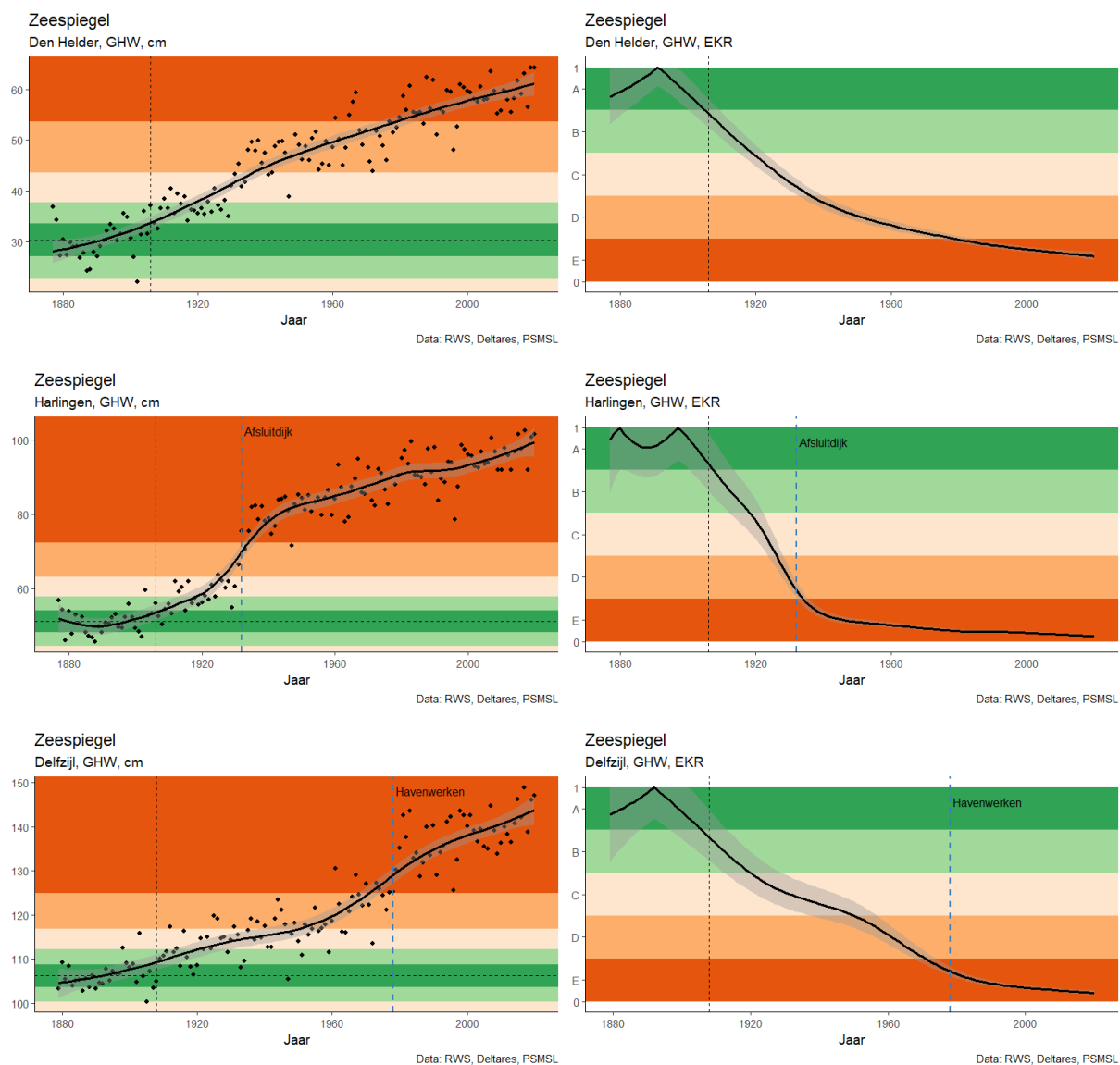


Figuur 66. Trends in gemiddelde zeespiegelstand (links) en EKR (rechts) voor Den Helder, Harlingen en Delfzijl.

Gemiddeld Hoogwater (GHW)

Over het algemeen is de stijging in gemiddeld hoogwater sterker dan de stijging in gemiddeld zeeniveau: ruim 30 cm in Den Helder, meer nog in Harlingen en Delfzijl. Voor deze laatste twee locaties speelt echter wel mee dat de invloed van de aanleg van de Afsluitdijk en het verdiepen

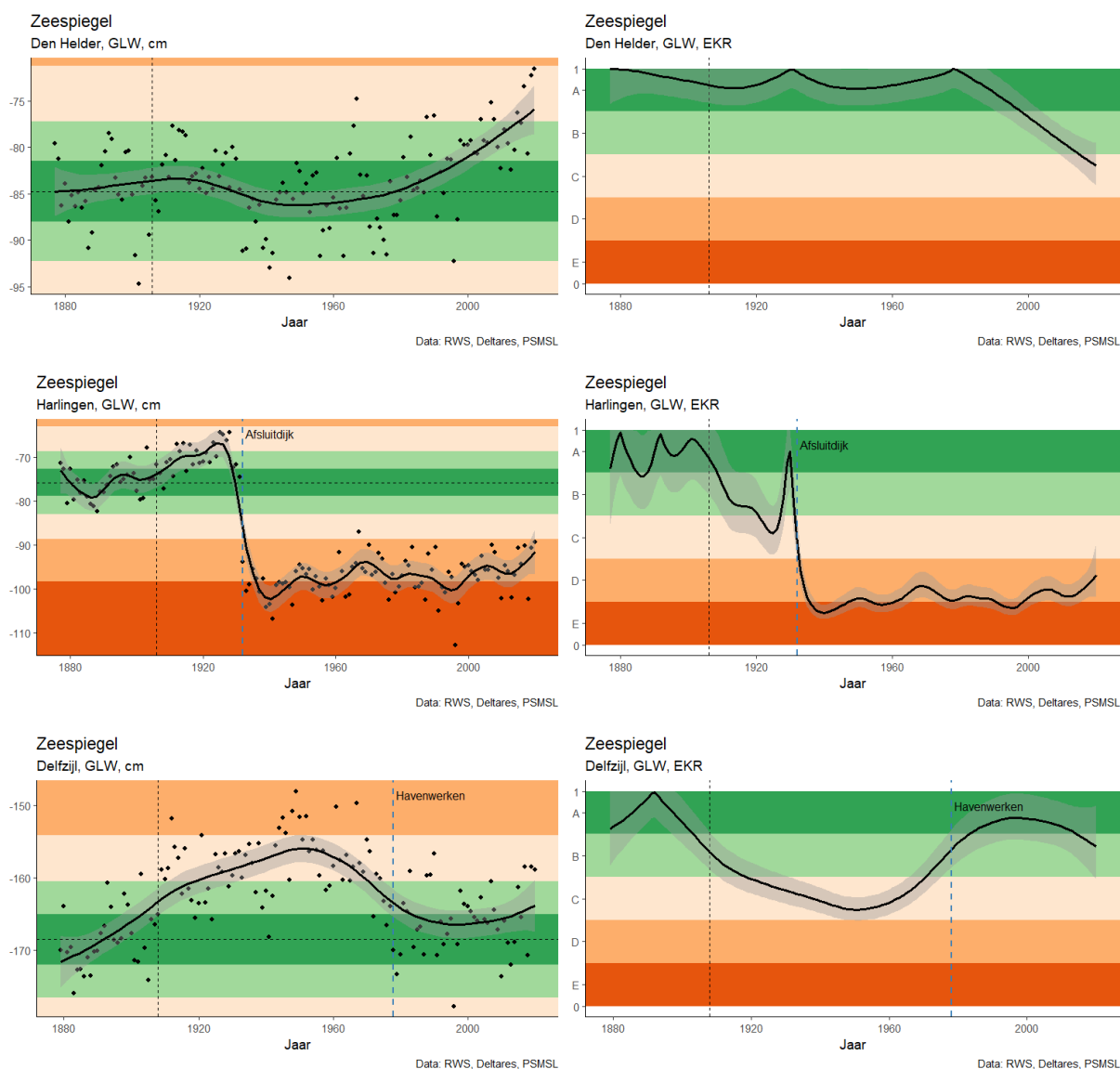
van vaargeulen aantoonbaar sterk is. Desalniettemin leiden de veranderingen tot een EKR classificatie van E.



Figuur 67. Trends in Gemiddeld Hoogwater (links) en bijbehorende EKR (rechts) voor Den Helder, Harlingen en Delfzijl.

Gemiddeld Laagwater (GLW)

De trends in gemiddeld laagwater zijn veel zwakker dan voor gemiddeld en hoogwater. Voor Den Helder gaat om zo'n 10 cm. In Harlingen en Delfzijl zijn de veranderingen groter, en gerelateerd aan de ingrepen in de omgeving. Een en ander leidt er toe dat de EKR klassen variëren tussen C (Den Helder), D (Harlingen) en B (Delfzijl).



Figuur 68. Trends in Gemiddeld laagwater (links) en bijbehorende EKR (rechts) voor Den Helder, Harlingen en Delfzijl.

3.7.5 Samenvatting, conclusies, discussie

In de Waddenzee is sprake van een voortdurende zeespiegelstijging. De beoordeling van het gemiddelde zeeniveau valt over het algemeen in EKR klasse D. Gemiddeld Hoogwater is harder gestegen dan het gemiddelde zeeniveau en valt in de laagste klasse E. Laagwater is minder hard gestegen en valt afhankelijk van de locatie in EKR klassen B, D of D. De relatief gunstige beoordeling van GLW in Delfzijl lijkt echter eerder het gevolg te zijn van de effecten van baggeren, dan van een minder sterke zeespiegelstijging.

Tabel 13. Samenvatting van de indicator Zeespiegel.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Zeespiegel	Gemiddeld, cm	Den Helder	0.22 (0.19 – 0.25)	D (D-E)	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Harlingen	0.21 (0.18 – 0.25)	D (D-E)	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Delfzijl	0.20 (0.18 – 0.23)	D (D-E)	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
	Gem. hoogwater, cm	Den Helder	0.12 (0.10 – 0.14)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Harlingen	0.03 (0.02 – 0.03)	E	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Delfzijl	0.04 (0.03 – 0.05)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
	Gem. laagwater, cm	Den Helder	0.55 (0.46 – 0.66)	C (B-C)	Onzeker	Toenemend	Verslechterend
		Harlingen	0.32 (0.22 – 0.47)	D (C-D)	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Delfzijl	0.74 (0.59 – 0.93)	B (A-C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten

- Geen van de hier onderzochte locaties is ideaal: de tijdreeks voor West-Terschelling is korter dan de andere; Harlingen staat sterk onder invloed van de veranderingen door de aanleg van de Afsluitdijk; Delfzijl ligt in het Groningse bodemdalingsgebied. Aanbevolen wordt om door middel van extrapolatie de tijdreeks voor West-Terschelling alsnog op vergelijkbare wijze te kunnen analyseren.
- De analyse van zeespiegeldata is een complex vakgebied. Het verdient aanbeveling om hier in de toekomst sterker met de specialisten van Deltares en KNMI samen te werken.
- Voor een goed ecologische interpretatie van zeespiegelveranderingen verdient het aanbeveling om ondanks de latere start van de metingen op Terschelling en de andere Waddeneilanden deze metingen te gebruiken voor een betere ruimtelijke analyse van zeespiegelstanden, die op de schaal van kombergingen kunnen worden gerelateerd aan de daar voorkomende ecotopen en habitats.
- De meeste literatuur over zeepspiegelstijgingen richt zich op het gemiddelde peil, en minder op de GHW en LGW, terwijl deze laatste een sterkere ecologische en geomorfologische betekenis hebben. Aanbevolen wordt om de onderlinge samenhang tussen gemiddeld zeeniveau en GLW/GHW nader te onderzoeken.

3.8 Zoetwaterafvoer

De Waddenzee is van nature een brakwatersysteem, met zowel invloeden van het zoute water van de Noordzee, als van zoet water vanuit de Rijn (via het IJsselmeer), de Eems, en de verschillende boezems die op de Waddenzee uitwateren.

In toenemende mate maakt men zich echter zorgen over de aanvoer van zoetwater naar de Waddenzee, die daardoor het risico loopt te verzilten. De meeste problemen worden verwacht in droge zomers, waarin water vanuit het IJsselmeer wordt gebruikt om laag-Nederland van water te voorzien. Dit water stroomt niet meer naar de Waddenzee (Kok en Vollenbroek, 2024). Ook wordt het IJsselmeer in toenemende mate gebruikt als ‘nationale regenton’ om hierop te anticiperen.

Voor de *Staat* kijken we daarom naast trends in jaartotale afvoer naar de Waddenzee ook naar trends in het zomerhalfjaar, wat we synchroon laten lopen met de aro-hydrologische definitie van het groeiseizoen (april–september).

3.8.1 Data en methoden

Databeschikbaarheid

Voor de analyse van de aanvoer van zoetwater naar de Waddenzee is gebruik gemaakt van data die ontsloten zijn via de Digitale Systeemrapportage (DSR), en afkomstig van Rijkswaterstaat (voor

het hoofdwatersysteem, met name de spuisluizen in de Afsluitdijk), relevante waterschappen (zoals Wetterskip Frieslân) en het Duitse Bundesanstalt für Gewässerkunde.

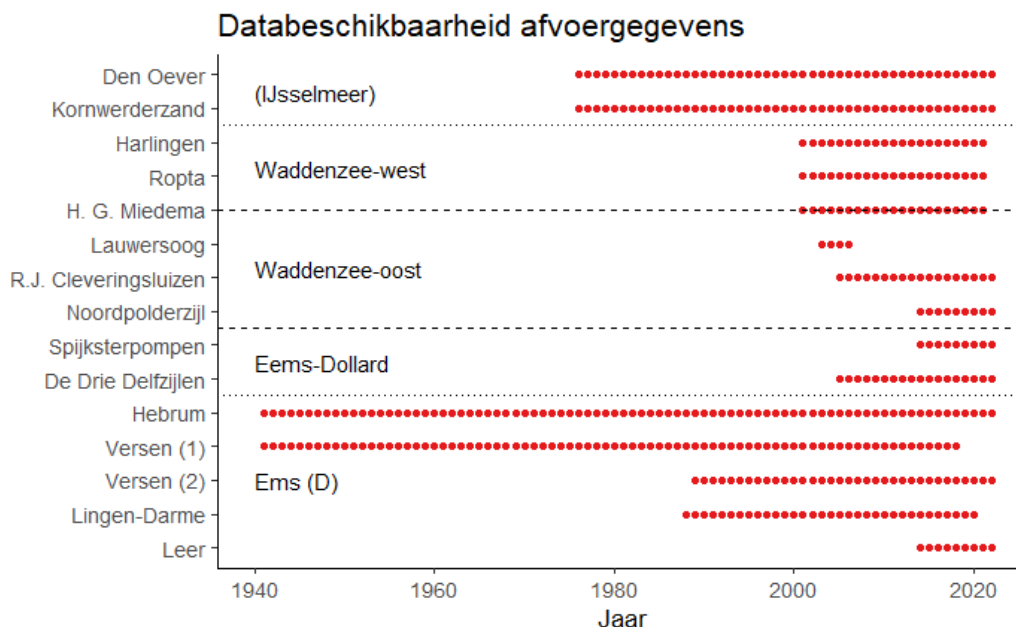
De temporele resolutie van de beschikbare basis data varieert van elke 10 minuten tot eens per maand. Via de DSR zijn dag- en maandwaarden beschikbaar.

Vanuit de DSR zijn tijdreeksen beschikbaar voor 14 meetstations. Hier zit echter een aantal duplicaties in:

- Locatie “Lauwersoog” (beschikbaar vanuit Rijkswaterstaat) en “R. J. Cleveringsluizen” betreffen in werkelijkheid dezelfde locatie. Deze tijdreeksen zijn samengevoegd.⁵¹
- Bij de Eems wordt de afvoer bij Hebrum berekend uit die van Versen. Hier is daarom enkel de afvoer bij Hebrum gebruikt. De locatie Lingen-Darne ligt ook stroomopwaarts langs de Eems en is daarom verder niet bekeken.

Het temporele bereik van de verschillende meetlocaties verschilt aanzienlijk. Voor Nederland zijn de spuigegevens voor de Afsluitdijk beschikbaar vanaf 1976, maar voor de kleinere gemalen, zoals bij Harlingen maar vanaf 2001, of zelfs nog later. Dat maakt het bepalen van trends, en met name het beoordelen van deze trends binnen de langetermijndynamiek lastig.

Verder is de verdeling in afvoer tussen de locaties zeer ongelijk verdeeld (Zie Tabel 14). Het overgrote deel van de afvoer naar de Waddenzee wordt aangevoerd vanuit het IJsselmeer, de Eems, en het gemaal bij Lauwersoog. De afvoer vanuit de boezem van Noord-Holland, Friesland en Groningen is hierbij vergeleken relatief klein tot verwaarloosbaar. En de datareeksen zijn beperkt in lengte of überhaupt niet direct beschikbaar. Om deze redenen is ten behoeve van de *Staat* de analyse beperkt tot de vier belangrijkste meetlocaties: Den Oever, Kornwerderzand, Eems en Lauwersoog / Cleveringsluizen.



Figuur 69. Beschikbaarheid van gegevens over de afvoer van zoetwater naar de Waddenzee.

⁵¹ Waarbij opgemerkt moet worden dat de tijdreeks “R. J. Cleveringsluizen” één dag verschoven is t.o.v. “Lauwersoog”.

Tabel 14. Gemiddelde afvoer van zoetwater naar de Waddenzee.

Deelgebied	Naam		Afvoer m ³ /s
W. Waddenzee	IJsselmeer	Den Oever	286,4
		Kornwerderzand	211,3
	Friesland (boezem)	Harlingen	4,1
		Ropta	0,9
O. Waddenzee	Groningen (boezem)	H. G. Miedemagemaal	1,2
		R.J. Cleveringsluizen	44,6
		Noordpolderzijl	0,4
Eems-Dollard	Nederland	Spijksterpompen	0,9
		De Drie Delfzijlen	2,4
	Duitsland	Hebrum	86,5
		Leer	19,9

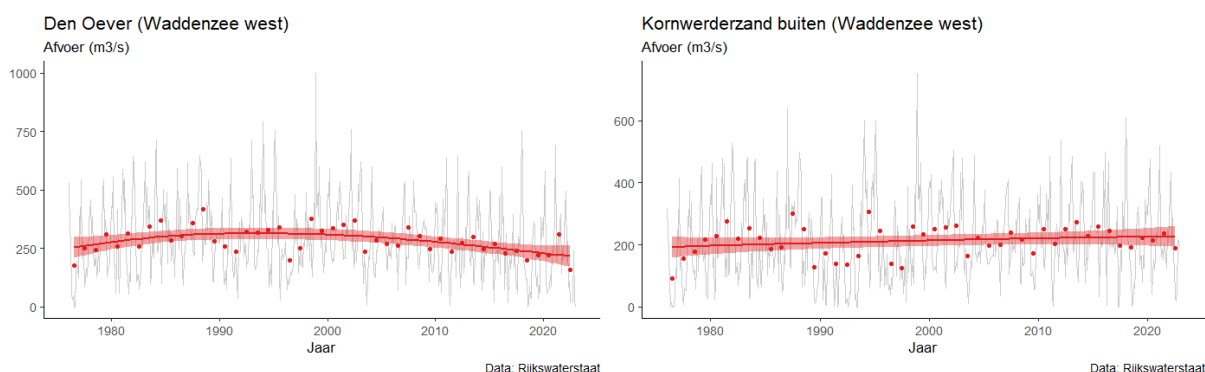
Methodologie

Per locatie zijn dagwaarden (waar beschikbaar) geaggregeerd tot maandwaarden, en deze vervolgens tot seizoens- of jaargemiddelden. Voor de seizoenen wordt hierbij aangesloten bij de meteorologische seizoenen lente (maart-april-mei), zomer (juni-juli-augustus), herfst (september-oktober-november) en winter (december-januari-februari), waar bij voor het bepalen van de 'winter' waarde voor jaar J gebruik wordt gemaakt van de waarde voor december in jaar J-1.

Alle afvoeren worden uitgedrukt in kubieke meter per seconde (m³/s). Waar nodig is een conversie vanuit andere eenheden (m³/dag) uitgevoerd.

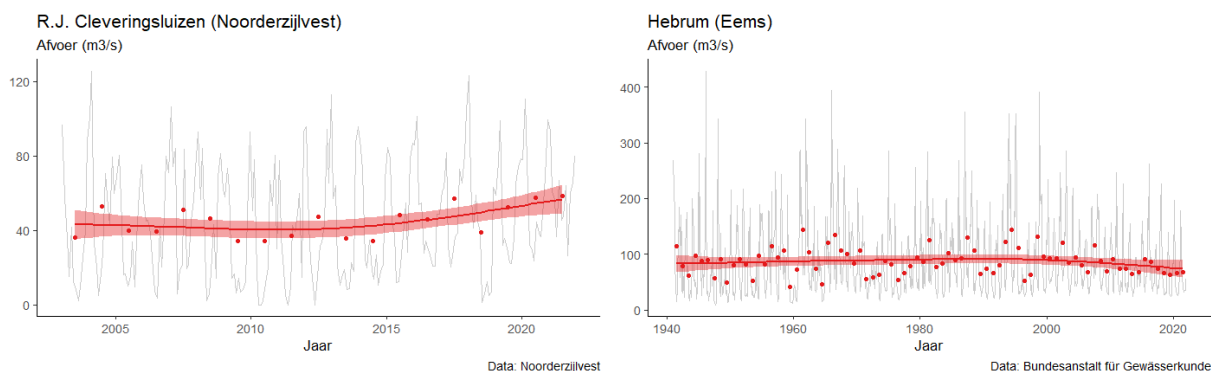
Trends en patronen.

Bij de locatie Den Oever wordt er gemiddeld over de hele meetperiode (vanaf 1976) 285 m³/s gespuid, maar dit is sinds de late jaren 90 gezakt tot ongeveer 215 m³/s. Bij de locatie Kornwerderzand wordt er gemiddeld over de hele meetperiode (vanaf 1976) 210 m³/s gespuid, maar dit is sinds gedurende de hele periode licht gestegen tot ongeveer 230 m³/s. Door de grote spreiding tussen de individuele jaren is deze trend echter niet statistisch significant (p=0.15)



Figuur 70. Afvoer van zoetwater naar de Waddenzee vanuit het IJsselmeer, vanuit Den Oever en Kornwerderzand.

Data voor de twee tijdreeksen bij het Lauwersmeer zijn samengevoegd. De data suggereert een licht daling, van 43 naar 40 m³/s in 2011, gevolgd door een iets sterkere stijging tot zo'n 57 m³/s in 2011. Bij de afvoer vanuit de Eems is er sprake van een zeer lichte (niet significante) toename in afvoer op jaarbasis van 83 m³/s tot 91 m³/s, gevolgd door een (wel significante) daling tot 74 m³/s.

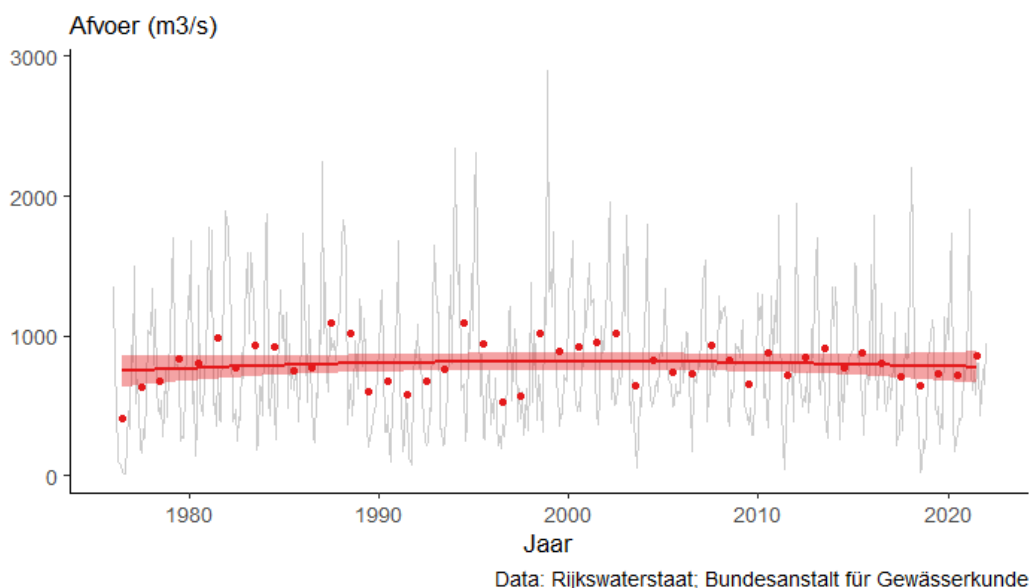


Figuur 71. Afvoer van zoetwater naar de Waddenzee vanuit de Groningse boezem, bij de Cleveringsluizen (Lauwersoog), en vanuit de Eems bij Hebrum.

Totale afvoer

In het ideale geval zijn de afvoergegevens voor elke meetlocatie voor dezelfde periode beschikbaar. In de praktijk is dat niet zo. Om toch een beeld te krijgen van de overall afvoer van zoetwater naar de Waddenzee is ook niet nodig om alle locaties mee te nemen, aangezien vooral de kleinere gemalen die de Friese en Groningse boezems afwateren grotendeels een relatief zeer kleine afvoer kennen (zie Tabel 14). Het leeuwendeel van het zoetwater (89%) is afkomstig uit de grote rivieren, via IJsselmeer en Eems. Aangezien voor deze locaties langere tijdreeksen (1986-2021) beschikbaar zijn, is de hier volgende analyse op die drie locaties gebaseerd.

IJsselmeer + Eems

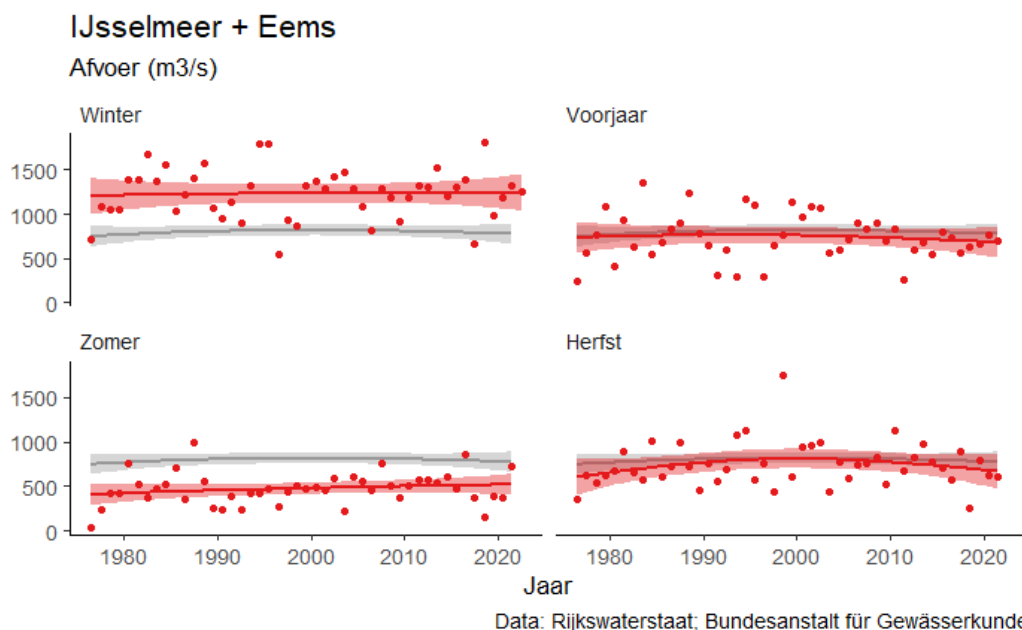


Figuur 72. Totale afvoer van zoetwater naar de Waddenzee vanuit IJsselmeer en de Eems

Opvallend is hierbij dat er voor deze drie locaties gezamenlijk geen *overall* trend zichtbaar is. Er is een lichte toename van zo'n 750 m³/s in 1976 tot 815 m³/s in 2000, gevolgd door een lichte daling tot 775 m³/s in 2021. De variatie tussen jaren is echter aanzienlijk en voor beide deelperioden is er geen significante trend aantoonbaar op jaarbasis. Opvallend is verder dat deze variatie na 2003 sterk lijkt af te nemen. Een F-toets bevestigt dit ($p < 0.01$). De gemiddelden voor en na 2003 zijn niet significant verschillend ($p=0.7$).

Afvoer per seizoen

Omdat rivierafvoeren een sterke seizoensdynamiek kennen, aangedreven door vooral hogere verdamping in de zomer, is het zinvol om naar afvoer per seizoen te kijken.



Figuur 73. Seizoensdynamiek in de totale afvoer van zoetwater naar de Waddenzee vanuit IJsselmeer en de Eems. De jaargemiddelde afvoer is ter referentie in grijs weergegeven.

Zoals op voorhand verwacht kan worden is de afvoer in de winter hoger dan het jaargemiddelde, en in de zomer lager. Afvoer gedurende voorjaar en herfst liggen op hetzelfde niveau als de jaarlijkse afvoer. Voor geen van de seizoenen is sprake van een doorgaande (lineaire) trend in de afvoeren gedurende de periode vanaf 1976

3.8.2 Referentiewaarden

Bij gebrek aan een ecologische referentie is voor de zoetwateraanvoer een historische referentie gebruikt: de eerste 30 jaar van de tijdreeks, d.w.z. 1976–2005.

3.8.3 Resultaten

Jaargemiddelde afvoer

Voor de jaargemiddelde afvoer geldt dat de jaar-op-jaar variatie groot is en de trends klein. De EKR valt dan ook in klasse A of B. De laatste 12 jaar is er bij Den Oever sprake van een afnemende trend, en bij de Cleveringsluizen een toenemende trend. Bij Kornwerderzand is een licht trend

zichtbaar, maar die is bij de hier gehanteerde methode (nog) niet significant. Bij de Eems valt verder op dat de laatste jaren de heel hoge afvoeren ontbreken.



Figuur 74. Tijdreeks van jaargemiddelde afvoer (links) en bijbehorende EKR (rechts).

Zomerhalfjaar

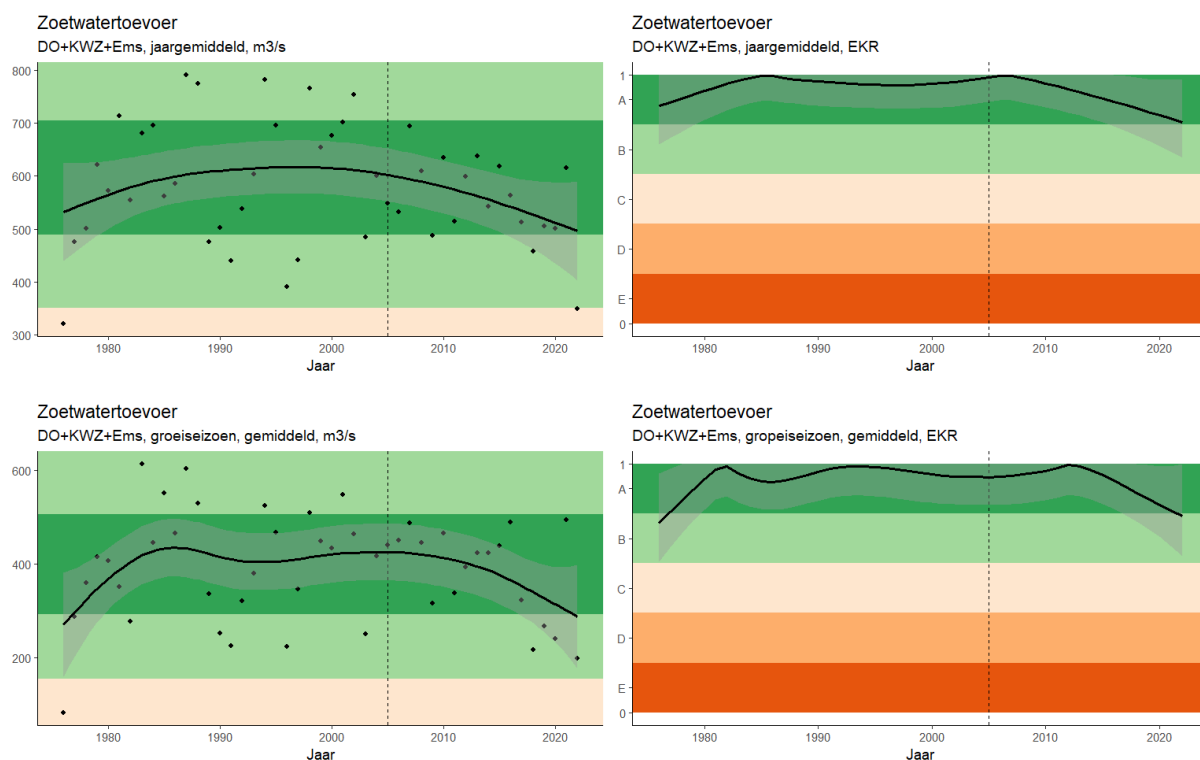
In het groeiseizoen (april t/m september) neemt de laatste jaren bij Den Oever de afvoer flink af. Vanwege het afwijkende jaar 2021 is er echter geen trend gedetecteerd over de laatste 12 jaar. Bij de Cleveringsluizen is wel sprake van een aantoonbaar toenemende trend.



Figuur 75. Tijdreeks van gemiddelde afvoer tijdens het groeiseizoen (april–september, links) en bijbehorende EKR (rechts).

Totale aanvoer

Voor de drie langste (en meest dominante in termen van afvoer) tijdreeksen, vanuit het IJsselmeer en de Eems, is naar de trends in totale afvoer gekeken. Voort zowel jaargemiddelde als groeiseizoen-gemiddelde is er sprake van een licht afname, maar die is nog niet significant bij de hier gebruikte methode. De toestand ligt op de grens van EKR klassen A en B.



Figuur 76. Trends in zoetwaterafvoer naar de Waddenzee vanuit de drie belangrijkste uitstroompunten

3.8.4 Samenvatting, conclusies, discussie

Op meerdere locaties, en voor de Waddenzee in geheel, lijkt de zoetwatertoevoer de laatste jaren af te nemen. Deze trends zijn met de hier gebruikte methodiek echter nog niet significant.

Tabel 15. Samenvatting van indicator Zoetwatertoevoer.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Zoetwatertoevoer	Jaargemiddeld, m³/s	DO+Kwz+Ems	0.81 (0.67 – 0.98)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Den Oever	0.68 (0.55 – 0.84)	B (A-C)	Onzeker	Afnemend	Verslechterend
		Kornwerderzand	0.90 (0.78 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Cleveringsluizen	0.69 (0.54 – 0.88)	B (A-C)	Onzeker	Toenemend	Verslechterend
		Ems	0.87 (0.75 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
	Groeiseizoen, m³/s	DO+Kwz+Ems	0.79 (0.63 – 1.00)	B (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Den Oever	0.73 (0.59 – 0.89)	B (A-C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
		Kornwerderzand	0.98 (0.76 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Verslechterend
		Cleveringsluizen	0.65 (0.53 – 0.80)	B (B-C)	Onzeker	Toenemend	Verslechterend
		Ems	0.88 (0.76 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten

- De interesse in zoetwaterafvoer naar de Waddenzee is voor een groot deel gerelateerd aan de kernwaarde van de Waddenzee als brakwatersysteem. De analyse van zoetwaterafvoeren zou idealiter dan ook moeten worden gekoppeld aan die van saliniteit in de Waddenzee.

- De nadruk in deze analyse ligt op de meest dominante afvoerlocaties. Kleine afvoeren kunnen mogelijk lokaal van ecologisch belang zijn. Onderzocht zou kunnen worden in hoeverre dit relevant is voor de *Staat*.
- Hier is gekeken naar de Waddenzee in haar geheel, terwijl (ook omdat de bijdrage van rivieren maar 1% van de dynamiek is, zie volgende punt). Men zou kunnen betogen dat zoetwater vooral relevant is voor de estuaria binnen de Waddenzee. Voor Nederland is dat met name de Eems-Dollard Of ook het IJsselmeer?
- In de QSR 2010 wordt de instroom vanuit rivieren gerelateerd aan het volume dat dagelijks wordt verplaatst door getijden. Voor de Waddenzee in geheel is dat 1%. Mogelijk zou dit een relevante maat zijn voor de afzonderlijke estuaria.
- De nadruk in deze analyse ligt hier op verzilting. Veel literatuur over zoetwater en estuaria gaat echter over zoetwaterpulses. De vraag is of dat ook relevant is voor de Waddenzee?
- In navolging daarvan: Hoe relevant is het *ontbreken* van dynamiek? Dat is een signaal dat duidelijk vanaf 2000 te zien is.

4. Leefomgeving

Onder het thema 'leefomgeving' vallen overige aspecten van de Waddenzee die indicatief zijn voor de kwaliteit van het gebied als leefomgeving voor de biota (soorten). Hieronder vallen zowel abiotische aspecten zoals waterkwaliteit (troebelheid, nutriënten, vervuilende stoffen, samenstelling van het sediment), als omvang en samenstelling van ecosystemen (habitattypen, kwelderzonering).

4.1 Troebelheid

De troebelheid van het water is onderdeel van de Staat van de Waddenzee vanwege de ecologische relevantie van licht-limitatie. Lichtval is bijvoorbeeld een bepalende factor voor de groei van groot zeegras (*Zostera marina*) (van der Heijde *et al.*, 2006). Delen van de Waddenzee zijn van nature slibrijk en dus troebel, waardoor lichtval snel beperkt is.

Troebelheid van water wordt in het algemeen gemeten aan de hand van een Secchischijf, een ronde plaat met zwart-witte vlakken, die op een bepaalde afstand wordt gehouden. Op deze manier wordt eigenlijk het 'doorzicht' gemeten. Doorzicht is gevoelig voor het weer (bijvoorbeeld zon of regen), en het moment van de dag (bijvoorbeeld in de ochtend of de avond) en wie de waarneming doet (het waarnemerseffect), maar dus ook voor de compositie van het water.

4.1.1 Data en methoden

Dataselectie

Doorzicht, zoals bepaald met de Secchischijfmethode, wordt gemeten binnen het MWTL-programma en zijn beschikbaar binnen het Informatiehuis Water. De metingen hebben een typische temporele resolutie van een meting per maand, al varieert dit in de tijd en ruimte, en zijn beschikbaar voor in totaal 27 locaties met variërende temporele dekking. Alle individuele metingen zijn voorzien van een kwaliteitscode. Hier zijn alleen de locaties met voldoende dekking in recente jaren gebruikt, en alleen de metingen met een goede/normale kwaliteitsbeoordeling.

Methodologie

Het is gebruikelijk om troebelheid uit te drukken in een 'extinctiecoëfficiënt', k (m^{-1}) (Giesen *et al.*, 1990). Deze coëfficiënt is een functie van doorzicht, waarbij lagere waardes indicatief zijn voor helderder water. Hoewel er verscheidene modellen zijn voorgesteld om deze relatie het best te omschrijven, concluderen Giesen *et al.* dat de relatie $k = 1,7/D_{sd}$, waar D_{sd} staat voor het gemeten doorzicht in meters, in veel scenario's standhoudt (Giesen *et al.*, 1990). Deze definitie wordt hier ook aangehouden.

Om de extinctiecoëfficiënt te vergelijken met een referentiewaarde zijn jaargemiddeldes berekend. Hierbij zijn alleen metingen meegenomen uit het groeiseizoen van groot zeegras. Dit is de periode mei t/m september (van Eerbeek, 2010). Allereerst zijn voor deze maanden maandgemiddeldes berekend, op basis waarvan vervolgens een jaargemiddelde berekend is. Om ervoor te zorgen dat de jaargemiddeldes de gehele periode omvatten, zijn alleen jaargemiddeldes geanalyseerd wanneer er voor elke maand uit het groeiseizoen minstens één meting beschikbaar was.

4.1.2 Referentiewaarden

Referentiewaarden zijn gebaseerd op de staat van de Waddenzee toen de Zuiderzee nog niet afgesloten was, oftewel de periode voor mei 1932 (Giesen et al., 1990). Wij zien dit als de best beschikbare informatie over de natuurlijke staat van de Waddenzee. De referentiewaarde voor getijdeplaten is 0,9 en de referentiewaarde voor geulen is 0,6 (Table 2 in Giesen *et al.*, 1990). Alleen de meetlocatie bij Groote Gat noord ligt op een getijdeplaat – voor deze locatie is de referentiewaarde 0,9 gebruikt. De overige vijf locaties liggen in een geul en zijn beoordeeld met 0,6 als referentiewaarde.

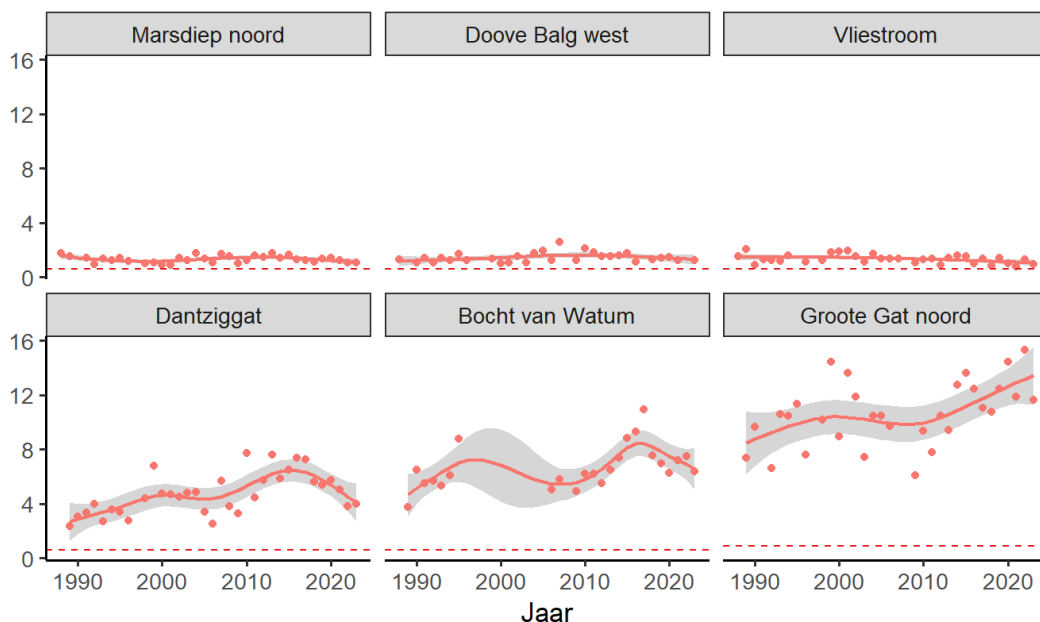
Op basis van deze referentiewaarden worden volgens de ‘inverse’ benadering (minder is beter) ecologische kwaliteitsratio's (EKR's) berekend; zie paragraaf 2.3.3.

Trends en patronen

In Figuur 77 zijn tijdreeksen gepresenteerd van de extinctiecoëfficiënt voor de zes locaties in de Waddenzee met goede dekking in recente jaren. Bij Bocht van Watum, Dantziggat en Groote Gat noord wordt de referentiewaarde ruim overschreden tot meer dan 10 keer de referentiewaarde. Bij Bocht van Watum en Dantziggat lijkt er wel een verbetering zichtbaar in de laatste 6 tot 10 jaar. Groote Gat noord lijkt daarentegen te verergeren. Voor de twee westelijke locaties, Marsdiep noord en Vliestroom, wordt de referentiewaarde licht overschreden. In het oosten is de trend bij Vliestroom licht dalend.

Troebelheid

Extinctiecoëfficiënt, jaargemiddelde



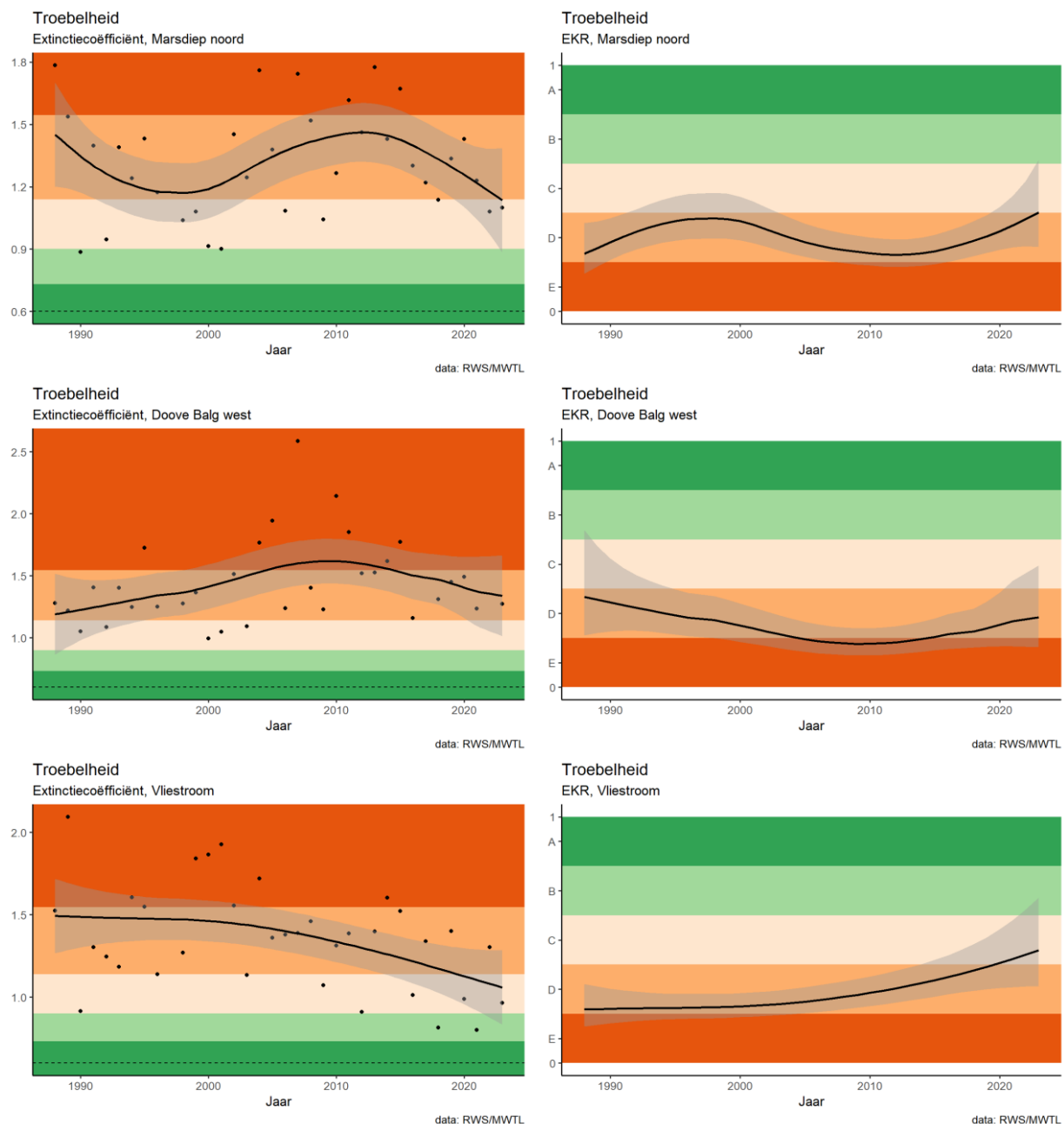
data: RWS/MWTL

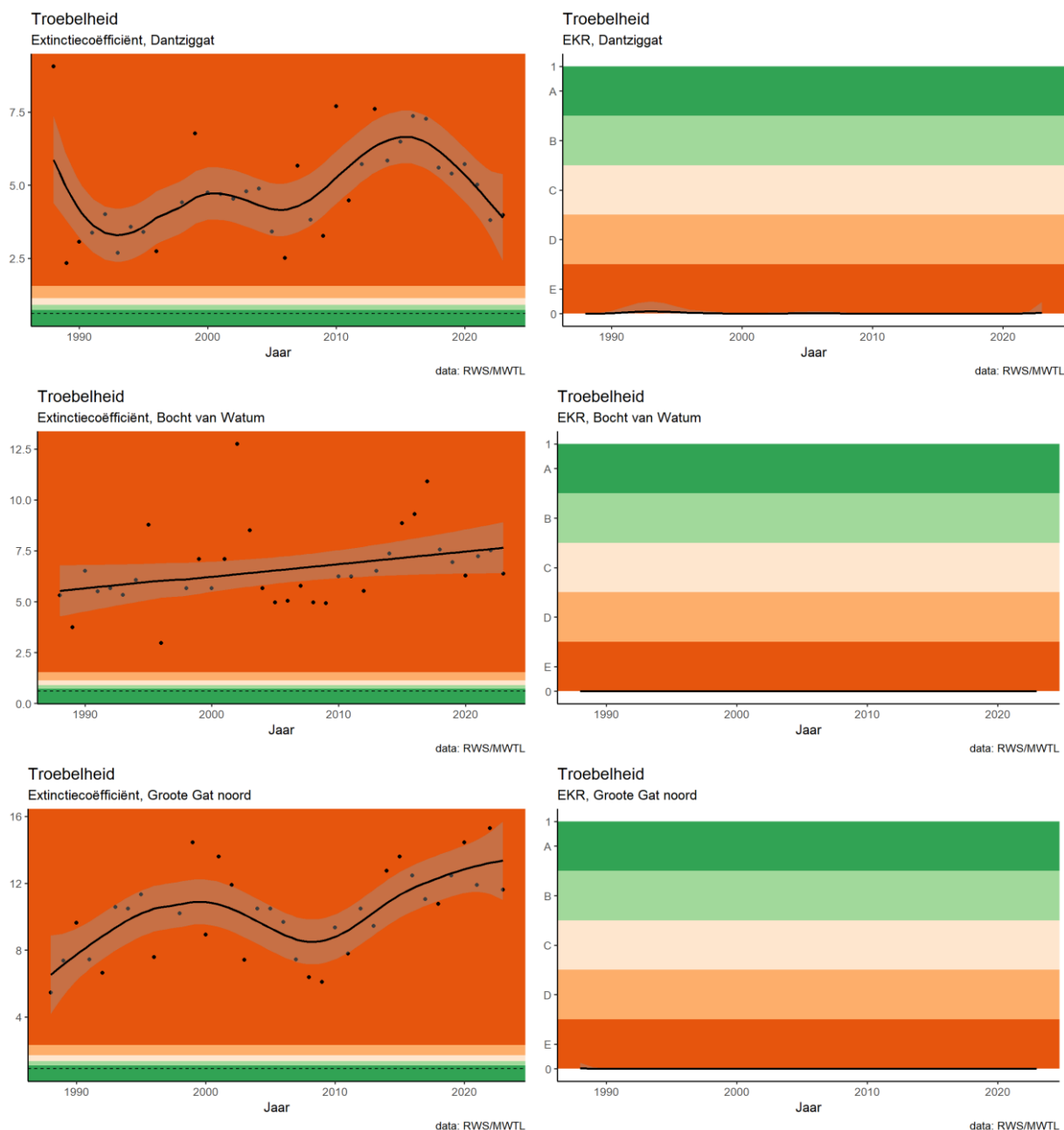
Figuur 77: Tijdreeksen van de extinctiecoëfficiënt voor 6 locaties in de Waddenzee sinds 1988. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 0,9.

4.1.3 Resultaten

De EKR beoordeling voor twee gebieden varieert tussen matig en zeer goed; bovendien lijkt er in beide gevallen een positieve trend zichtbaar (Figuur 78). Doove Balg west lijkt ook veelal

metingen te hebben die een matige tot zeer goede beoordeling hebben, op twee metingen in recente jaren na (zie Figuur 77 en Figuur 78). De jaargemiddelden in deze jaren (14,69 in 2017 en 8.16 in 2022) waren vele malen hoger dan in de overige jaren. Deze twee metingen zijn in overleg met externe beoordelaars gemarkeerd als extreme waarden en niet meegenomen in de trendberekening.





Figuur 78: Tijdreeksen van de gemiddelde extinctiecoëfficiënt en de bijbehorende EKR beoordeling voor 6 locaties in de Waddenzee.

4.1.4 Samenvatting, conclusies, discussie

De troebelheid is in de gehele Waddenzee slechter dan de historische referentie ('onvoldoende'), of strikt genomen op basis van de variaties in de tijdreeksen 'onzeker'. Op de meeste locaties zijn de trend echter stabiel of verbeterend. De troebelheid is het slechtst in de Dollard.

Tabel 16. Samenvatting van indicator Troebelheid.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Troebelheid	Extinctie, /m	Marsdiep noord	0.40 (0.26 – 0.62)	C (B-D)	Onzeker	Afnemend	Verbeterend
		Doove Balg west	0.28 (0.16 – 0.49)	D (C-E)	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Vlietstroom	0.46 (0.31 – 0.67)	C (B-D)	Onzeker	Afnemend	Verbeterend
		Dantzigat	0.00 (0.00 – 0.05)	E	Onvoldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Groote Gat noord	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend

Discussiepunten

- De grote wisselingen in troebelheid en de relatie met baggerwerkzaamheden (bij Ameland, in relatie tot Dantziggat), worden nog slecht begrepen.
- Bij troebelheid is ervoor gekozen om alleen jaargemiddelden te berekenen wanneer er voor elke maand uit het groeiseizoen een gemiddelde berekend kon worden. Zo niet, dan werd het jaargemiddelde als missend beschouwd.
- Voor troebelheid is geen formele referentiewaarde. Om zo goed mogelijk aan te kunnen sluiten bij de kennis over de natuurlijke toestand van de Waddenzee is de periode voorafgaande aan de aanleg van de afsluitdijk als referentieconditie genomen. De relevantie hiervan in de context van herstel van zeegras wordt echter betwist. Over dit onderwerp zou meer discussie met en tussen experts nuttig kunnen zijn.
- De troebelheid van het Eems-Dollard is deels gerelateerd aan het estuariene karakter, waardoor er een continue aanvoer van slib is, in combinatie met zowel geulverdieping, wat leidt tot een inwaarts transport van slib, de bedijking, waardoor dat slib niet goed kan bezinken (Vroom en van Maren, 2024). In twee beleidsprogramma's wordt dit probleem momenteel aangepakt: Eems-Dollard 2050⁵² en de Programmatische Aanpak Grote Wateren⁵³. Aanbevolen wordt specifieke referentiewaarden voor het Eems-Dollard gebied te ontwikkelen in samenwerking met deze projecten.

4.2 Nutriëntenconcentraties

Eutrofiëring door meststoffen, met name stikstof en fosfor, zijn één van geïdentificeerde drukfactoren in het Waddengebied. In de ecologische evaluatie van de Natura 2000-beheerplannen (Heidinga et al, 2023), wordt stikstofdepositie expliciet genoemd als drukfactor voor verschillende habitats, met name H2130 (Grijze Duinen), en habitatrichtlijnsoorten als blauwe kiekendief en velduil.

De Waddenzee zelf (het mariene milieu) is van nature voedselrijk, en hier speelt atmosferische stikstofdepositie een veel kleinere rol. Concentraties nutriënten zijn vooral belangrijk in relatie tot het vóórkomen van algenbloei (fytoplankton, zie ook paragraaf 5.1). Nutriënten belanden in de Waddenzee vanuit de lucht, via directe lozing, vanaf het land, maar vooral vanuit de rivieren, al dan niet via de Noordzee (Rijn en Maas). Atmosferische stikstofdepositie speelt in de Waddenzee dus een aanzienlijk kleinere rol dan op het land.

Concentraties nutriënten worden (meestal) in de winter gemeten omdat de fytoplankton activiteit dan minimaal is. De winterconcentraties stikstof (nitraat, NO₃, nitriet, NO₂ en ammonium, NH₄) worden gemeten als DIN (*Dissolved Inorganic Nitrogen*) en de winterconcentraties fosfor (fosfaat, PO₄) in DIP (*Dissolved Inorganic Phosphorus*). Naast de individuele concentraties is ook de verhouding DIN tot DIP, de DIN:DIP ratio, indicatief voor de ecologische staat van de Waddenzee.

4.2.1 Data en methoden

Dataselectie

De winterconcentraties nitraat, nitriet, ammonium en fosfaat die gebruikt zijn in deze analyse zijn afkomstig uit MWTL. Als beginjaar van de tijdreeksen is 1988 gekozen, omdat dit het eerste jaar is dat er voor alle zes locaties metingen zijn. Alle individuele metingen zijn voorzien van een

⁵² <https://eemsdollar2050.nl/>

⁵³ <https://www.pagw.nl/>

kwaliteitscode. Hier zijn alleen de locaties met voldoende dekking in recente jaren gebruikt, en alleen de metingen met een normale kwaliteitsbeoordeling.

Methodologie

De metingen zijn eerst omgerekend van milligram per liter (mg/l) naar micromol per liter ($\mu\text{mol/l}$) om deze tegen de beschikbare referentiewaarden te kunnen beoordelen (Tabel 17). Ook hebben nitraat, nitriet en ammoniak verschillende molaire massa's (NO_3 : 46,005 g/mol, NO_2 : 62,004 g/mol en NH_4 : 18,039 g/mol), waardoor de massa van de deze stoffen samengenomen geen duidelijke beeld geeft van hoeveel stikstof er werkelijk in het water zit. DIN is vervolgens berekend als som van de opgeloste concentraties nitraat, nitriet en ammoniak en DIP als de opgeloste concentratie fosfaat. De DIN:DIP ratio is bepaald door elke DIN meting te delen door de daarbij behorende DIP meting. Voor DIN, DIP en DIN:DIP zijn eerst gemiddeldes per maand berekend, waarna op basis van deze maandgemiddelden weer jaargemiddelden berekend zijn.

4.2.2 Referentiewaarden

Er bestaan referentiewaarden voor DIN en DIP voor verschillende contexten en vanuit verschillende organisaties. Vanuit de KRW is alleen een referentiewaarde voor DIN bepaald. In het OSPAR-verdrag zijn referentiewaarden bepaald voor DIN en DIP, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen gebieden binnen en buiten de OSPAR kustzone. De OSPAR referentiewaarden zijn completer en worden daarom hier aangehouden. Deze waarden zijn ontworpen als indicatoren voor ongewenste eutrofiëring (een overschot aan voedingstoffen) en geven dus geen eventueel tekort aan deze stoffen weer. We beoordelen dus waarden boven de referentie als slecht en eronder als goed. Voor de verhouding tussen DIN en DIP is geen referentiewaarde beschikbaar maar wordt de *Redfield ratio* van DIN:DIP = 16:1 aangehouden, een ratio waarbij optimale fytoplanktongroei zou moeten plaatsvinden (Redfield, 1934). Hierbij is de beoordeling slechter hoe verder de trend of meting verwijderd is van deze ratio, ongeacht de richting. Een overzicht van alle referentiewaarden staat in Tabel 17.

Tabel 17. Drempelwaarden in Dissolved Inorganic Nitrogen (DIN) en Dissolved Inorganic Phosphorus (DIP), in verschillende watertypen. Bron: Tabel 28.5A, KRM-factsheet 'Concentraties van nutriënten (D5C1).

Categorie		Drempelwaarde
DIN	KRW kustwater	33 $\mu\text{molN/l}$
	OSPAR kustzone	30 $\mu\text{molN/l}$
	buiten OSPAR kustzone	15 $\mu\text{molN/l}$
DIP	OSPAR kustzone	0,8 $\mu\text{molN/l}$
	buiten OSPAR kustzone	0,8 $\mu\text{molN/l}$

4.2.3 DIN

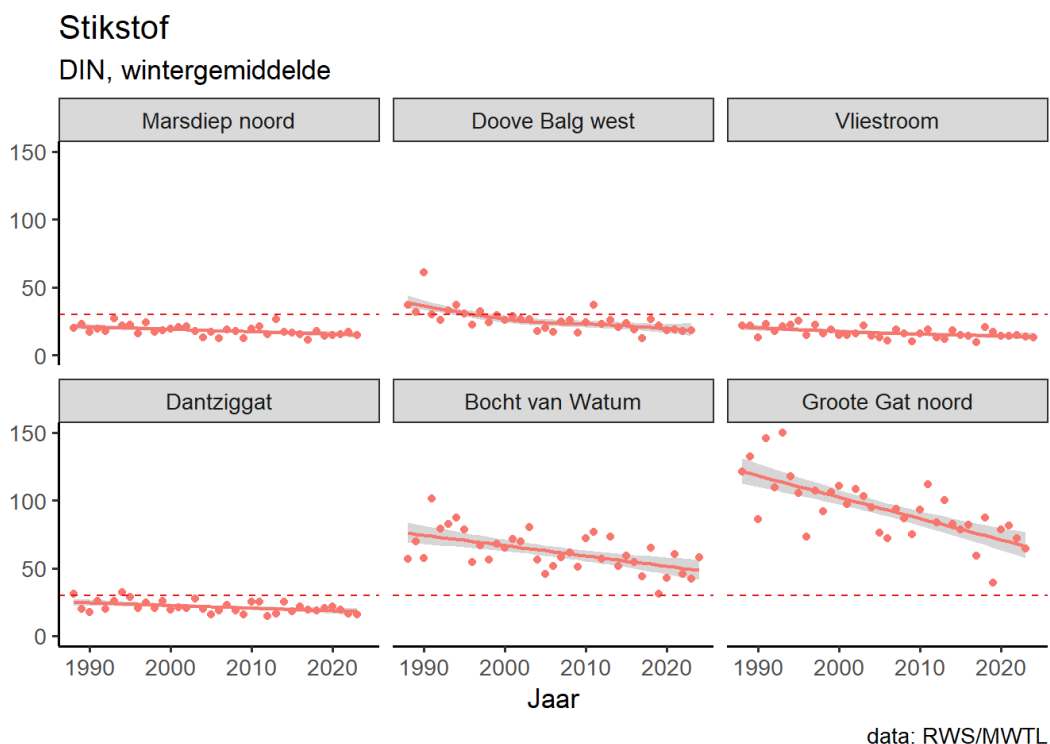
DIN is bepaald op basis van de concentraties NO_2 , NO_3 en NH_4 . Er zijn zo veel mogelijk van de beschikbare locaties geanalyseerd, waarbij is beoordeeld aan de hand van de dekking in recente jaren (afgelopen 10 jaar). Op zes van de beschikbare locaties waren voldoende metingen in recente jaren om deze mee te nemen in de analyse. Deze locaties zijn Marsdiep noord, Doove Balg west en Vliestroom uit de Westelijke Waddenzee, Dantziggat uit de Oostelijke Waddenzee, en Bocht van Watum en Groote Gat noord uit Eems-Dollard.

Naast één figuur met een tijdreeks en trend voor elke locatie, heeft iedere locatie ook twee EKR figuren: aan de linkerkant een figuur met de gemeten waarden, waarbij de achtergrond aangeeft in welke EKR beoordelingscategorie deze waarde valt, en aan de rechterkant een figuur waarin de EKR waardes zelf zijn geplot tegen de tijd. Omdat bij DIN lagere waardes beter zijn, zien we hier een inverse relatie tussen de gemeten waardes en de EKR waardes.

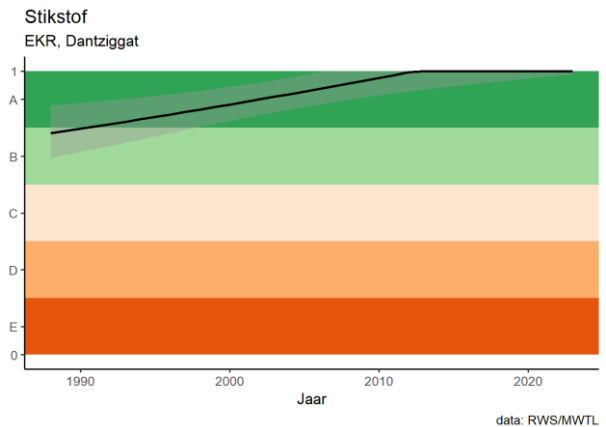
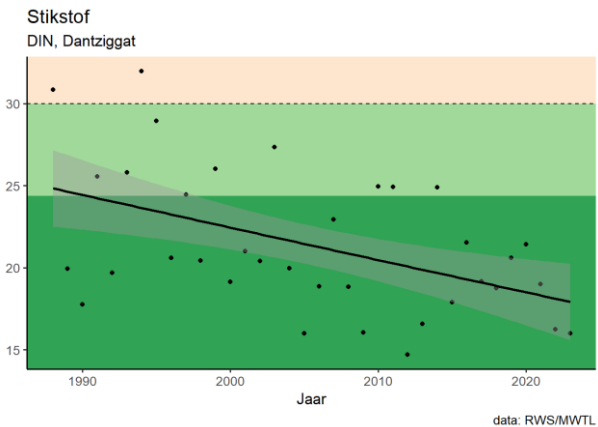
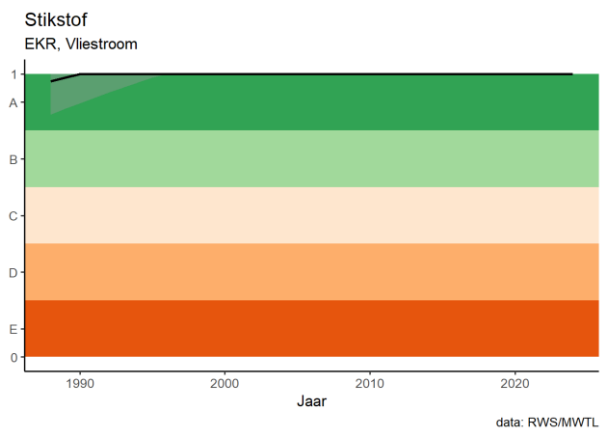
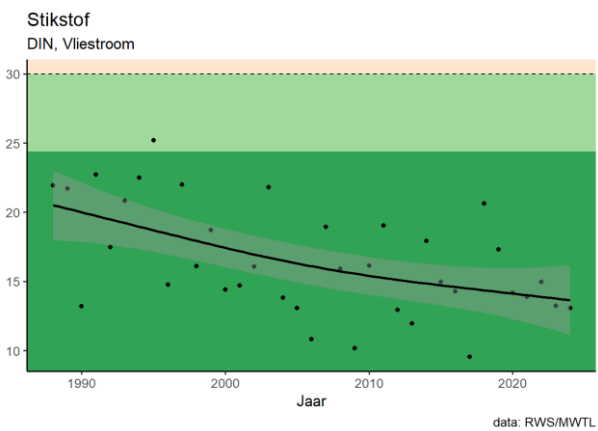
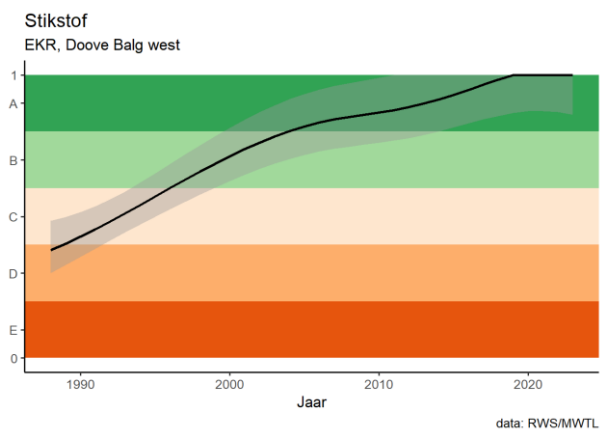
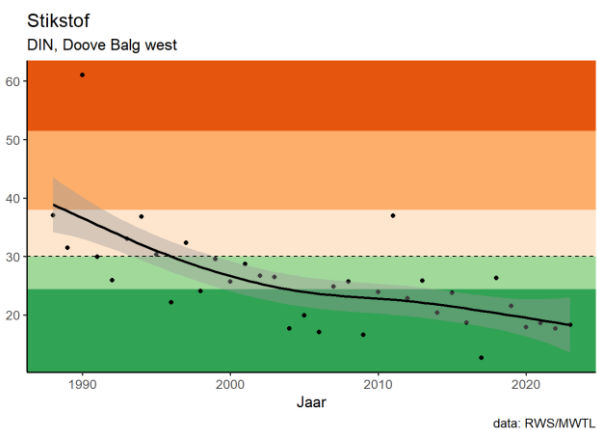
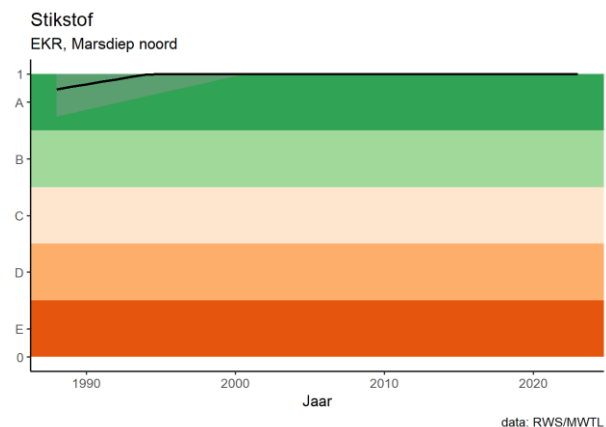
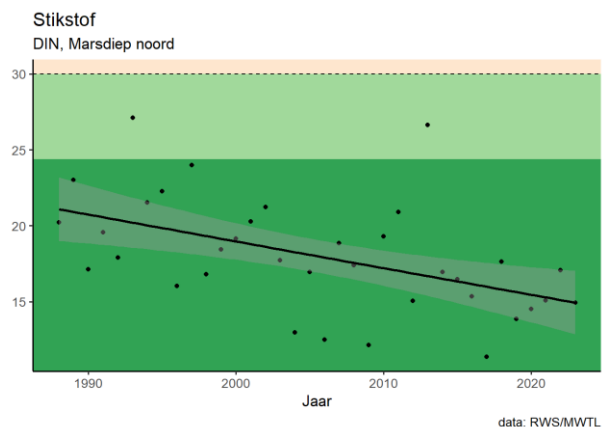
Bij Bocht van Watum en Groote Gat noord, de twee locaties in Eems-Dollard, zijn de gemeten waardes veelal 2 tot 3 keer hoger dan de drempelwaarde, wat op een structureel overschot aan stikstof duidt. In de rest van de Waddenzee zijn de metingen en trends (grotendeels) onder de referentiewaarde. Op alle locaties is een neerwaartse trend zichtbaar, al is omvang van deze trend verschillend.

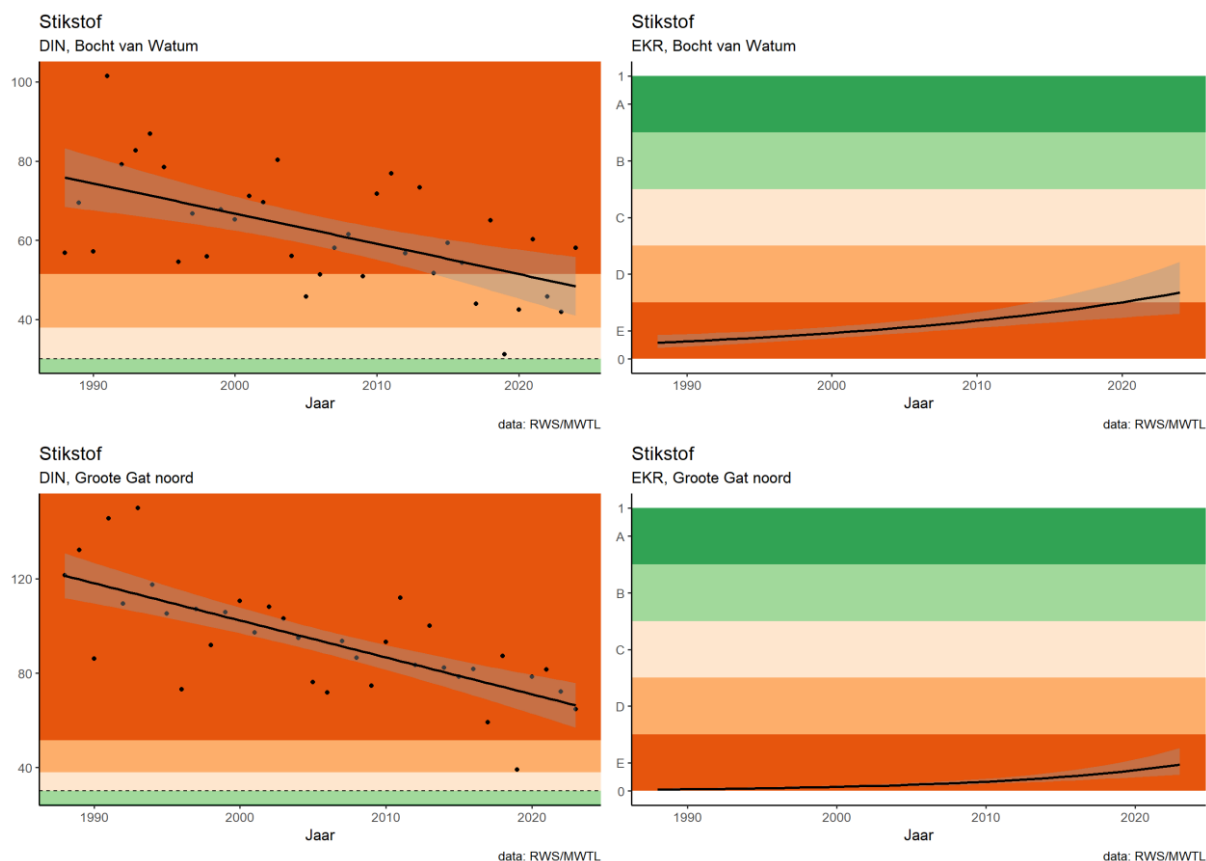
Elke locatie heeft twee EKR figuren. Het figuur links plot de gemeten waarden waarbij de achtergrond aangeeft in welke EKR beoordelingscategorie deze waarde valt, terwijl in het rechter figuur de EKR waardes zelf zijn geplot tegen de tijd. Omdat bij DIN lagere waardes beter zijn, zien we hier een inverse relatie tussen de gemeten waardes en de EKR waardes.

De locaties in de westelijke en oostelijke Waddenzee hebben een voldoende EKR beoordeling voor de gehele tijdsreeks. In het Eems-Dollard estuarium hebben beide locaties een onvoldoende EKR beoordeling.



Figuur 79: Tijdreeksen van DIN voor 6 locaties in de Waddenzee sinds 1988. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de drempelwaarde van 30 µmol/l.





Figuur 80: Tijdreeksen van *Dissolved Inorganic Nitrogen* (DIN) en de bijbehorende EKR beoordeling voor 6 locaties in de Waddenzee sinds 1988.

4.2.4 DIP

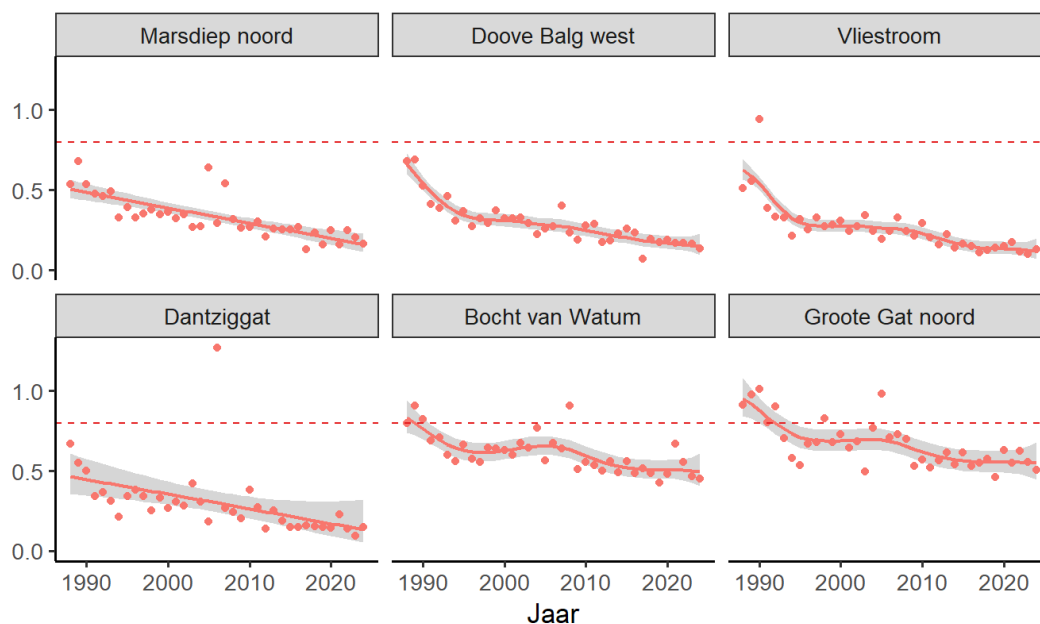
DIP is bepaald op basis van de concentraties PO_4 . In zes van de locaties waren voldoende metingen in recente jaren om deze mee te nemen in de analyse. Deze locaties zijn Marsdiep noord, Doove Balg west en Vliestroom uit de Westelijke Waddenzee, Dantziggat uit de Oostelijke Waddenzee, en Bocht van Watum en Groote Gat noord uit Eems-Dollard.

Naast één figuur met een tijdreeks en trend voor elke locatie, heeft iedere locatie ook twee EKR figuren. Het figuur links plot de gemeten waarden waarbij de achtergrond aangeeft in welke EKR beoordelingscategorie deze waarde valt, terwijl in het rechter figuur de letterlijk EKR waarden zijn geplott tegen de tijd. Omdat bij DIP lagere waarden beter zijn, zien we hier een inverse relatie tussen de gemeten waarden en de EKR waarden.

Er is een neerwaartse trend zichtbaar op alle zes locaties. Lagere waarden in DIP worden hier gezien als beter. Bijna alle metingen waren onder de referentiewaarde, voor alle locaties. Dit beeld wordt bevestigd door een voldoende EKR beoordeling voor alle locaties voor de gehele tijdreeks.

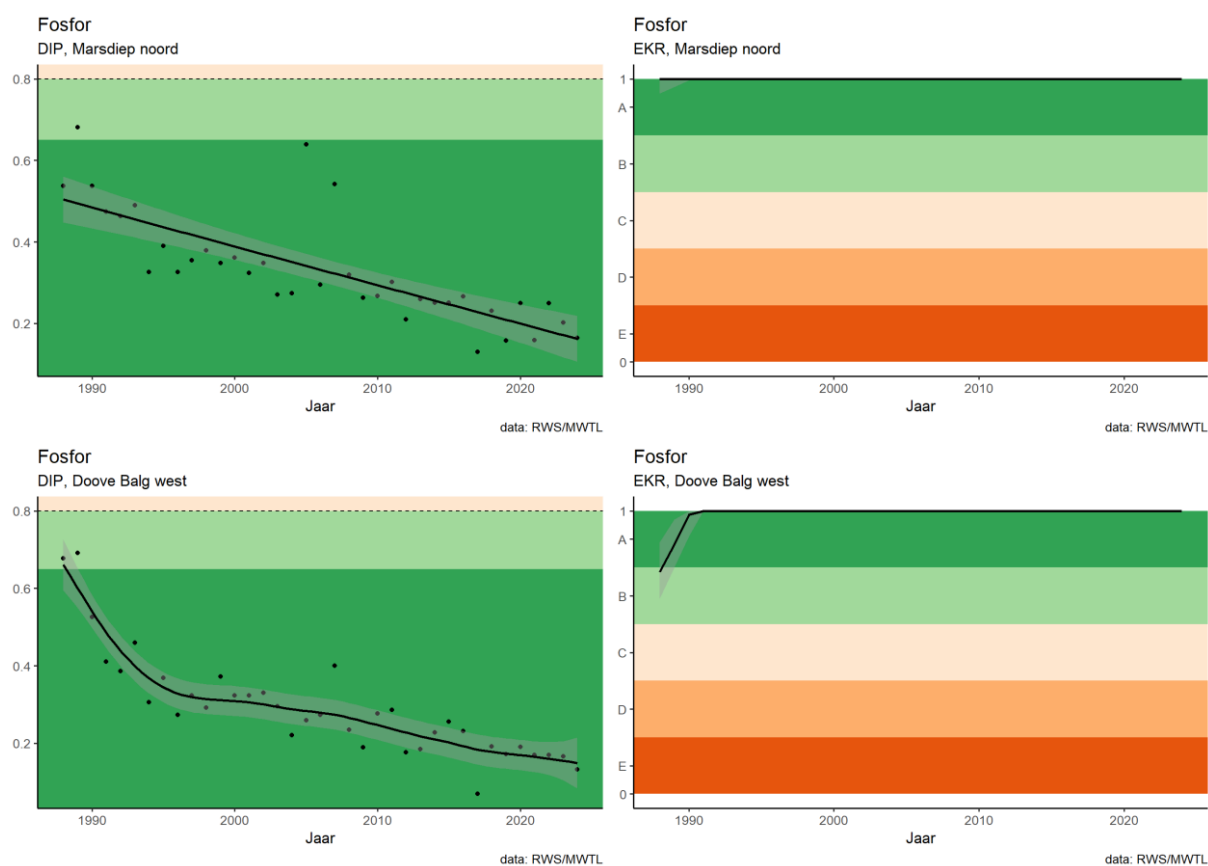
Fosfor

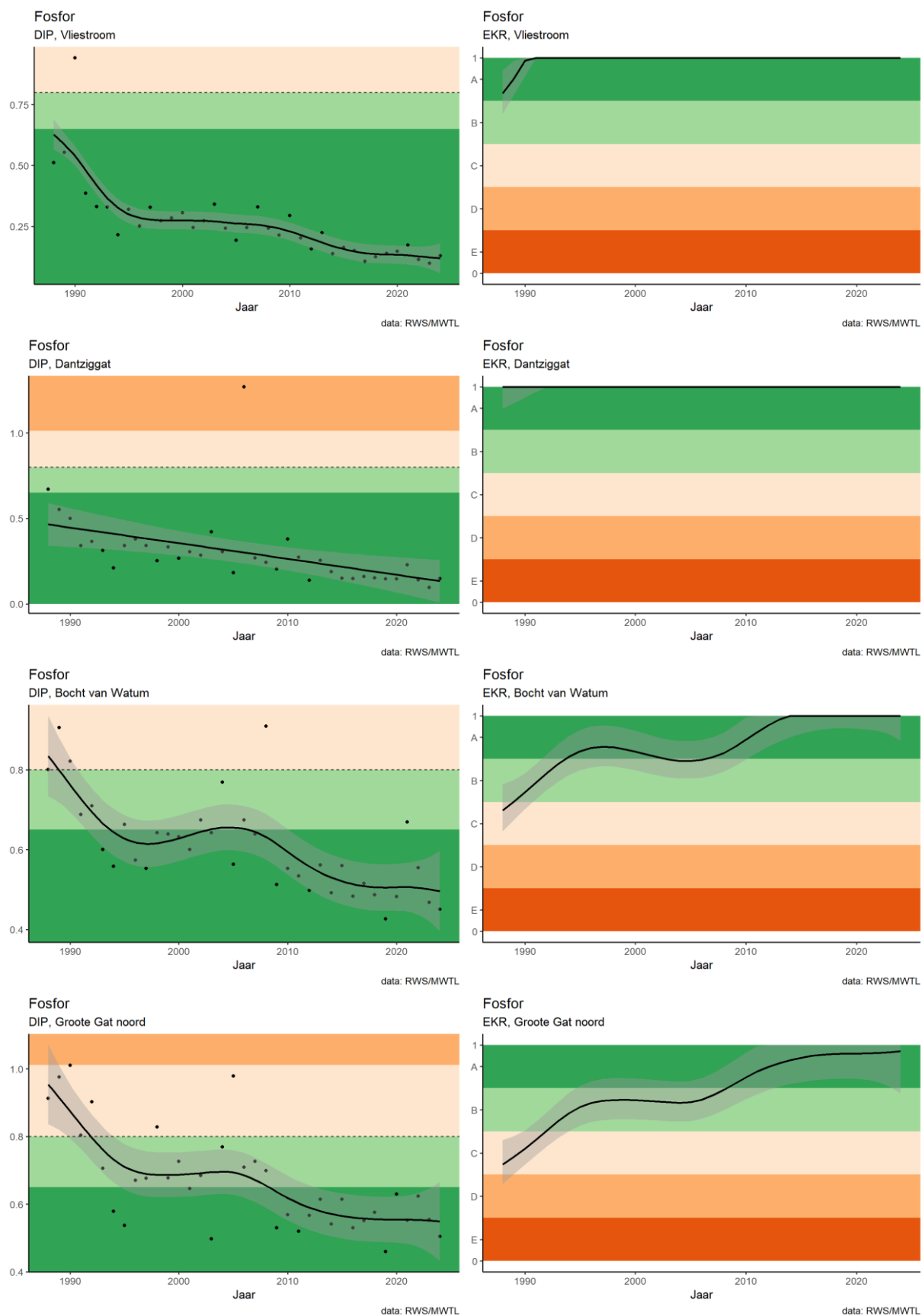
DIP, wintergemiddelde



data: RWS/MWTL

Figuur 81: Tijdreeksen van DIN voor 6 locaties in de Waddenzee sinds 1988. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 0,8 µmol/l.





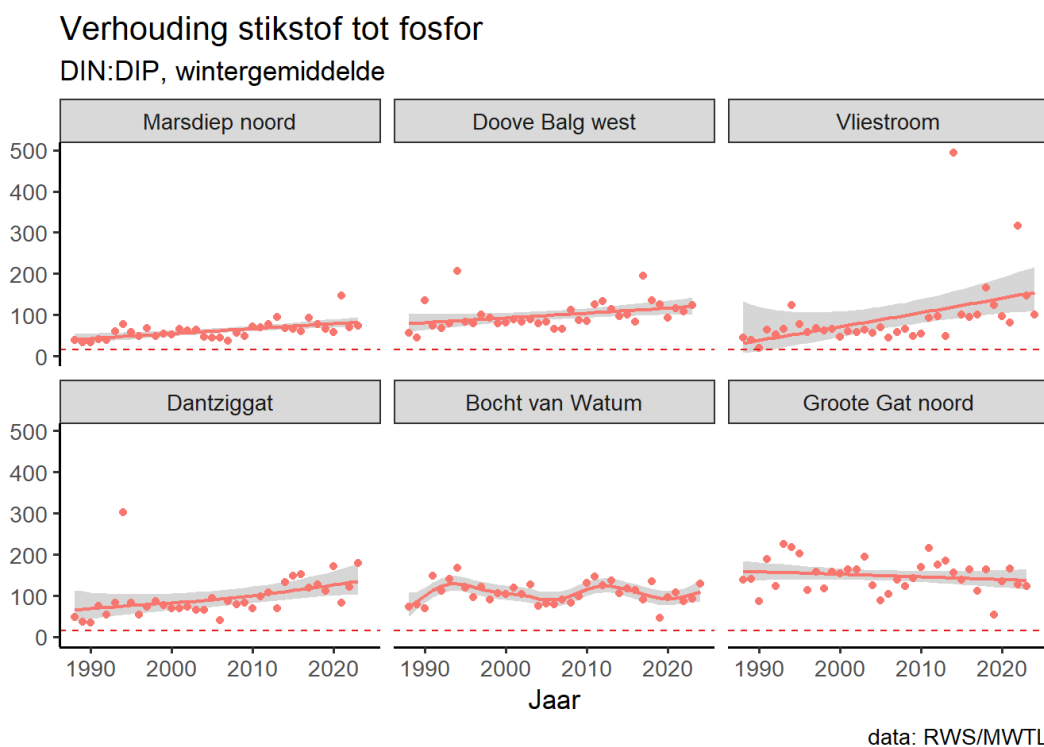
Figuur 82: Tijdreeksen van *Dissolved Inorganic Phosphorus* (DIP) en de bijbehorende EKR beoordeling voor 6 locaties in de Waddenzee sinds 1988.

4.2.5 DIN:DIP

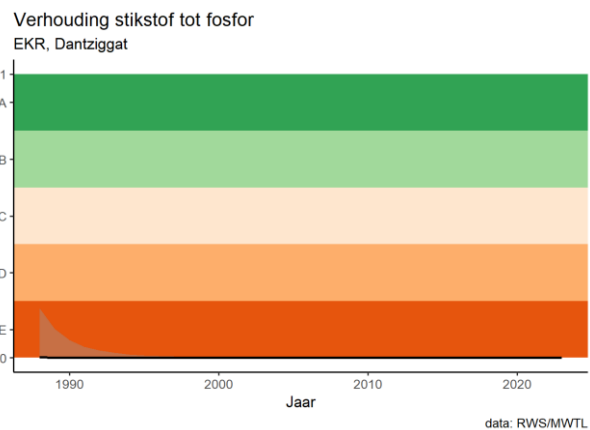
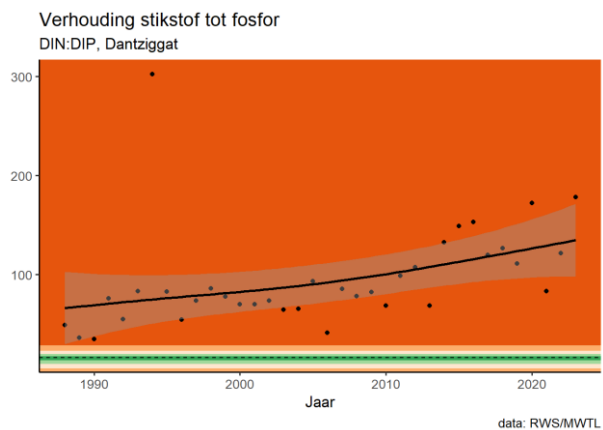
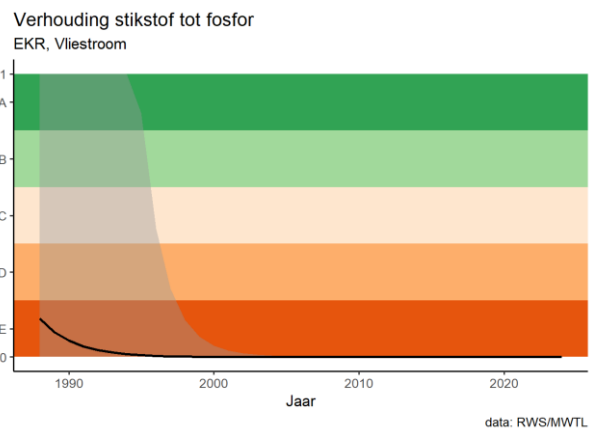
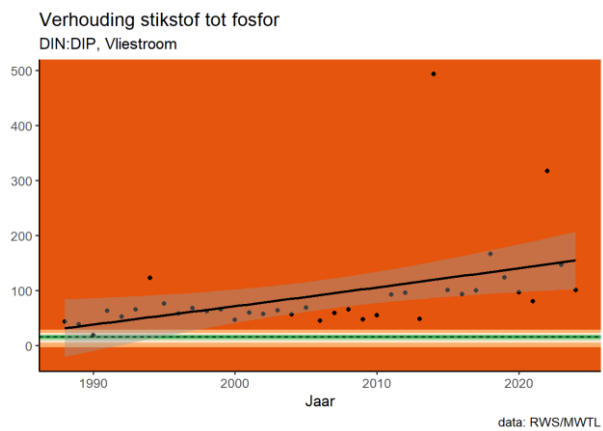
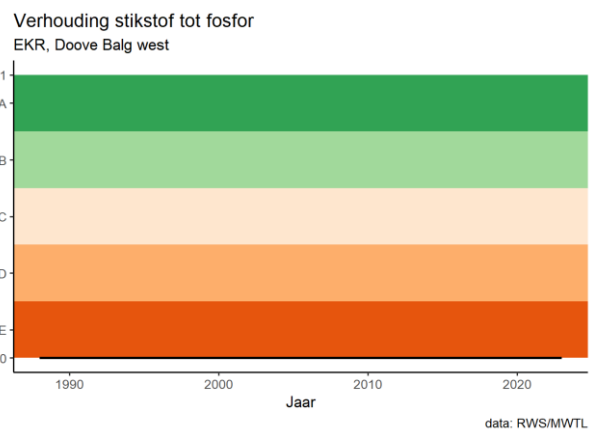
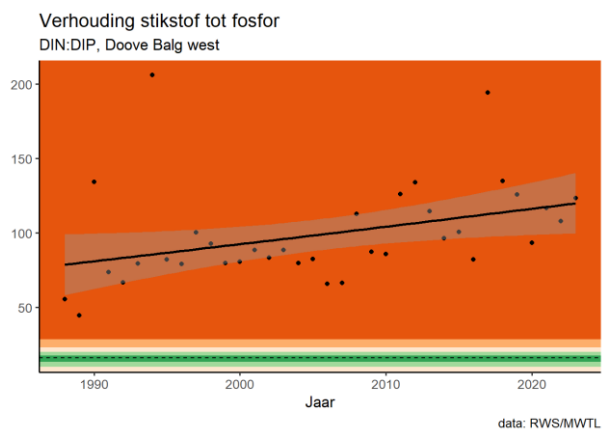
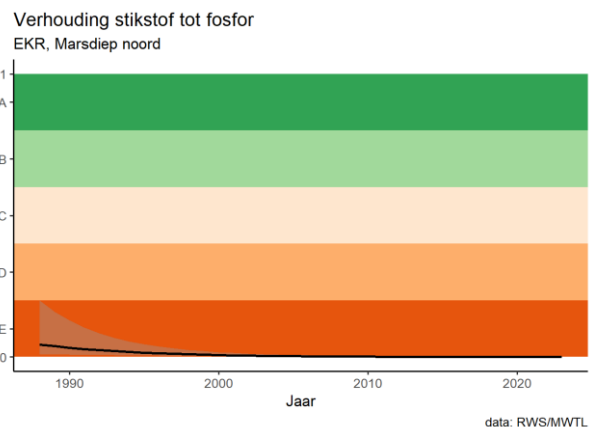
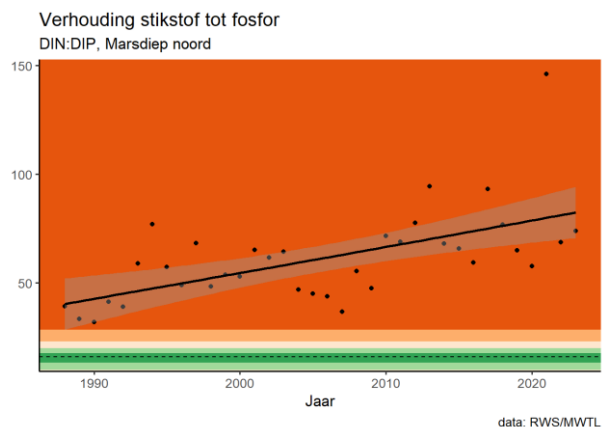
De verhouding tussen DIN en DIP is bepalend voor het groeipotentieel van fytoplankton. In zes van de locaties waren voldoende metingen in recente jaren om deze mee te nemen in de analyse. Deze locaties zijn Marsdiep noord, Doove Balg west en Vliestroom uit de Westelijke Waddenzee, Dantziggat uit de Oostelijke Waddenzee, en Bocht van Watum en Groote Gat noord uit Eems-Dollard.

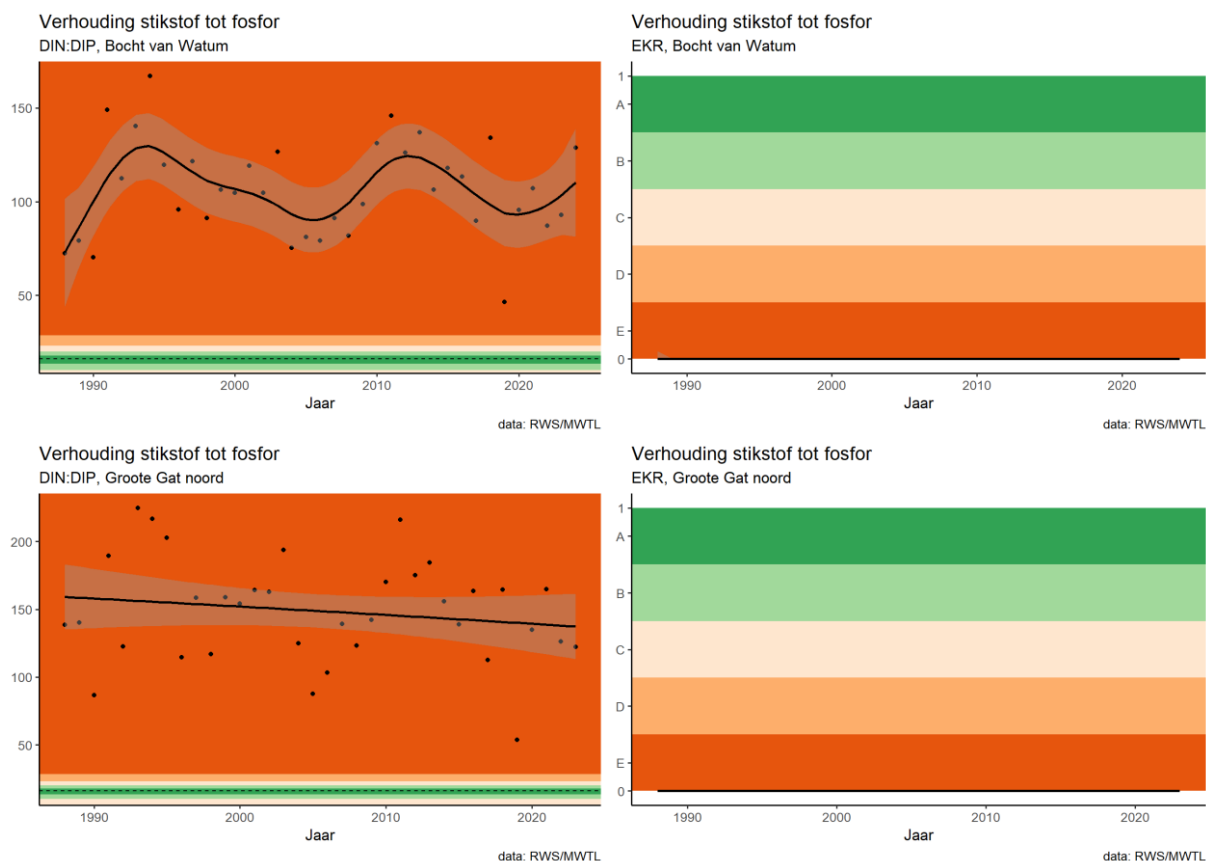
Naast één figuur met een tijdreeks en trend voor elke locatie, heeft iedere locatie ook twee EKR figuren. Het figuur links plot de gemeten waarden waarbij de achtergrond aangeeft in welke EKR beoordelingscategorie deze waarde valt, terwijl in het rechter figuur de letterlijk EKR waardes zijn geplot tegen de tijd.

Voor alle locaties zijn de trend en de metingen altijd boven het optimale DIN:DIP-ratio van 16:1, wat in alle gevallen resulteert in een slechte EKR beoordeling. De trend is stabiel bij Bocht van Watum en Groote Gat noord, en stijgend op de andere locaties. Deze positieve afwijking geeft aan dat, hoewel de absolute hoeveelheden stikstof en fosfor meestal laag genoeg zijn (alleen de DIN metingen in Eems-Dollard zijn structureel te hoog), er een relatief overschot is aan stikstof in de Waddenzee.



Figuur 83: Tijdreeksen van DIN:DIP voor 6 locaties in de Waddenzee sinds 1988. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn optimale ratio van 16:1.





Figuur 84: Tijdreeksen van de DIN:DIP verhouding en de bijbehorende EKR beoordeling voor 6 locaties in de Waddenzee sinds 1988.

4.2.6 Samenvatting, conclusies, discussie

Voor de Waddenzee in strikte zin (zonder Eems-Dollard) geldt dat eutrofiëring door stikstof (DIN) of fosfor (DIP) beide op orde zijn en stabiel of verder dalend. Voor het Eems-Dollard estuarium zijn de stikstofgehalten echter nog te hoog. De DIN:DIP ratio wijkt echter sterk af van de ideale Redfield ratio. Dit kan verklaard worden doordat het beleid om de eutrofiëring door fosfor terug te dringen de afgelopen decennia succesvoller is geweest dan het stikstofbeleid.

Tabel 18. Samenvatting van indicator Nutriëntenconcentraties.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Nutriënten	DIN	Marsdiep noord	1.00 (1.00 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Doove Balg west	1.00 (0.86 – 1.00)	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Vliestroom	1.00 (1.00 – 1.00)	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Dantziggat	1.00 (0.99 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	0.23 (0.16 – 0.34)	D (D-E)	Onvoldoende	Afnemend	Verbeterend
		Groote Gat noord	0.09 (0.06 – 0.15)	E	Onvoldoende	Afnemend	Verbeterend
	DIP	Marsdiep noord	1.00 (1.00 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Doove Balg west	1.00 (1.00 – 1.00)	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Vliestroom	1.00 (1.00 – 1.00)	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Dantziggat	1.00 (1.00 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	1.00 (0.89 – 1.00)	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Groote Gat noord	0.97 (0.78 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
	DIN:DIP	Marsdiep noord	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Doove Balg west	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Vliestroom	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Dantziggat	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Bocht van Watum	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Groote Gat noord	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten

- Er is nu enkel gekeken naar de concentraties nutriënten in de Waddenzee. Voor een vollediger analyse zou ook de toevoer van nutriënten vanuit de verschillende bronnen (IJsselmeer; Eems; boezem; Noordzee, atmosfeer) bekeken kunnen worden.
- Indicatoren voor nutriënten zouden expliciet gekoppeld kunnen worden aan indicatoren voor primaire productie (zie paragraaf 5.1).
- Vanuit de context van de voedselbeschikbaarheid in de Waddenzee worden er al zorgen geuit dat een afname in schelpdieren (zie ook paragraaf 5.2) mogelijk gerelateerd kan zijn aan een *de-eutrofiering* van de Waddenzee (Heidinga et al., 2023, en referenties daarin). Hier zou, ook gezien de Streefwaarde voor de Waddenzee als productief systeem, tot op zekere hoogte rekening mee gehouden kunnen worden bij de beoordeling van de indicatoren. Dit is echter een complexe discussie die raakt aan de normatieve interpretatie van menselijke invloed op de ecologie van de Waddenzee.

4.3 Vervuilende stoffen

De chemische waterkwaliteit van de Waddenzee wordt geëvalueerd aan de hand van de concentraties van een aantal vervuilende stoffen, waarbij conceptueel wordt aangesloten bij de Kaderrichtlijn Water (KRW, zie paragraaf 2.2.3 en van Gaalen *et al.*, 2020).

Vanuit de KRW wordt onderscheid gemaakt tussen 45 op Europese schaal vastgestelde **prioritaire stoffen**, waarvan een aantal als **gevaarlijk** worden beschouwd, en 91 aantal **specifieke verontreinigende stoffen** die vooral op nationaal of regionaal niveau relevant worden geacht.

Een aantal van de prioritaire stoffen zijn al zo lang aanwezig in het milieu, dat de huidige aanwezigheid voor een groot deel terug te voeren is op historische belasting. Een voorbeeld hiervan is de inmiddels verboden stof *Tributyltin*, die schadelijk is voor de groei van schelpdieren, en voorheen in anti-aangroeiervarf voor schepen zat. Deze zogenaamde PBT⁵⁴-stoffen worden ‘alomtegenwoordig’, of — formeel — **ubiquitair** genoemd.

Ten behoeve van de Staat van de Waddenzee is in eerste instantie een selectie van 12 stoffen geselecteerd: 5 prioritaire stoffen (waarvan 3 ubiquitair) en 7 specifieke verontreinigende stoffen (waarvan 2 ubiquitair). Ten behoeve van de Staat zijn deze ingedeeld in drie groepen:

- **Zware metalen:** Kwik, Cadmium en Lood
- **Ubiquitaire stoffen:** de PAKs⁵⁵ benzo(b)fluorantheen (BbF) en benzo(ghi)peryleen (BghiPe); het al eerder genoemde anti-aangroeimiddel Tributyltin, en de som van een aantal PBDEs⁵⁶, in gebruik als vlamvertragers.
- **Overige stoffen:** Arseen, het (inmiddels verboden) bestrijdingsmiddel Imidacloprid, en de PAKs benzo(a)antraceen (BaA), Chryseen; en Fluorantheen.

Van de acht prioritaire stoffen worden er zes als ‘gevaarlijk’ beschouwd, wat inhoudt dat hier van uit de KRW strengere maatregelen voor gelden⁵⁷ (van Gaalen *et al.*, 2020).

⁵⁴ Persistent, Bioaccumulerend en Toxisch

⁵⁵ Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen.

⁵⁶ PolygeBromeerde DifenylEthers

⁵⁷ Waterbeheerders moeten zorgen dat uiterlijk in 2027 de lozingen van deze stoffen zijn beëindigd (van Gaalen *et al.*, 2020)

Tabel 19. Overzicht van de stoffen die meegenomen zijn in de Staat van de Waddenzee. Stoffen zijn ingedeeld in drie groepen: ubiquitaire en niet-ubiquitaire prioritaire stoffen, en specifieke verontreinigende stoffen. Voor de prioritaire stoffen is aangegeven of ze binnen de KRW als ‘gevaarlijk’ worden beschouwd. Stoffen in grijs (BbF, BghiPe en SPDE28) zijn in het voorselectieproces afgevallen. Normconcentraties betreffen JG-OGW concentraties, zoals vermeld in het Besluit kwaliteit leefomgeving.

KRW groep		Stof		Gevaarlijk	Normconcentratie
Prioritair	Ubiquitair	Hg	Kwik	Ja	0,00007 µg/l n.f.
		TC4ySn	Tributyltin	Ja	0,0002 µg/l
		BbF	Benzo(b)fluorantheen	Ja	
		BghiPe	Benzo(ghi)peryleen	Ja	
		SPDE28	som PBDE28, 47, 99, 100, 153, 154	Ja	
	Niet-ubiquitair	Cd	Cadmium	Ja	0,2 µg/l n.f.
		Pb	Lood	Nee	1,3 µg/l n.f.
		Flu	Fluorantheen	Nee	0,0063 µg/l
Specifiek		As	Arseen		0,6 µg/l n.f.
		imdcpd	Imidacloprid		0,00083 µg/l
		BaA	benzo(a)antraceen		0,00027 µg/l
		Chr	Chryseen		0,0014 µg/l

4.3.1 Data en methoden

Dataselectie

Voor de twaalf geselecteerde stoffen zijn gegevens beschikbaar vanuit het MWTL meetprogramma van Rijkswaterstaat, en beschikbaar via de waterkwaliteitsportal en de bijbehorende API. Alle individuele metingen zijn voorzien van een kwaliteitscode. Voor de analyse binnen de *Staat* zijn alleen de metingen gebruikt met een normale kwaliteitsbeoordeling.

Voor enkele stoffen (BbF, BghiPe en SPDE28) geldt dat de detectielimiet *groter* is dan de JG-OGW concentratie, die binnen de Staat van de Waddenzee als referentiewaarde wordt gebruikt (zie paragraaf 4.3.2). Als gevolg hiervan zijn deze stoffen afgevallen.

Methodologie

Voor sommige stoffen geldt dat er wijzigingen zijn geweest in meet- of analysemethode. In een aantal gevallen heeft dat er toe geleid dat de data vóór deze wijziging in verband met een trendbreuk zijn afgevallen. Ook is de temporale dekking bekeken en beoordeeld. Hierbij was het belangrijk dat er op een locatie genoeg metingen in recente jaren waren om te kunnen beoordelen wat de trend is en hoe deze zich verhoudt tot de referentiewaarde. Uit deze analyse werd duidelijk er maar op een aantal locaties in de Waddenzee in het afgelopen decennium metingen zijn gedaan. Dit zijn voor alle stoffen Doove Balg west, Dantziggat, Bocht van Watum, en voor een aantal ook Groote Gat noord.

Voor de periodes met voldoende dekking zijn eerst maandgemiddeldes berekend op basis waarvan vervolgens jaargemiddeldes berekend zijn. Hierbij is altijd uitgegaan van het geometrisch gemiddelde. Overige details en stof-specifieke uitdagingen worden later in dit hoofdstuk per stof behandeld.

4.3.2 Referentiewaarden

Voor de verschillende stoffen worden in Bijlage III van het Besluit kwaliteit leefomgeving (Bkl)⁵⁸ en het RIVM zoekstelsel voor stoffen⁵⁹, afhankelijk van de specifieke stof, meerdere 'omgevingswaarden voor water' (OGW) gehanteerd: JG-OGW (jaargemiddelde concentratie), MAC-OGW (maximum aanvaarbare concentratie) en het gehalte in biota. In lijn met de algehele aanpak in de Staat van de Waddenzee wordt hier gebruik gemaakt van de JG-OGW waarden (Tabel 19). Deze concentraties worden vervolgens vertaald naar een EKR-waarde van 0,6. Volgens het 'minder is beter'-principe.

⁵⁸ <https://wetten.overheid.nl/BWBR0041313/2025-07-01#BijlageIII>. Meer detailinformatie over milieunormen kan worden gevonden in <https://rvszoekstelsel.rivm.nl/Stoffen>

⁵⁹ <https://rvszoekstelsel.rivm.nl/Stoffen>

4.3.3 Ubiquitaire prioritaire stoffen

Dit betreft twee (van de oorspronkelijk vijf geselecteerde) stoffen: Kwik en Tributyltin.

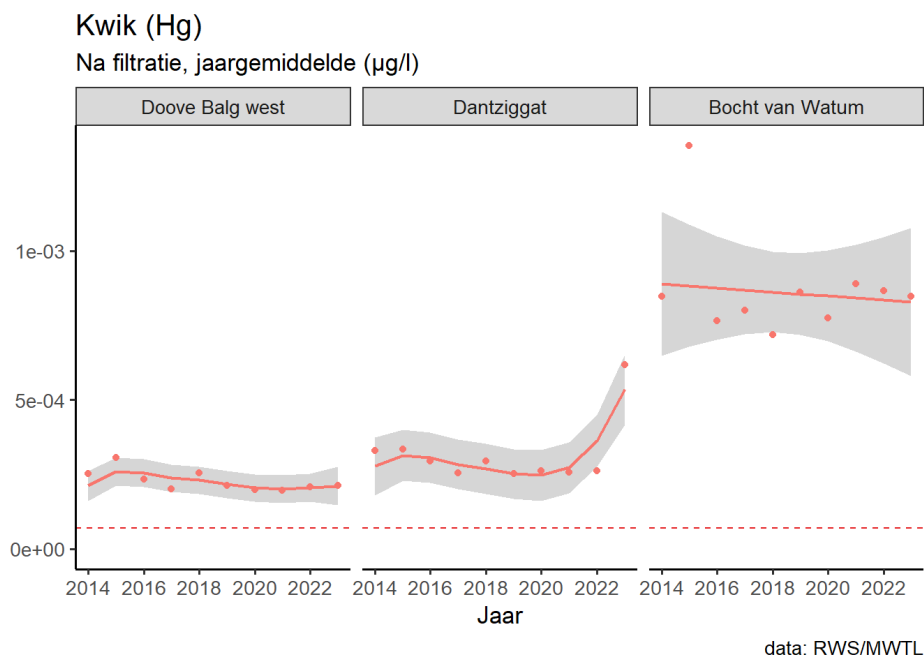
Kwik (Hg)

Kwik is binnen de KRW geclassificeerd als een prioritair gevaarlijke en alomtegenwoordige stof. Het giftige zware metaal kwik komt deels in de Waddenzee terecht via wateremissies, maar voor het grootste deel als depositie vanuit de atmosfeer. Dit atmosferische kwik is grotendeels afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen. Door de Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) is kwik geïdentificeerd als één van de 10 meest zorgwekkende vervuulende chemische stoffen.⁶⁰

In 2014 is het MWTL programma overgegaan op een nieuwe waardebepalingsmethode voor kwik, de 'Inductie gekoppeld plasma – massaspectrometrie' (ICP-MS) -methode. Vanwege deze breuk in methodologie is alleen data vanaf 2015 meegenomen in de analyse.

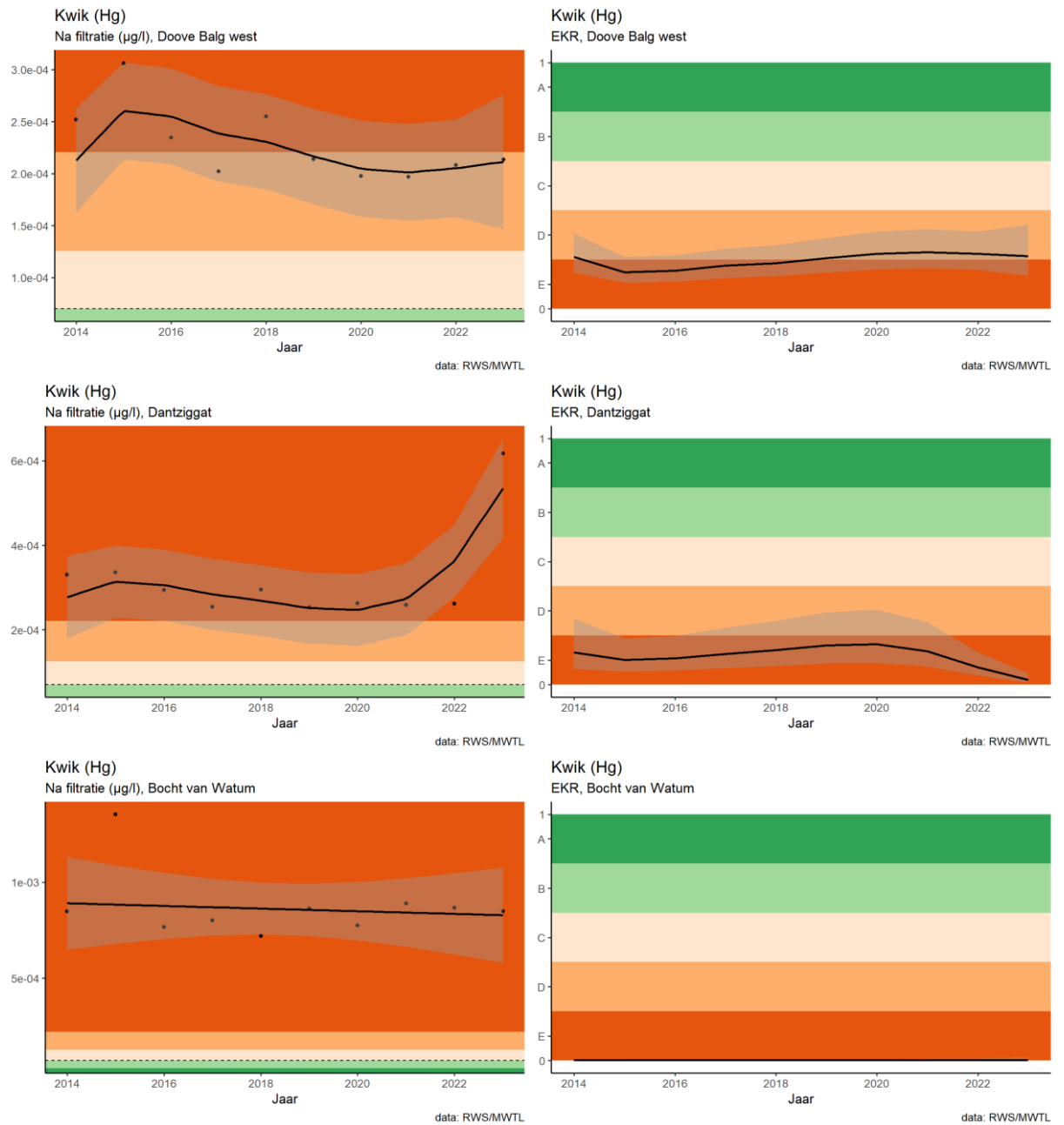
Data zijn beschikbaar voor drie locaties: Doove Balg west, Dantziggat en Bocht van Watum. De jaargemiddelde concentraties kwik nemen toe van west naar oost. Voor alle drie de locaties is de jaargemiddelde concentratie kwik echter ruim **boven** de JG-OGW norm. In de Bocht van Watum (Eemsmonding) wordt deze norm zelfs met ongeveer een factor 10 overschreden.

Op het oog lijkt in de twee westelijke locaties gedurende het grootste deel van de tijdreeks sprake van een zeer lichte dalende trend. In de Bocht van Watum lijkt (afgezien van 2015) sprake te zijn van een lichte stijging. Deze trends zijn echter niet significant, en dus geclassificeerd als **stabiel**. In het Dantziggat is vooral de laatste jaarwaarde heel hoog, leidend tot een **verslechterende** trend; in hoeverre dat een tijdelijke uitschieter is zal nog blijken als er nieuwe jaren beschikbaar komen.



Figuur 85: Tijdreeksen van kwik (Hg) voor 3 locaties in de Waddenzee vanaf 2014. De rode punten geven de individuele jaargemiddelden aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheids-interval van die trend en de rood-gestreepte lijn de JG-norm van 0,00007 µg/l.

⁶⁰ <https://www.who.int/news-room/photo-story/detail/10-chemicals-of-public-health-concern>



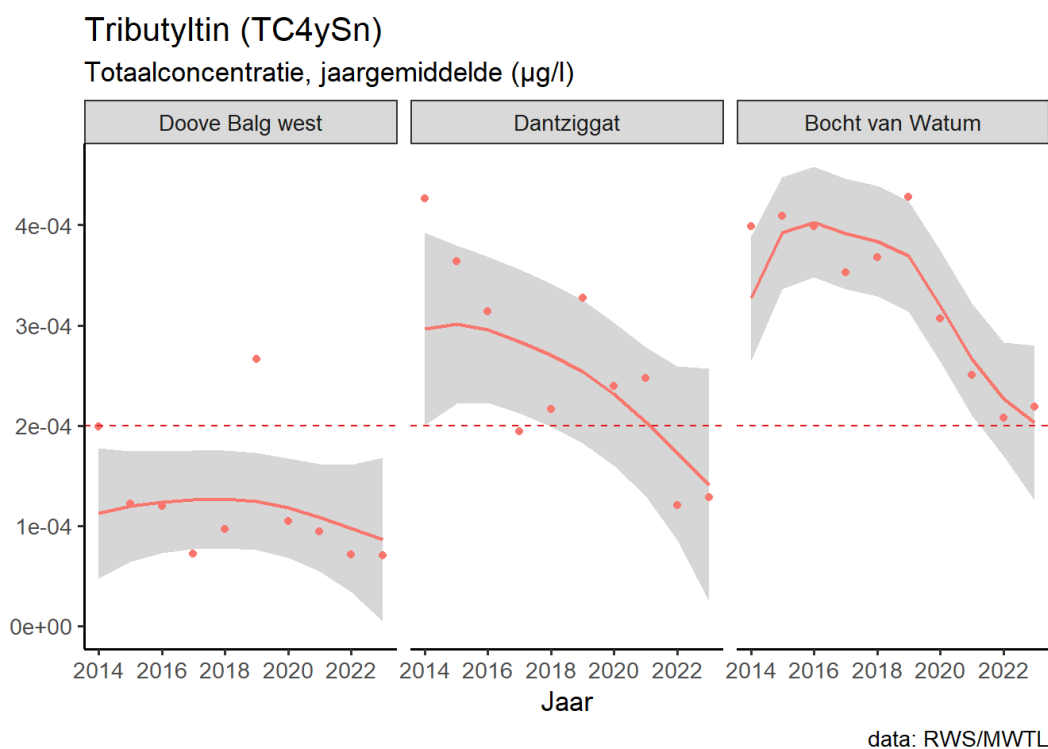
Figuur 86: Tijdreeksen van kwik en de bijbehorende EKR score voor de locaties Doove Balg west, Dantziggat en Bocht van Watum sinds 2014.

Tributyltin (TC4ySn)

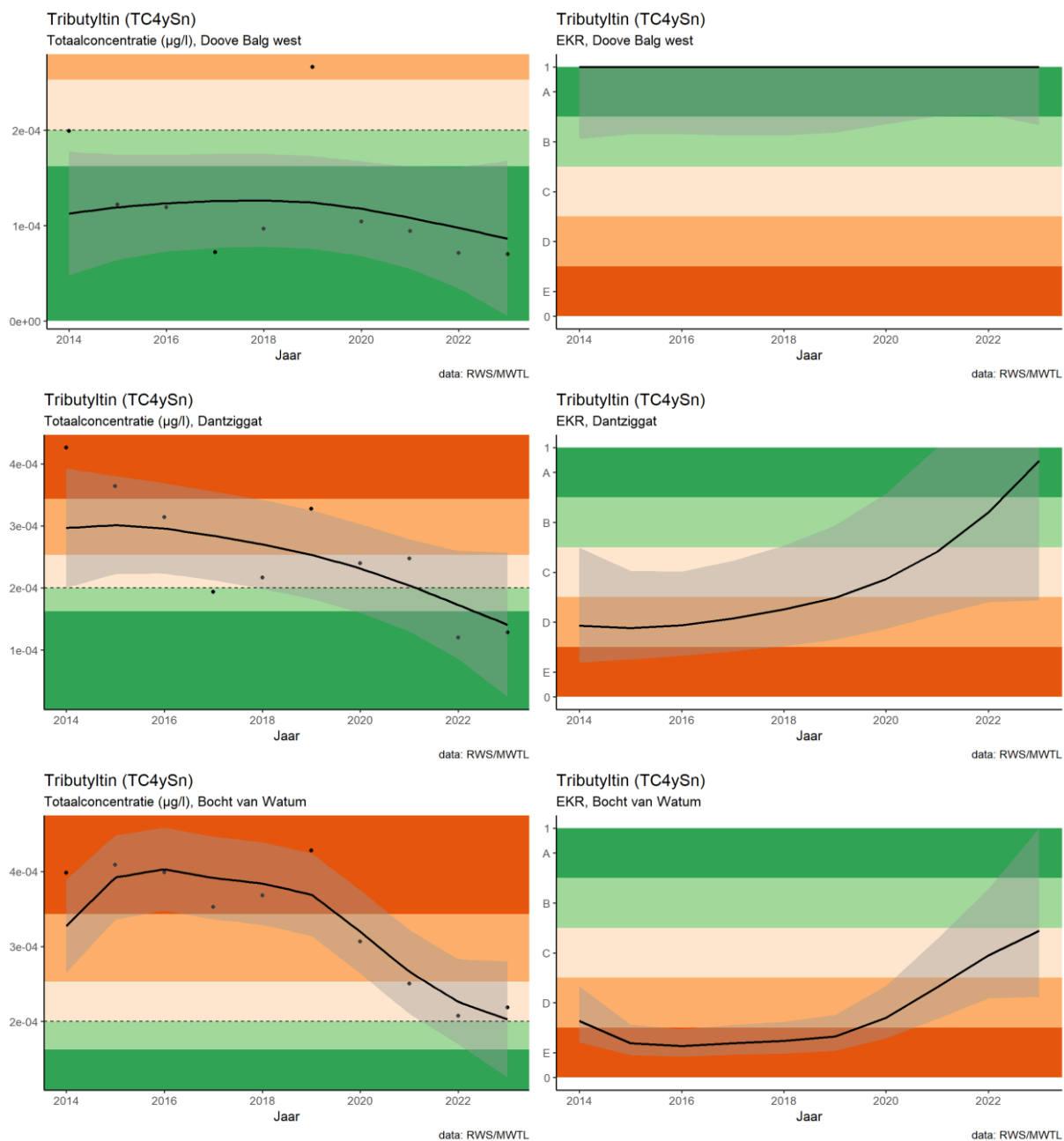
Tributyltin, een groep van verschillende organotin-verbindingen, werd voorheen gebruikt in anti-aangroeiwerk voor schepen. De stof heeft een sterk versturende werking op de voortplanting van schelpdieren, zoals purperslak en wulk. Inmiddels is de stof verboden.

De waardebepalingsmethode voor tributyltin is in 2014 veranderd van “GCMS (Omegam)” naar “GC-ICP-MS”. Vanwege deze methodebreuk zijn alleen metingen sinds 2014 meegenomen in de analyse.

Hoewel voor Dantziggat en Bocht van Watum een dalende trend zichtbaar is, liggen de gemiddelde tributyltin waarden momenteel rondom de referentiewaarde. Dit resulteert nog niet in een ‘betere’ EKR beoordeling in recente jaren voor beide locaties. De metingen in Doove Balg west waren op één na altijd onder de referentiewaarde, en de trend heeft daardoor voor de gehele periode een zeer goede EKR beoordeling.



Figuur 87: Tijdreeksen van tributyltin (TC4ySn) voor 3 locaties in het Waddenzeegebied sinds 2014. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 0,2 $\mu\text{g/l}$.



Figuur 88: Tijdreeksen van tributyltin met EKR score op de locaties Doove Balg west, Bocht van Watum en Dantziggat sinds 2014.

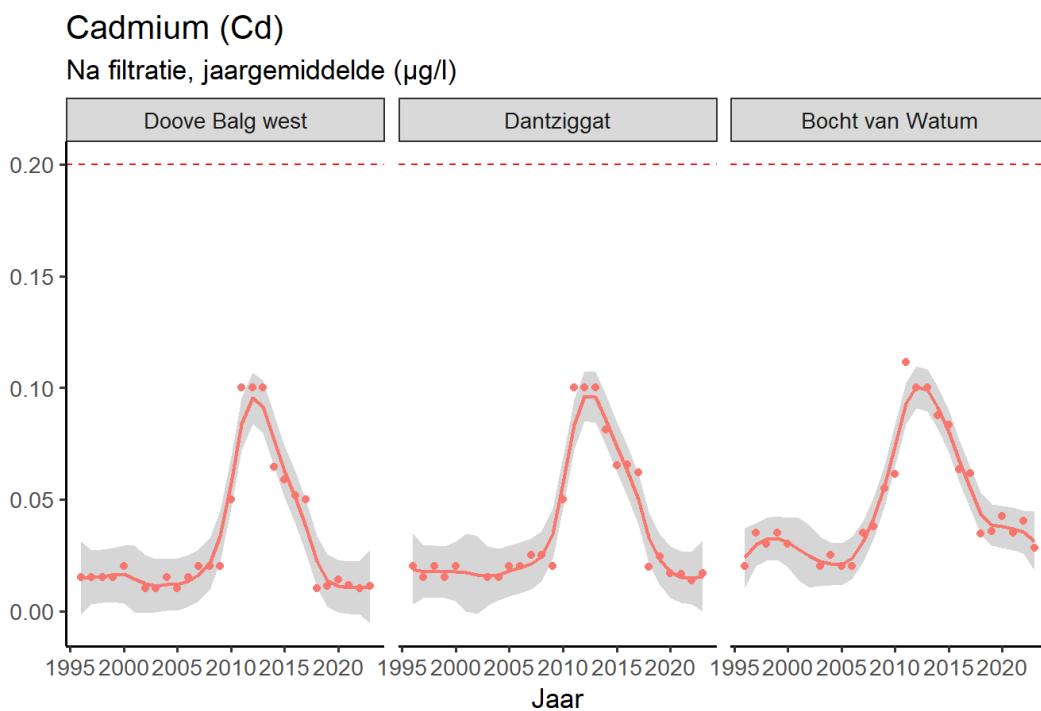
4.3.4 Ubiquitaire stoffen.

Dit betreft twee zware metalen, cadmium en lood, en de PAK Fluoranteen.

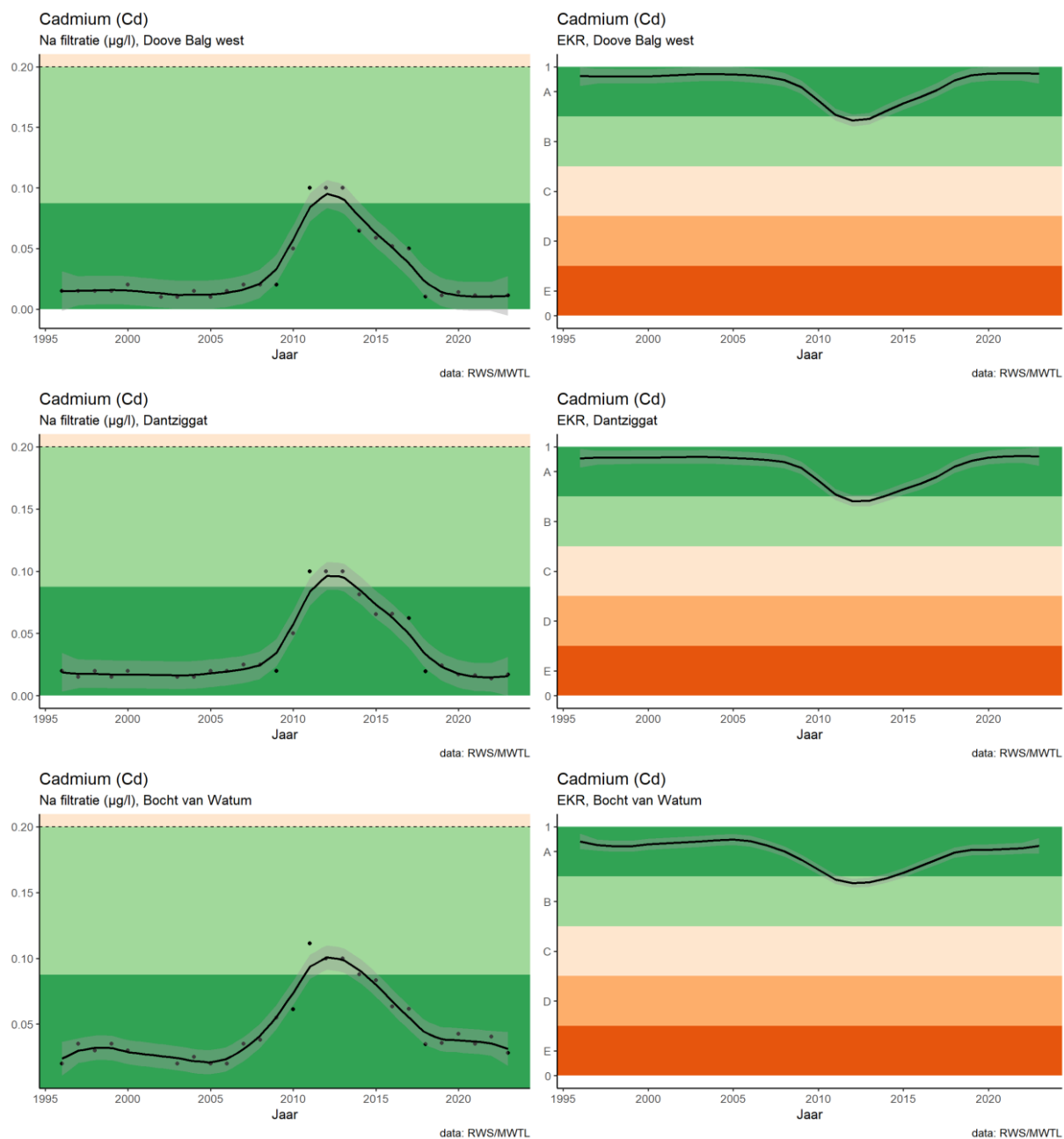
Cadmium (Cd)

Vanaf mei 2005 is er een verandering in bepalingsmethode voor cadmium geweest, namelijk van “AAS-GF (Atomaire absorptie spectrometrie - grafietoven)” naar “ICP-MS (Inductie gekoppeld plasma - massaspectrometrie)”. Het is niet duidelijk of de waarden van deze twee methoden met elkaar te vergelijken zijn. Er lijkt geen signaal in de data te zijn om dit aan te nemen. Een eventuele methodebreuk heeft echter geen tot minimale invloed op de trend gedurende de laatste twaalf jaar.

De tijdreeksen en berekende trends volgen een bijna identiek patroon voor alle locaties. Er is een sterke stijging zichtbaar tussen 2008 tot 2012, waarna het weer in een aantal jaar afneemt naar de niveaus van voor de stijging. De gemiddelde cadmiumconcentraties zijn ruim onder de referentiewaarde voor alle tijdreeksen wat resulteert in consistente hoge EKR waarden.



Figuur 89: Tijdreeksen van cadmium (Cd) voor 3 locaties in het Waddenzeegebied. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van $0,2 \mu\text{g/l}$.



Figuur 90: Tijdreeksen van cadmium en de bijbehorende EKR score voor de locaties Doove Balg west, Dantziggat en Bocht van Watum sinds 1996.

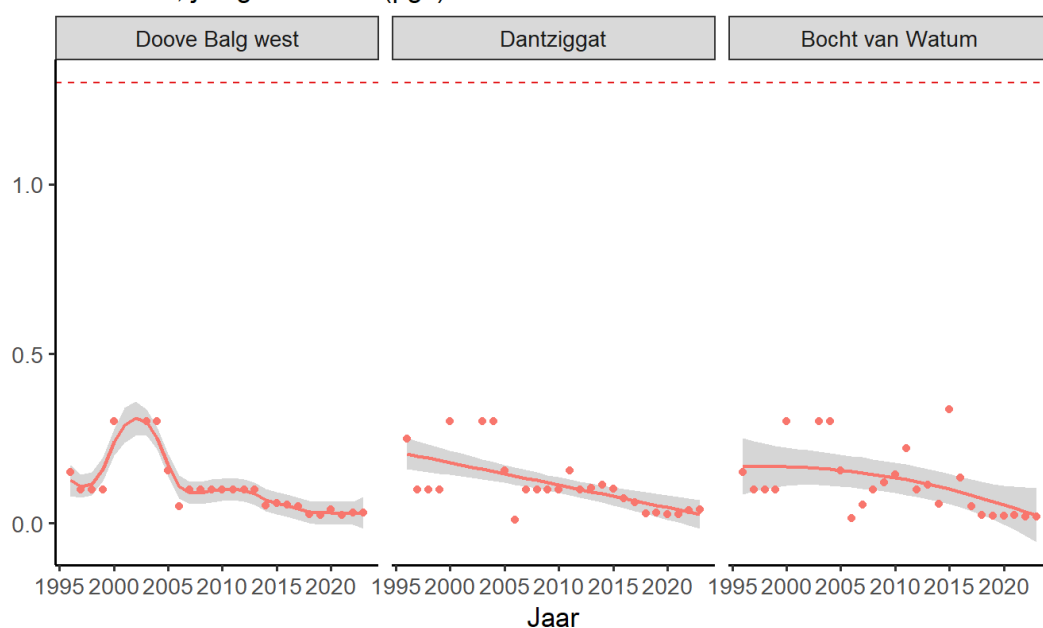
Lood (Pb)

De waardebepalingsmethode voor lood is in mei 2005 veranderd van “AAS-GF (Atomaire absorptie spectrometrie - grafietoven)” naar “ICP-MS (Inductie gekoppeld plasma - massaspectrometrie)”. Het is onduidelijk of dit betekent of de waarden te vergelijken zijn van daarvoor en erna. Wat opvalt is dat er veel metingen zijn die dezelfde (mogelijke afgeronde) waarde aangeven: 0,3, 0,1, 0,02 of 0,05 µg/l.

Voor de verdere analyse wordt gewerkt met de periode waarin voor alle drie de locaties gegevens beschikbaar zijn, d.w.z. vanaf 1996. De lood concentraties volgen op alle locaties een vergelijkbaar patroon. Hierbij is er een duidelijke daling zichtbaar sinds 2005. Alle metingen en trends zitten ruim onder de referentiewaarde waardoor de EKR beoordeling in alle gevallen hoog is (klasse A).

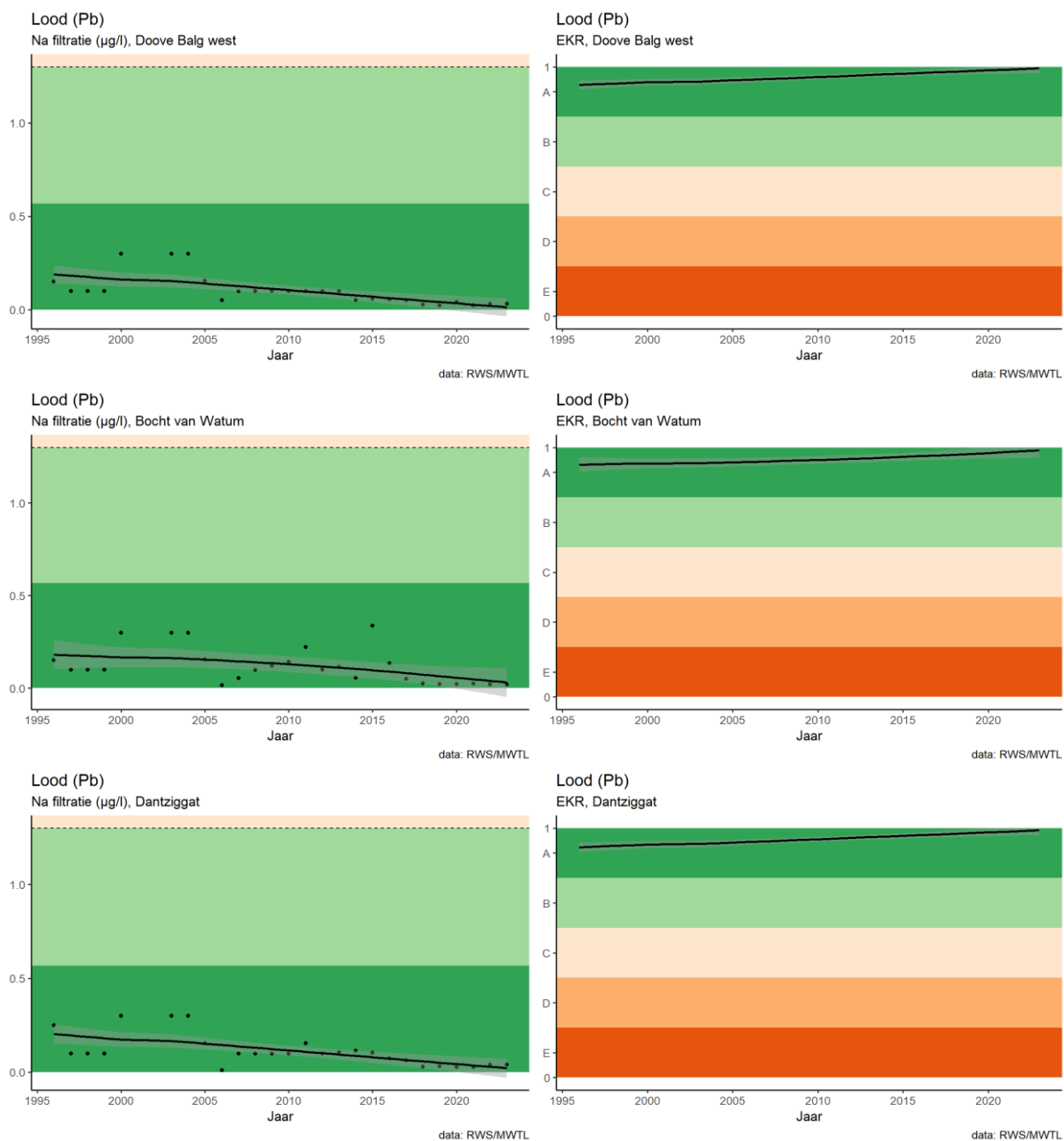
Lood (Pb)

Na filtratie, jaargemiddelde (µg/l)



data: RWS/MWTL

Figuur 91: Tijdreeksen van lood (Pb) voor 3 locaties in het Waddenzeegebied sinds 1996. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 1,3 µg/l.



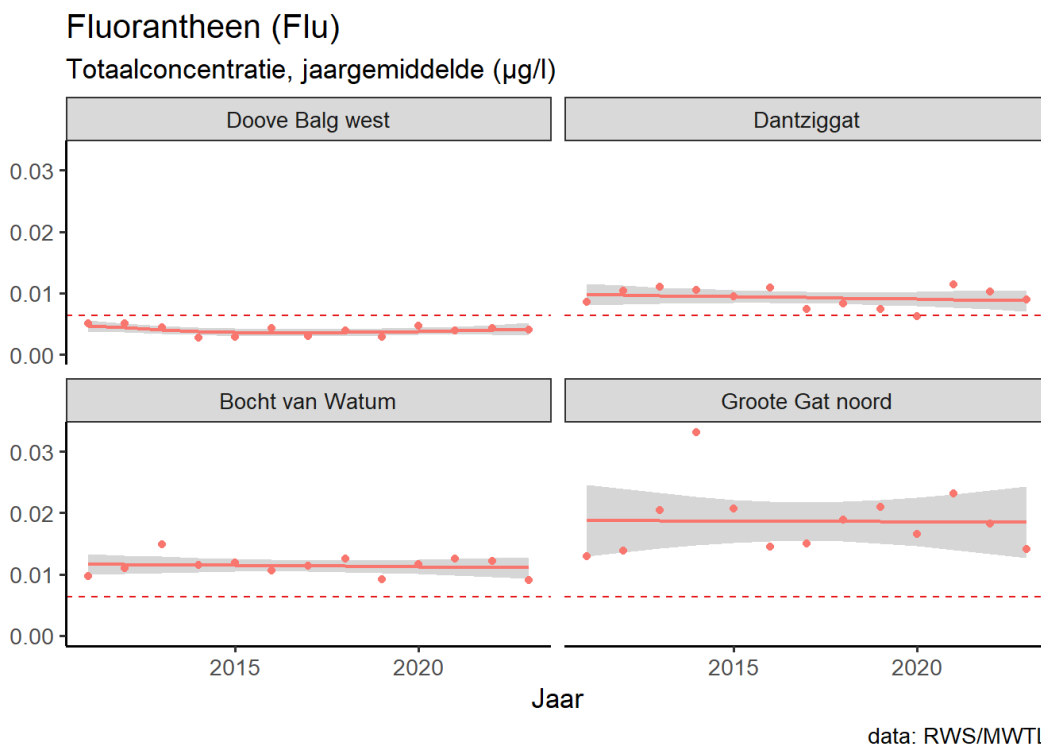
Figuur 92: Tijdreeksen van lood en de EKR score voor de locaties Doove Balg west, Bocht van Watum en Dantziggat sinds 1996.

Fluorantheen (Flu)

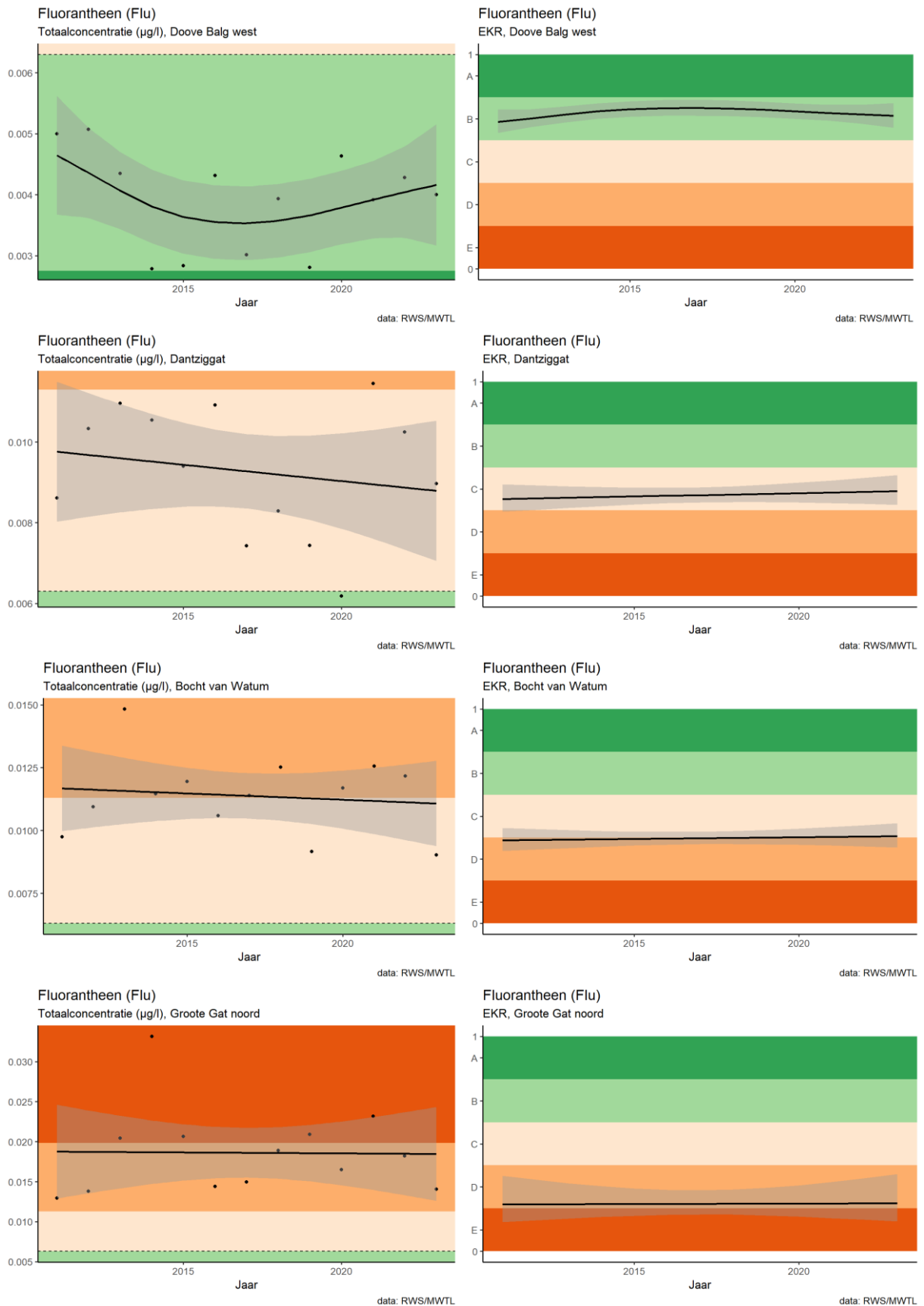
Fluorantheen is een moeilijk in water oplosbare stof die onder andere voorkomt in het impregneermiddel creosoot, een middel waar vroeger oeverconstructies mee bewerkt werden. Via zulke (en andere) toepassingen belandde de stof in het oppervlakte water van de Waddenzee. Het middel is niet alleen schadelijk voor het waterleven, maar volgens het Internationaal Agentschap voor Kankeronderzoek is het mogelijk ook carcinogeen voor de mens.

In 2010 is er een verandering geweest in waardebepalingstechniek van "HPLC" naar "GC-MS-MS", waardoor in eerste instantie alleen data vanaf 2010 werd meegenomen. Bij nadere inspectie bleken alle goede metingen in 2010 de waarde 0,01 te hebben. Vanaf 2011 gaan de metingen variëren in waarde. Vandaar dat dit het eerste jaar is dat is meegenomen in de analyse. Daarnaast had Doove Balg west veel metingen in 2011 met de waarde 0,0005, wat een gevolg zou kunnen zijn van een detectielimiet. Deze metingen zijn wel meegenomen.

De enige locatie met metingen en een bijbehorende trend onder de referentiewaarde is Doove Balg west (Figuur 93). De overige locaties overschrijden de referentiewaarde structureel, waarbij een afname in kwaliteit te zien is van west naar oost.



Figuur 93: Tijdreeksen van fluorantheen (Flu) voor 4 locaties in het Waddenzeegebied sinds 2011. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 0,0063 $\mu\text{g/l}$.



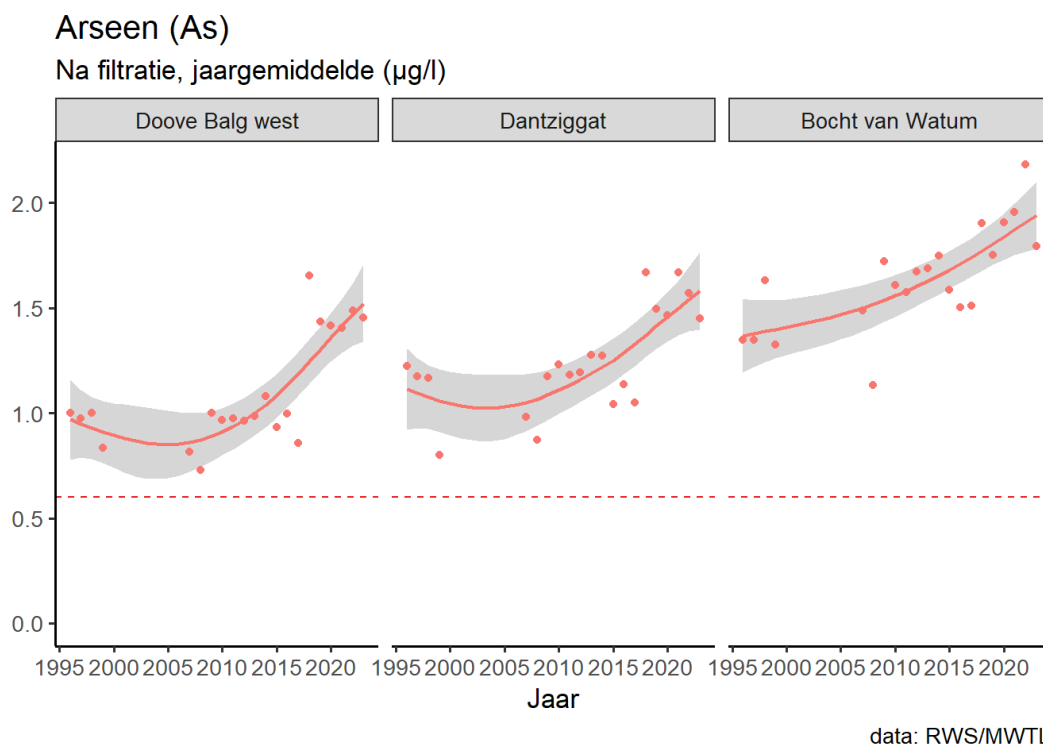
Figuur 94: Tijdreeksen van fluorantheen en de EKR score voor de locaties Doove Balg west, Dantziggat, Groote Gat noord en Bocht van Watum sinds 2011.

4.3.5 Specifieke verontreinigende stoffen

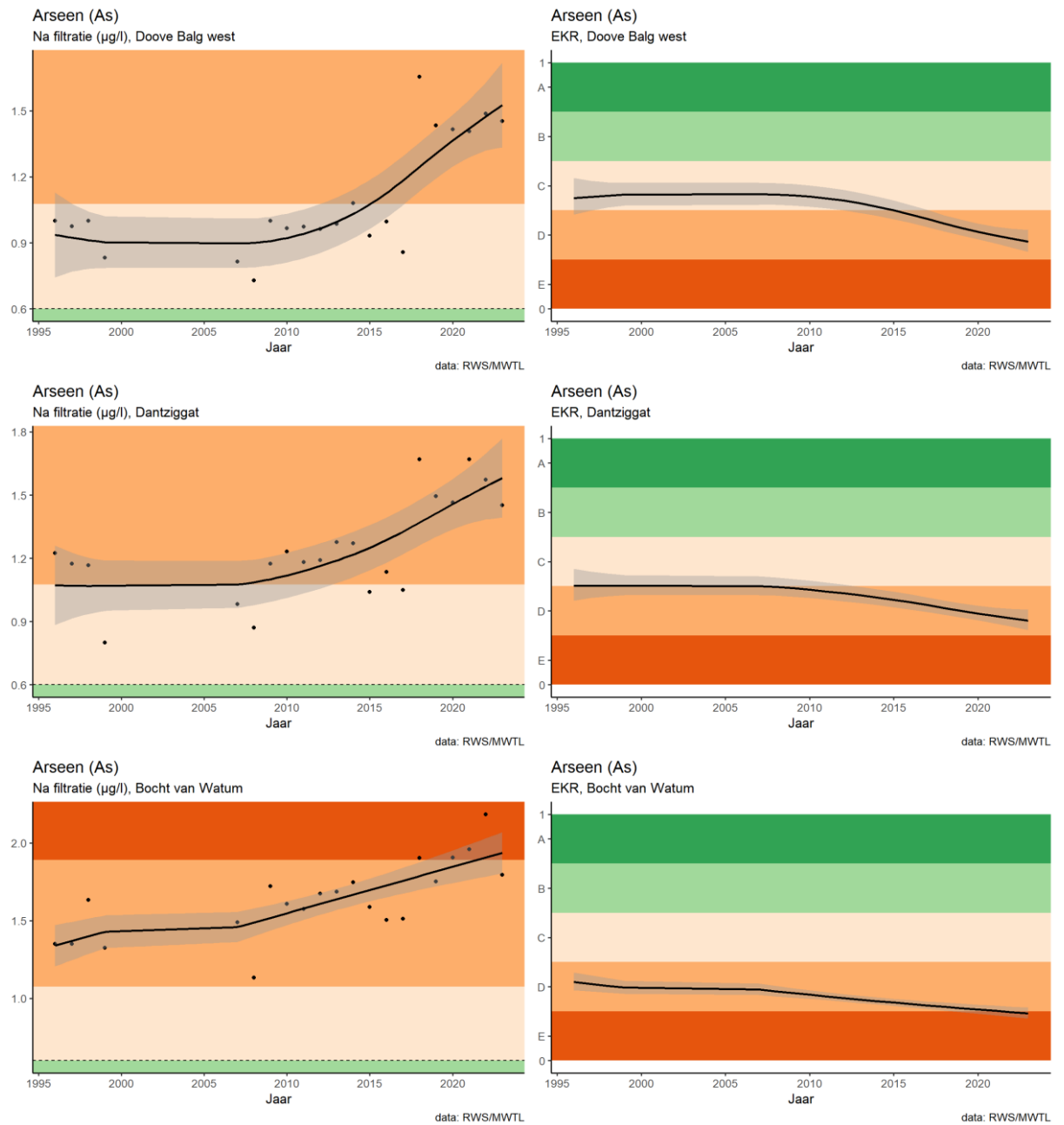
Dit betreft vier stoffen die door Nederland zijn toegevoegd aan de lijst van KRW stoffen vanwege problematiek in specifieke stroomgebieden en waterlichamen. Het betreft Arseen, het (inmiddels verboden) bestrijdingsmiddel Imidacloprid, en de PAKs benzo(a)antraceen (BaA), en Chryseen.

Arseen (As)

Voor arseen zijn drie locaties meegenomen met voldoende dekking in recente jaren. De arseenwaarden op deze locaties volgen grofweg een vergelijkbaar, stijgend (en dus negatief) patroon. De gemiddeldes in Bocht van Watum zijn 2-3 keer hoger dan de referentiewaarde, en hoger dan bij de andere twee locaties (zie Figuur 95). Alle gemiddeldes overschrijden in variërende mate de referentiewaarde. Door de stijging in recente jaren krijgt de trend in recente jaren voor alle locaties een slechte of ontoereikende EKR beoordeling.



Figuur 95: Tijdreeksen van arseen (As) voor 3 locaties in het Waddenzeegebied sinds 1995. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 0,6 $\mu\text{g/l}$.

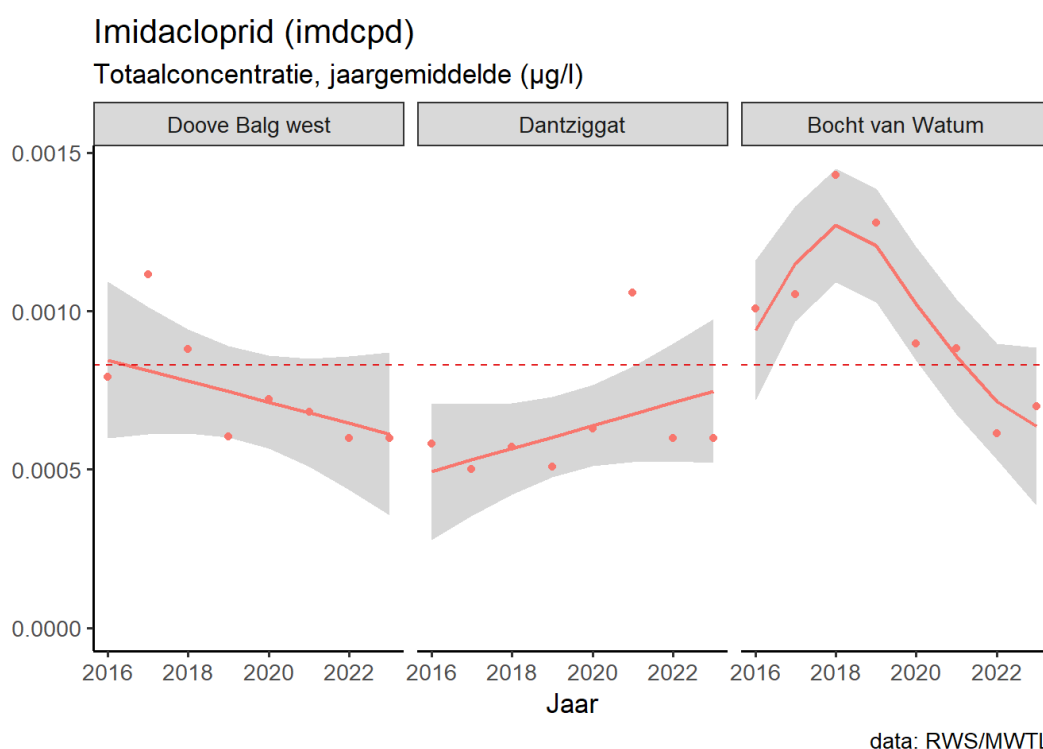


Figuur 96: Tijdreeksen van arseen en de EKR score voor de locaties Doove Balg west, Dantziggat en Bocht van Watum sinds 1996.

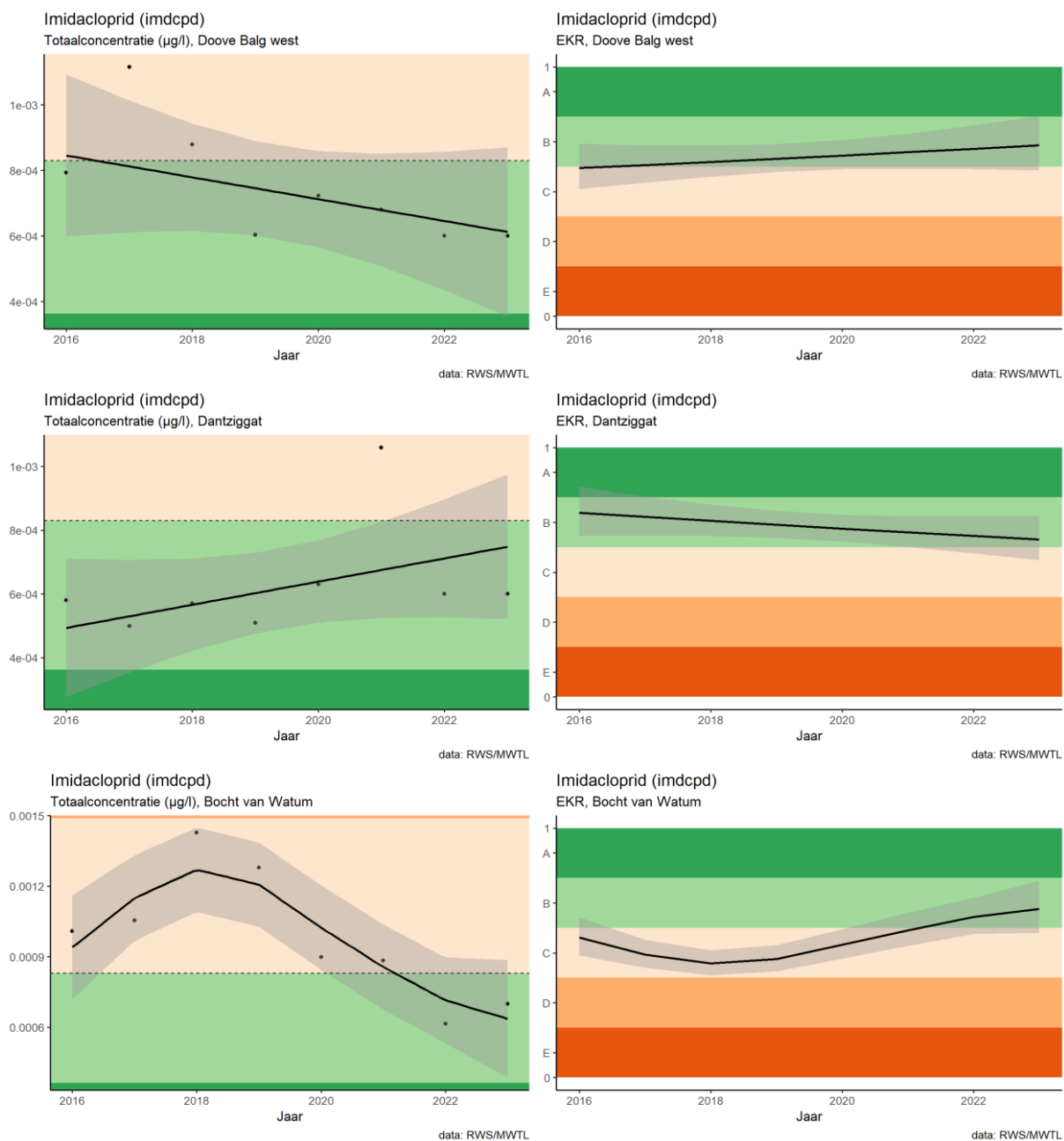
Imidacloprid

Imidacloprid is een insecticide dat wereldwijd gebruikt wordt op grote schaal gebruikt om planten te beschermen tegen schadelijke insecten (Wesdorp, 2023). Hoewel het middel sinds 2020 verboden is als gewassenbeschermingsmiddel wordt het nog steeds in het oppervlaktewater aangetroffen.

Metingen zijn beschikbaar sinds 2016. Bocht van Watum en Doove Balg west hebben een dalende trend in imidacloprid concentraties waarbij de metingen in recente jaren allemaal onder de referentiewaarde liggen. De metingen in Dantziggat lijken een licht positieve trend te volgen, al wordt deze trend voornamelijk bepaald door één (abnormaal) hoog gemiddelde in 2021. De richting van de trend is dan ook erg onzeker. Op dat gemiddelde na liggen alle waarden van Dantziggat onder de referentiewaarde. De EKR beoordelingen zijn dan grotendeels goed, behalve gedurende de piek in Bocht van Watum rond 2018.



Figuur 97: Tijdreeksen van imidacloprid (imdcpd) voor 3 locaties in het Waddenzegebied sinds 2016. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 0,00083 $\mu\text{g/l}$.

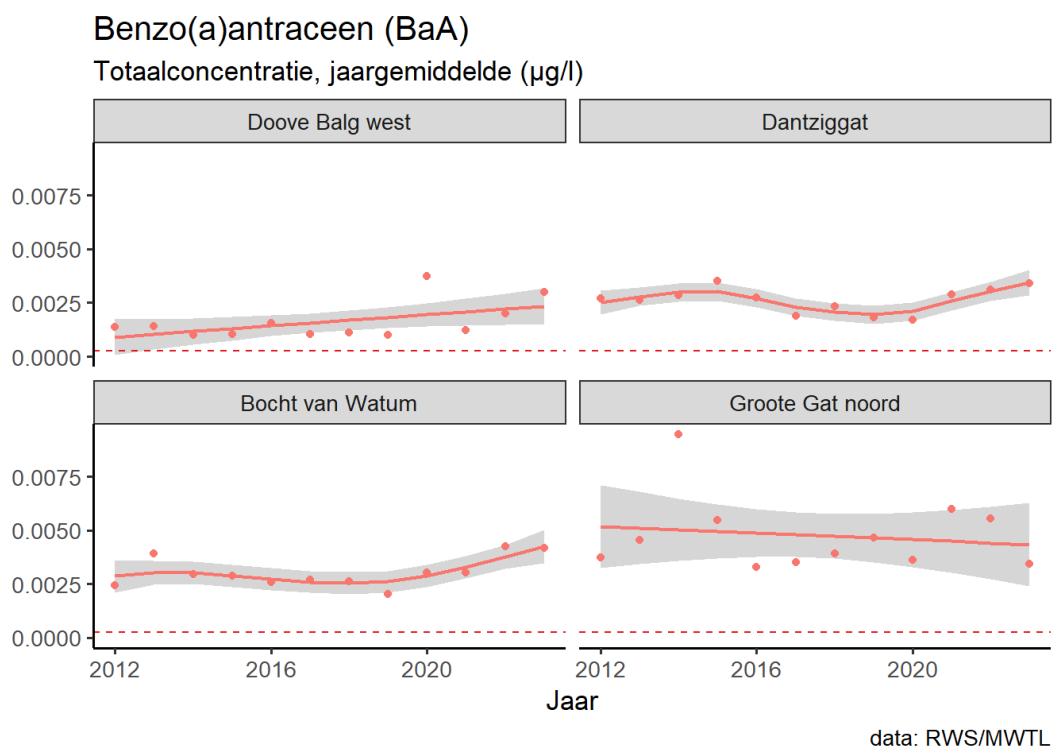


Figuur 98: Tijdreeksen van imidacloprid en de EKR score op de locaties Doove Balg west, Dantziggat en Bocht van Watum sinds 2016.

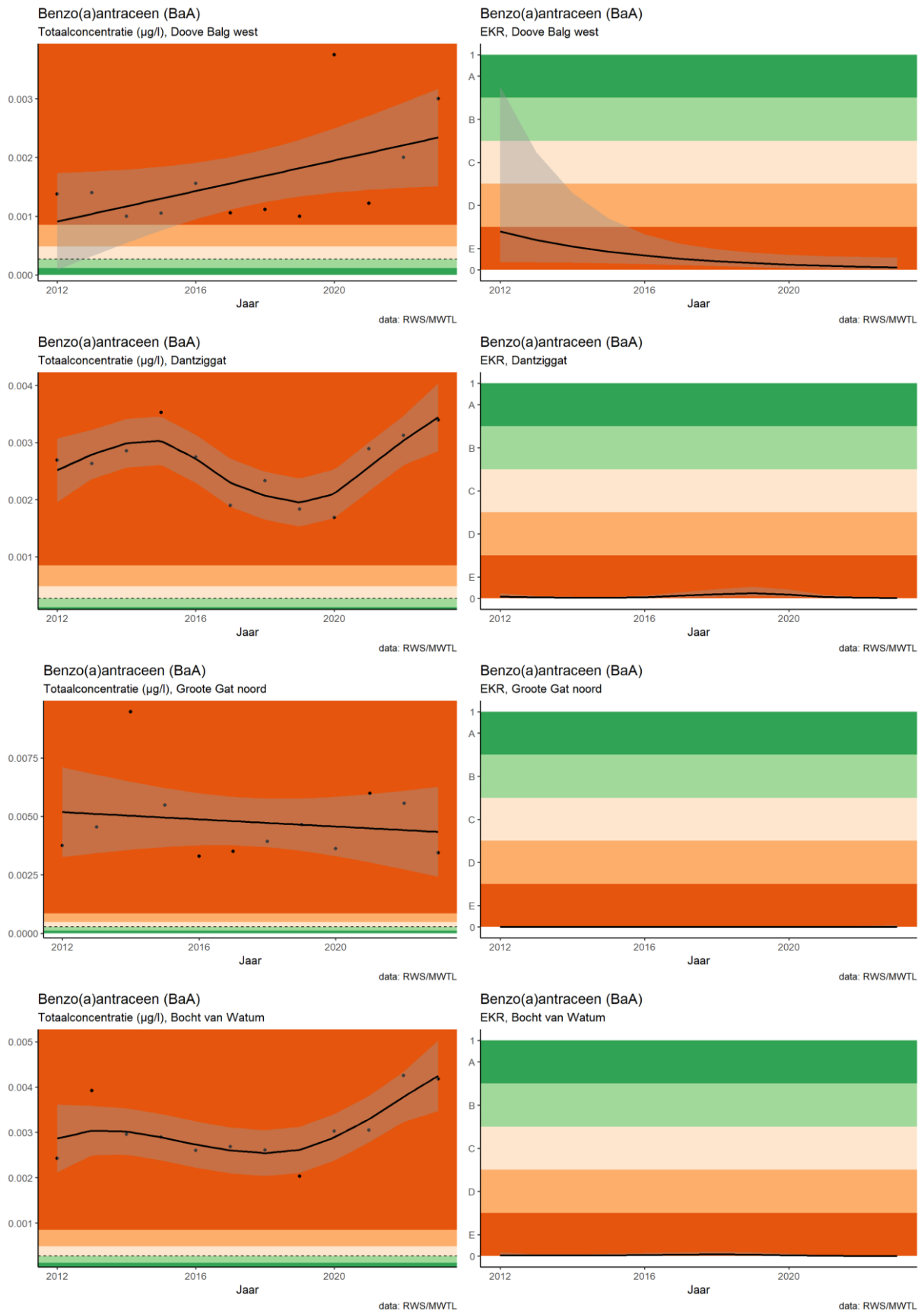
Benzo(a)antraceen (BaA)

Vanaf 2012 is de waardebepalingsmethode voor benzo(a)antraceen veranderd van “HPLC (Hoge druk vloeistofchromatografie)” naar “GC-MS-MS (Gaschromatografie - massaspectrometrie - massaspectrometrie)”. Vanwege deze methodebreuk is alleen data vanaf 2012 gebruikt.

Hoewel er variatie in benzo(a)antraceen bestaat tussen de vier locaties, zijn de gemiddeldes en berekende trends meestal 5-20 keer de referentiewaarde. Hierdoor is de EKR beoordeling in alle gevallen onvoldoende.



Figuur 99: Tijdreeksen van benzo(a)antraceen (BaA) voor 4 locaties in het Waddenzeegebied sinds 2012. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestreepte lijn de referentiewaarde van 0,00027 µg/l.

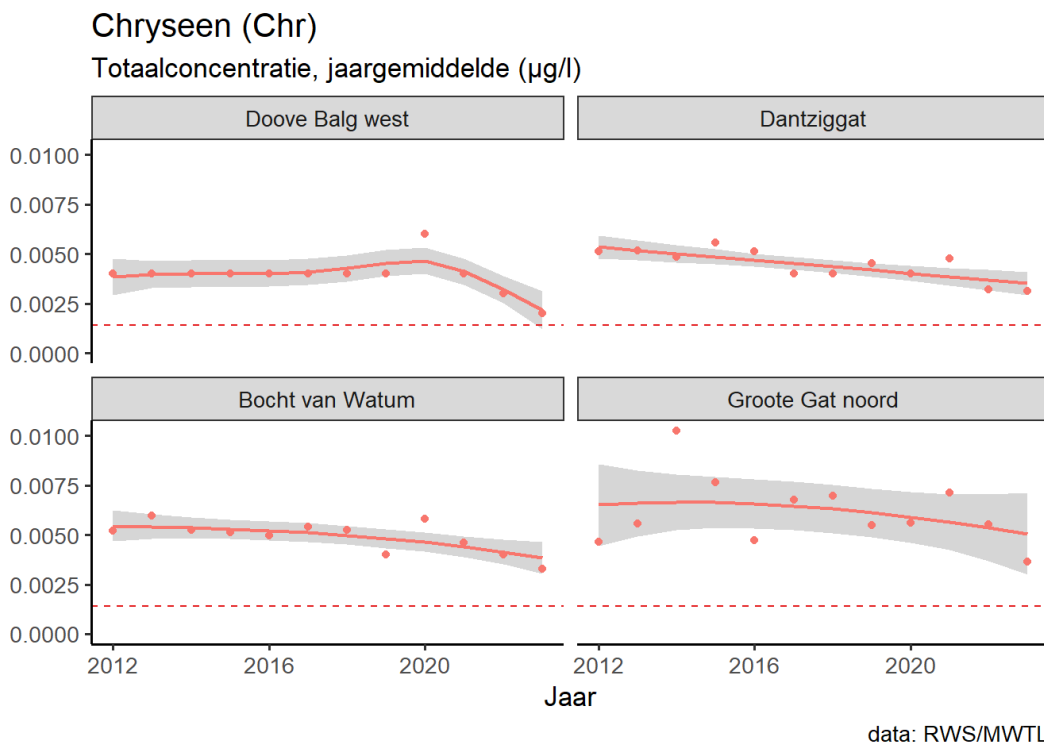


Figuur 100: Tijdreeksen van benzo(a)antracene en de EKR score voor de locaties Doove Balg west, Dantziggat, Groote Gat noord en Bocht van Watum sinds 2012.

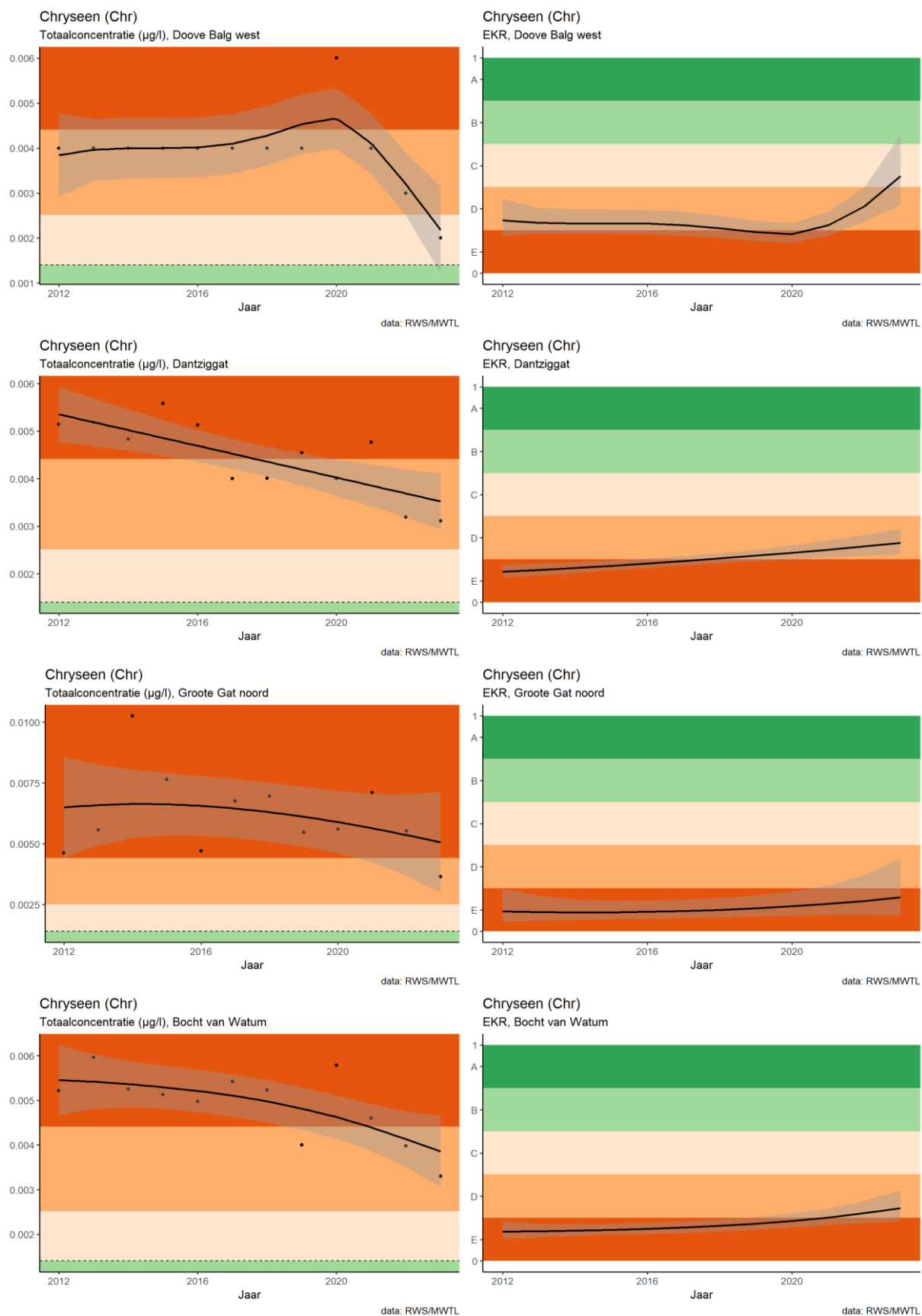
Chryseen (Chr)

Sinds 2012 is de waardepalingsmethode verandert van PAKs met HPLC afgeleid I17993 (OMEGAM) naar bepaling van stoffen uit de KRW met GC/MS/MS. Vanwege deze methodebreuk is alleen data sinds 2012 geanalyseerd.

De gemeten chryseenconcentraties volgen een vergelijkbaar patroon op alle locaties. Daarnaast is er bij Doove Balg west een daling duidelijk zichtbaar in de laatste 3 jaar waar deze daling op de andere locaties minder helder is. Vanwege deze daling krijgt alleen Doove Balg west in de laatste jaren een matige beoordeling. De overige trends hebben een onvoldoende EKR beoordeling.



Figuur 101: Tijdreeksen van chryseen (Chr) voor vier locaties in het Waddenzegebied sinds 2012. De rode punten geven de individuele metingen aan, de rode lijn de trend, het grijze gebied het 95%-betrouwbaarheidsinterval van die trend en de rood-gestrepte lijn de referentiewaarde van 0,0014 $\mu\text{g/l}$.



Figuur 102: Tijdreeksen van chryseen en de EKR score voor de locaties Doove Balg west, Dantziggat, Groote Gat noord en Bocht van Watum sinds 2012.

4.3.6 Samenvatting, conclusies, discussie

Van de negen onderzochte stoffen scoren er slechts twee voldoende (EKR klassen A of B): de zware metalen cadmium en lood. Tributyltin en Imidacloprid scoren ook relatief goed, maar voor deze stoffen zijn de onzekerheden groter. Qua trends laten drie stoffen een (grotendeels) verbeterende trend zien: cadmium, lood (die beide al op orde zijn) en chryseen.

Van de negen stoffen zijn er dus zes die niet op orde zijn, en waar geen verbetering zichtbaar is: kwik, tributultin, fluoranteen, arseen, imidacloprid en benzo(a)antracene.

Tabel 20. Samenvatting van indicator Vervuilde stoffen.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Ubiquitaire stoffen	Kwik	Doove Balg west	0.21 (0.13 – 0.34)	D (D-E)	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Dantziggat	0.02 (0.01 – 0.05)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Bocht van Watum	0.00 (0.00 – 0.01)	E	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
	Tributyltin	Doove Balg west	1.00 (0.77 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Dantziggat	0.95 (0.39 – 1.00)	A (A-D)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
		Bocht van Watum	0.59 (0.32 – 1.00)	C (A-D)	Onzeker	Afnemend	Verbeterend
Niet-ubiquitaire stoffen	Cadmium	Doove Balg west	0.97 (0.93 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Dantziggat	0.96 (0.92 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	0.92 (0.89 – 0.95)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
	Lood	Doove Balg west	0.99 (0.98 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Dantziggat	0.99 (0.97 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	0.99 (0.96 – 1.00)	A	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
	Fluorantheen (Flu)	Doove Balg west	0.71 (0.66 – 0.77)	B	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Dantziggat	0.49 (0.43 – 0.56)	C	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
		Bocht van Watum	0.41 (0.35 – 0.47)	C (C-D)	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
Specifieke verontreinigende stoffen	Arseen	Doove Balg west	0.27 (0.23 – 0.32)	D	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Dantziggat	0.26 (0.22 – 0.31)	D	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Bocht van Watum	0.19 (0.17 – 0.22)	E (D-E)	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
	Imidacloprid	Doove Balg west	0.69 (0.59 – 0.80)	B (A-C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
		Dantziggat	0.63 (0.55 – 0.73)	B (B-C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
		Bocht van Watum	0.68 (0.58 – 0.79)	B (B-C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
	Benzo(a)antracene	Doove Balg west	0.01 (0.00 – 0.06)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Dantziggat	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Bocht van Watum	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verslechterend
		Groote Gat noord	0.00 (0.00 – 0.01)	E	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel
	Chryseen	Doove Balg west	0.45 (0.32 – 0.64)	C (B-D)	Onzeker	Afnemend	Verbeterend
		Dantziggat	0.28 (0.22 – 0.34)	D	Onvoldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	0.24 (0.18 – 0.33)	D (D-E)	Onvoldoende	Afnemend	Verbeterend
		Groote Gat noord	0.16 (0.07 – 0.34)	E (D-E)	Onvoldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten

- De selectie van stoffen die meegenomen worden in de *Staat* zou kunnen worden heroverwogen, bijvoorbeeld op basis van de KRW rapportages voor de betrokken waterlichamen.
- Het verdient aanbeveling om ook opkomende stoffen, zoals PFAS mee te nemen. Dit vereist echter wel een adequaat beoordelingskader.
- Niet alle beschikbare tijdreeksen konden geheel worden meegenomen vanwege breuken in de meetmethode. In sommige gevallen geven wijzigingen in de meetmethode een duidelijke breuk (bijvoorbeeld meetwaarden die na een wijziging 10x groter of kleiner zijn) maar soms is er geen duidelijk verschil te zien. Als dat laatste het geval is, is er nu voor gekozen om de verschillende meetmethodes toch mee te nemen. Deze keuzes zouden beter met specifieke experts kunnen worden afgestemd.
- Er zijn geen extreme waarden ('outliers') verwijderd op één situatie na, waar dit wel is gedaan in overleg met externe experts. In de regel zijn alle metingen meegenomen met

een beoordeling ‘normaal’ (kwaliteitscode = 0). Gezien de soms grote effecten van extreme waarden op (jaar) gemiddelden zou hier scherper naar gekeken kunnen worden.

- Bij een aantal stoffen (b.v. de PBDEs, fluoranteen en lood) lijken de gemeten waardes, zoals binnengehaald via een API, afgerond te worden, mogelijk soms door het bestaan van een detectielimiet. Het is niet volledig duidelijk of er correct is omgegaan met deze waardes.
- Bij bepaalde stoffen, zoals de som van PBDE, was de detectielimiet hoger dan de JG-OGW norm. Dit maakte toepassing van deze norm onmogelijk. Binnen de KRW wordt voor deze stoffen gebruik gemaakt van de Maximaal Aanvaardbare Concentratie (MAC-OGW) norm, die zich meer richt op periodieke overschrijdingen, of wordt er naar gehalten in biota gekeken, wat zich richt op accumulatie. Te overwegen valt om hier bij aan te sluiten.

4.4 Habitattypen

De Europese Habitatrichtlijn heeft tot doel bij te dragen tot het waarborgen van de biologische diversiteit door het in stand houden van de natuurlijke habitats en de wilde flora en fauna⁶¹. Ter bescherming hiervan is een coherent Europees ecologisch netwerk gevormd van speciale beschermingszones, Natura 2000 genaamd⁶². Gelet artikel 4 lid 1 is de Waddenzee aangewezen als Natura 2000-gebied vanwege de aanwezigheid van een aantal specifieke habitats⁶³ (Tabel 21).

Tabel 21. Habitats in Natura 2000-gebied Waddenzee waarvoor een instandhoudingsdoelstelling is geformuleerd. De subtypes zijn een binnen Nederland gebruikte onderverdeling van de op Europees niveau gedefinieerde habitattypen. Symbolen geven aan of het doel ‘behoud’ (=) of ‘verbetering’ (>) is.

			Doelen	
	Habitatype (EU)	Subtype (NL)	Oppervlak	Kwaliteit
Onderwater	H1110	Permanent overstroomde zandbanken	=	>
	H1130	Estuaria	=	>
Droogvallend	H1140	Slik- en zandplaten	=	>
Boven water	H1310	Zilte pionierbegroeiingen	=	=
		B - Zeevetmuur	=	=
	H1330	Schorren en zilte graslanden	=	=
		B - binnendijks	=	=
Duinen	H2110	Embryonale duinen	=	=
	H2120	Witte duinen	=	=
	H2130	Grijze duinen	=	=
		A - kalkrijk	=	>
	H2170	Kruipwilgstruwelen	=	=
	H2190	Vochtige duinvalleien	=	=

4.4.1 Data en methoden

Dataselectie

Als onderdeel van de rapportageverplichtingen onder artikel 17 van de Habitatrichtlijn zijn de in de Waddenzee voorkomende habitats periodiek gekarteerd. Deze kartering is tot nu toe tweemaal uitgevoerd:

- “T0” (2005; Data versie 2; 2023-02-09)

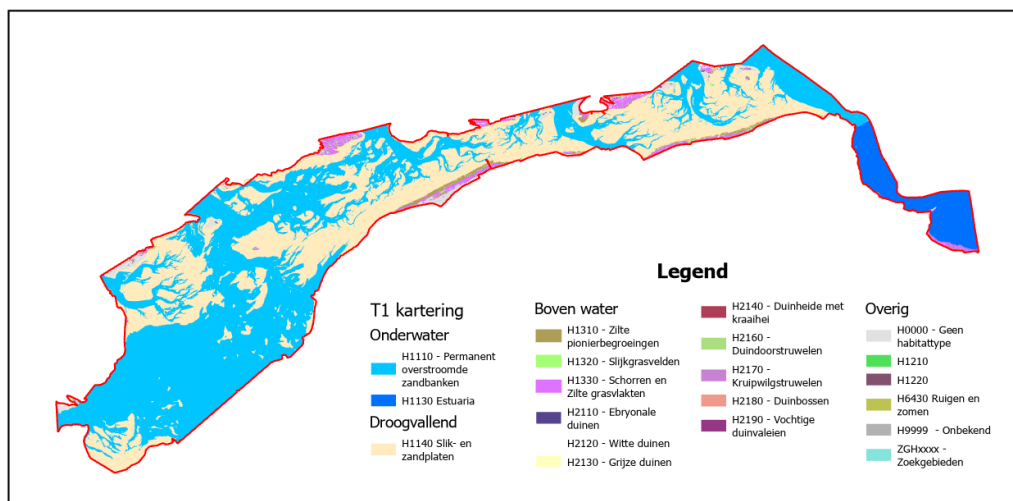
⁶¹ Art. 2 lid 1 Habitatrichtlijn.

⁶² Art 3 lid 1 Habitatrichtlijn.

⁶³ Bijlage I, Habitatrichtlijn

- “T1” (2018; Data versie 4; 2023-01-05)

In elke karteringsronde is per kaarteenhed de bedekking, als percentage van die kaarteenhed door de verschillende habitattypen aangegeven.



Figuur 103. Habitats in Natura 2000-gebied Waddenzee.

Methodologie.

Per kaarteenhed is in een R/GIS analyse het oppervlak van elk habitatype overgenomen. Vervolgens zijn deze oppervlaktes per habitatype gesommeerd. Zogenaamde ‘zoekgebieden’ zijn hierbij apart gehouden, aangezien dit gebieden zijn waarin het betreffende habitat *mogelijk* voorkomt. In principe tellen deze arealen niet mee.

4.4.2 Trends en patronen

De resultaten van de GIS analyse zijn gepresenteerd in Tabel 22. Wat direct opvalt is dat er een verschil bestaat met de arealen zoals gerapporteerd door Heidinga *et al.* (2023) in hun ecologische analyse van het Natura 2000-beheerplan Waddenzee. Nadere analyse leert dat deze verschillen in hoofdzaak worden veroorzaakt door twee factoren:

1. In 2009 is het Natura 2000-gebied Waddenzee uitgebreid met de door Nederland geclaimde gebieden in het Eems-Dollard estuarium. Deze uitbreiding valt onder de Vogelrichtlijn, niet onder de Habitatrichtlijn.
2. De bestanden bevatten correcties ten opzichte van eerdere versies.

Aangezien de *Staat* zich in principe waar mogelijk richt op de gehele Waddenzee, inclusief Eems-Dollard estuarium zijn de cijfers uit de eigen analyse gebruikt.

Tabel 22. Arealen (ha) van alle habitattypen binnen het PKB gebied, volgens eigen GIS analyse van de brondata, en volgens Heidinga et al. (2023).

Habitatype (EU)					Subtype (NL)		N2000 Doelstelling	Staat van de Waddenzee		Heidinga et al., 2023	
							T0	T1	T0	T1	
Onderwater	H0000	Geen habitatttype aanwezig					5.670	5.086			
	H1110	Permanent overstromde zandbanken	A	getijdengebied	Behoud		132.771	135.415	101.942	128.590	
	H1130	Estuaria	A		Behoud		5.539	5.197			
			B				9.354	9.664			
				totaal			14.892	14.861			
Droogvallend	H1140	Slik- en zandplaten	A	getijdengebied	Behoud		109.784	106.777	134.478	106.691	
	H1210	Eenjarige zilte vloedmerken op schelpenbanken						11			
	H1220	Meerjarige zilte vloedmerken op schelpenbanken						0			
Boven water	H1310	Zilte pionierbegroeiingen	A	zeekraal	Behoud		1.891	2.586	1.891	2.586	
			A	(zoekgebied)			2				
			B	zeevetmuur	Behoud		35	58	35	58	
	H1320	Slijkgrasvelden			Behoud		474	388	474	388	
	H1330	Schorren en zilte graslanden	A	buitendijks	Behoud		5.169	5.530	5.167	5.530	
			A	(zoekgebied)			2				
	H1330	Schorren en zilte graslanden	B	binnendijks	Behoud		0	10	0	10	
				(zoekgebied)			21				
Duinen	H2110	Embryonale duinen			Behoud		147	222	147	222	
				(zoekgebied)			30				
	H2120	Witte duinen			Behoud		19	295	13	295	
				(zoekgebied)			613	2			
	H2130	Grijze duinen	A	kalkrijk	Behoud		1	25	-	25	
			A	(zoekgebied)			109				
			B	kalkarm	Behoud		4	26	2	26	
			B	(zoekgebied)				0			
			A/B	(zoekgebied)				6			
			C	heischraal				0			
	H2140	Duinheiden met Kraaihei	B	droog				3			
	H2160	Duindoornstruwelen			Behoud		1	117	1	117	
				(zoekgebied)			63	2			
	H2170	Kruipwilgstruwelen			Behoud		0	9		9	
				(zoekgebied)			1	1			
	H2180	Duinbossen	A	droog				6			
			B	vochtig				14			
	H2190	Vochtige duinvalleien						1			
			A	open water			0	0			
			A	(zoekgebied)				2			
			B	kalkrijk	Behoud		2	17	1	17	
			B	(zoekgebied)			65				
			C	ontkalkt			0	31			
			C	(zoekgebied)				5			
			B/C	(zoekgebied)				1			
			D	hogere moerasplanten			0	5			
			D	(zoekgebied)				1			
	H6430	Ruigten en zomen	B	harig wilgenroosje				0			
	H9999	Onbekend					5	260			
Totaal							286.663	286.632	244151	244563,7	

4.4.3 Referentiewaarden

Voor het ontwikkelen van een indicator voor de arealen van habitattypen voor de *Staat* wordt deels aangesloten bij de methodiek van de Habitatrichtlijn (HR). In de HR wordt geëvalueerd wat de trend is in de oppervlaktes van de verschillende habitattypen, uitgedrukt in een aantal klassen (0–12%, 13–25%, 26–50%, 51–100% en >100%), en hoe deze trend zich verhoudt tot de instandhoudingsdoelstelling.

Daarnaast wordt geëvalueerd of het areaal voldoet aan de eisen voor de *Favourable Reference Areas* (FRAs). De combinatie van de trend in oppervlakte én de afwijking tot de FRA bepaalt uiteindelijk de HR status. De FRA waarden voor de afzonderlijke habitattypen zijn momenteel alleen vastgelegd op landelijke schaal, niet per afzonderlijk Natura 2000-gebied.

Door het ontbreken van FRA waarden voor de Waddenzee, en de focus op het gehele gebied, inclusief vogelrichtlijn gebied, is er hier nu voor gekozen om enkel naar het areaal te kijken. Voor alle habitats geldt ‘behoud’ van oppervlak als instandhoudingsdoelstelling. De arealen voor de TO kartering zijn vervolgens geïnterpreteerd als ondergrens voor de GET (goede ecologische toestand), en vertaald naar een EKR van 0.6.

4.4.4 Resultaten

Op basis van de resultaten en de GIS-analyse en de hier beschreven beoordelingssystematiek valt een aantal habitattypen in de ‘voldoende’ EKR-klassen A en B. Voor belangrijke typen zoals estuaria (H1130), wadplaten (H1140) en slijkgrasvelden (H1320) is dit echter niet het geval. De veranderingen zijn echter klein. Voor de estuaria en slikplaten is, gegeven deze kleine marges en de onderliggende onzekerheden, dan ook niet goed aan te geven of de toestand ‘gunstig’ (behoud/toename areaal) of ‘ongunstig’ (afname areaal) is.

Tabel 23. EKR beoordeling van geselecteerde habitattypen met een instandhoudingsdoelstelling binnen het PBK gebied.

	Habitatype		Doelstelling	Areaal (ha)		EKR	Trend (per jaar)			
	Hoofdniveau	Subniveau	HR	T0	T1					
Onderwater	H1110	Permanent overstromde zandbanken	A	getijdengebied	Behoud	132.770,7	135.415,4	0,61	B (B—C)	+0,15% Toenemend
	H1130	Estuaria			Behoud	14.892,0	14.860,8	0,60	C (B—C)	-0,02% Stabiel
Droogvallend	H1140	Slik- en zandplaten	A	getijdengebied	Behoud	109.784,2	106.776,9	0,58	C (B—C)	-0,21% Afnemend
Boven water	H1310	Zilte pionierbegroeiingen	A	zeekraal	Behoud	1.890,7	2.585,7	0,82	A	+2,83% Toenemend
			B	zeevetmuur	Behoud	35,3	57,9	0,98	A	+4,92% Toenemend
	H1320	Slijkgrasvelden			Behoud	473,8	387,7	0,49	C	-1,40% Afnemend
			H1330	Schorren en zilte graslanden	A	buitendijks	Behoud	5.168,7	5.529,8	0,64
	B	binnendijks			Behoud	0,2	9,8	1,00	A	+331,62% Toenemend
	Duinen	H2110	Embryonale duinen			Behoud	146,6	222,3	0,91	A
H2120		Witte duinen			Behoud	19,0	294,8	1,00	A	+111,81% Toenemend
H2130		Grijze duinen	A	kalkrijk	Behoud	0,7	25,1	1,00	A	+253,76% Toenemend
			B	kalkarm	Behoud	3,8	25,7	1,00	A	+44,97% Toenemend
H2160		Duindoornstruwelen			Behoud	1,3	117,4	1,00	A	+700,08% Toenemend
H2190		Vochtige duinvalleien	B	kalkrijk	Behoud	1,8	16,6	1,00	A	+64,47% Toenemend

4.4.5 Samenvatting, conclusies, discussie

Voor de meeste habitattypen in de Waddenzee wordt een (lichte) uitbreiding gevonden, wat resulteert in een Voldoende status. Voor estuaria en wadplaten geldt dat er een kleine afname wordt gemeten, maar gezien de onderliggende onzekerheden resulteert dat vooralsnog in een interpretatie als Onzekere status. Habitat H1320 (slijkgrasvelden) is het enige habitatype waar een daadwerkelijke Onvoldoende status aan wordt toegekend.

Tabel 24. Samenvatting van indicator Habitattypen.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Habitattypen	H1110, ha	PKB-gebied	0,61	B (B–C)	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H1130, ha		0,60	C (B–C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
	H1140 (A), ha		0,58	C (B–C)	Onzeker	Afnemend	Verslechterend
	H1310 (A), ha		0,82	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H1310 (B), ha		0,98	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H1320, ha		0,49	C	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
	H1330 (A), ha		0,64	B	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H1330 (B), ha		1,00	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H2110, ha		0,91	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H2120, ha		1,00	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H2130 (A), ha		1,00	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H2130 (B), ha		1,00	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H2160, ha		1,00	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	H2190 (B), ha		1,00	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend

Discussiepunten

- Aanbevolen wordt om beter aan te sluiten bij de Habitatrichtlijnrapportage, bijvoorbeeld door het meewegen van de (afwijking tot) de Favourable Reference Area (FRA). Om dat mogelijk te maken zou er wel een FRA waarde voor de Waddenzee alleen moeten worden opgesteld. Hierbij verdient het aanbeveling om ook aan te sluiten bij streefbeeld voor de Waddenzee.
- Binnen de HR rapportage wordt ook gekeken naar de *kwaleiteit* van de afzonderlijke habitats. Aanbevolen wordt om dit element ook op te nemen in een toekomstige versie van de *Staat*.

- Na afronding van het werk aan de *Staat* werd duidelijk dat de vergelijking tussen de T0 en T1 kartering niet zonder problemen is: Bij vaststelling van de T0 habitattypenkaart werd gebruik gemaakt van de LAT-lijn (Lowest Astronomical Tide) als bovenste begrenzing, terwijl bij T1 de GLW (Gemiddelde Laag Waterlijn) is gebruikt (Kers et al., 2022). Aanbevolen wordt om het effect hiervan op de conclusies in de *Staat* verder te onderzoeken.

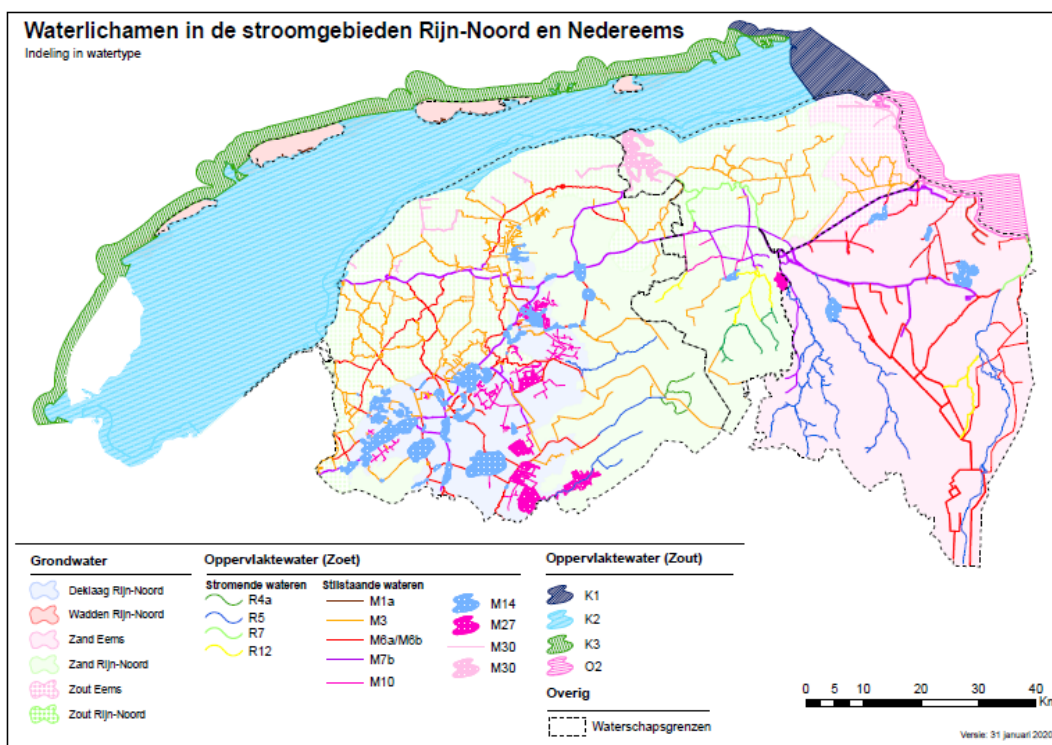
4.5 Kwelderzoning

Kwelders zijn een essentieel onderdeel van het waddenlandschap. Ten behoeve van de Kaderrichtlijn water (KRW) wordt zesjaarlijks gerapporteerd over het areaal en de kwaliteit van kwelders. Hierbij wordt kwaliteit gerelateerd aan een evenwichtige verdeling van verschillende vegetatiezones. Hier wordt gebruik gemaakt van de volgende (KRW) typologie (Dijkema et al., 2005):

- Pionierzone (P)
- Lage kwelderzone (L)
- Middelhoge kwelderzone (M)
- Hoge kwelderzone (H), inclusief climaxvegetatie met Strandkweek (CE)
- Brakke zone (B), inclusief climaxvegetatie met Riet (CR).

Deze vegetatiezones zijn een herclassificatie van groepen *vegetatietypen*, zoals die in de zogenaamde SALT typologie zijn gedefinieerd (Dijkema et al, 2005; Jentink et al (2018).

De KRW rapportages vinden plaats op het niveau van waterlichamen. In het waddengebied worden vijf verschillende waterlichamen onderscheiden, behorende tot de watertypegroepen O (overgangswater) en K (kustwater) (van der Molen et al, 2018; Jentink, 2018).



Figuur 104.KRW Waterlichamen in het waddengebied. Bron: Informatiepunt Leefomgeving.

- *Waddenzee* (NL81_1). KRW-type K2 (kustwater, beschut en polyhalien); Natuurlijk. Kwelders in dit waterlichaam bevinden zich alleen op de Waddeneilanden. Het betreft dan voornamelijk de kwelders aan de Waddenzee kant van de eilanden (Jentink, 2018).
- *Waddenzee vastelandskust* (NL81_10). KRW-type K2 (kustwater, beschut en polyhalien); Sterk veranderd. Kwelders in dit waterlichaam bevinden zich aan de vastelandskust van de provincies Noord Holland, Friesland en Groningen (Jentink, 2018).
- *Waddenkust* (NL95_4a). KRW-type K3 (kustwater, open en euhalien); Natuurlijk. Kwelders in dit waterlichaam bevinden zich op de Waddeneilanden. Het betreft dan voornamelijk de kwelders aan de Noordzee kant van de eilanden, zoals de Slufter op Texel, en Cupido's Polder op Terschelling (Jentink, 2018).
- *Eems-Dollard* (NL81_2). KRW-type O2 (Estuarium met matig getijverschil); Sterk veranderd. Kwelders in dit waterlichaam bevinden zich aan de oostzijde van het waterlichaam namelijk in de Dollard en bij de Punt van Reide (Jentink, 2018).
- *Eems-Dollard kustwater* (NL81_3). KRW-type K1 (kustwater, open en polyhalien); Natuurlijk. Kwelders in dit waterlichaam zijn bijna niet aanwezig. Het grootste gedeelte bevindt zich aan de vastelandkust van Groningen en een klein gedeelte bij Rottum. In beide gevallen gaat het om kwelders die voor het grootste gedeelte in het aangrenzende waterlichaam voorkomen en net over de grens heen groeien (Jentink, 2018).

Voor de waterlichamen Waddenzee, Waddenzee vastelandskust en Eems-Dollard geldt binnen de KRW een *kwelderdoel*.

Vanuit de Habitatrichtlijn worden drie kwelderhabitattypen onderscheiden:

- *H1310: Zilte pionierbegroeiingen*. Voluit: 'Eénjarige pioniersvegetaties van slik- en zandgebieden met *Salicornia* spp. en andere zoutminnende soorten'. Op basis van de dominante vegetatietypen worden er twee subtypen onderscheiden: A (*zeekraal*) en B (*zeevetmuur*). Het belang van dit habitattype binnen Europa is 'groot' (subtype B) tot 'zeer groot' (subtype A).
- *H1320: Slijkgrasvelden*. Voluit: 'Schorren met slijkgrasvegetaties (*Spartinion maritimae*)'. Verkort:) Het belang van dit habitattype binnen Europa is 'aanzienlijk'.
- *H1330: Atlantische schorren en zilte graslanden*. Voluit: 'Atlantische schorren (*Glaucopuccinellietalia maritimae*)'. Op basis van de locatie worden er twee subtypen onderscheiden: A (buitendijks) en B (binnendijks). Het belang van dit habitattype binnen Europa is 'aanzienlijk (subtype B) tot 'zeer groot' (subtype A).

4.5.1 Data en methoden

Dataselectie

Door Rijkswaterstaat worden als onderdeel van het MWTL programma periodiek alle kwelders in Nederland gekarteerd; zowel in het Waddengebied als in de Zuidwestelijke Delta. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een roulerend schema, waarbij elk jaar een ander gebied wordt gekarteerd. Elk gebied wordt momenteel om de zes jaar gekarteerd (zie Tabel 25).

Tabel 25. Karteerschema van het VEGWAD programma. In geel is aangegeven welke karteer-rondes zijn gebruikt in de *Staat*. Voor Vlieland wordt de kartering voor 2021 momenteel gereviseerd en is niet beschikbaar.

Kartering	Jaar 19												20																					
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Texel	1)			x						2)					x						x					x							?	
Noord-Holland															x						x					x							?	
Vlieland				3)	4)								x						x						x							?		
Richel																											x							
Griend	x				x				x							x						x					x							
Terschelling-W					x				x				x						x						x							x		
Terschelling-O					x				x							x											x							
Ameland				5)					6)				x												x									
Schiermonnikoog		x						x							x											x							x	
Rottum	x														x											x							x	
Dollard					x				x							x												x						
GR-FR						x							x						x									x						

- 1) Alleen NO waddenkust
- 2) Alleen sluffer
- 3) Alleen Kroonspolders
- 4) Alleen dorp
- 5) Alleen Oerd
- 6) Alleen Oerd en ZW

Voor deze versie van de Staat van de Waddenzee wordt gebruik gemaakt van de laatste drie karteringen per gebied. Deze zijn vervolgens toegekend aan 'peiljaren' 2010, 2016 en 2022. Voor Vlieland wordt de kartering over 2021 momenteel gereviseerd en is niet beschikbaar. Om niet met te sterk achterlopende karteringen te hoeven werken is er voor gekozen om de kartering over 2015 te gebruiken als proxy voor 2021.

De VEGWAD karteringen zijn via het dataportal van Rijkswaterstaat beschikbaar als vector GIS bestanden met een nominale schaal van 1:10.000. Voor elk polygoon (kaartvlak) is minstens de volgende informatie beschikbaar:

- Oppervlak, in m²
- Bedekking (als percentage) van alle afzonderlijke SALT vegetatietypen, aangevuld met abiotische bedekking (water, slik, zand, schelpen, stenen, veem)
- Landschappelijke zone: op basis van het dominante vegetatietype, of een dominerende groep van vegetatietypen is voor elk kaarteenheden een landschappelijke zone vastgesteld (Tabel 27).
- Vegetatiestructuur, de bedekking met lage of hoge kruiden, per vlak vastgesteld (Tabel 27).
- Mate van bedreiging.

Methodologie

De KRW typologie (P, L, M, H, B, CE, CR) heeft géén directe relatie met de landschappelijke zone of vegetatiestructuur, maar is gebaseerd op de onderliggende SALT vegetatietypen (Jentink, 2018), zie Tabel 26. De bijbehorende arealen van de KRW-typen kunnen worden bepaald door de bedekkingspercentages van de SALT-typen te vermenigvuldigen met het oppervlak van de kaarteenheden, en op te tellen per KRW-kweldertype.

Dijkema et al. (2005) en Jentink (2018) geven classificatietabellen van de KRW-typen en de bijbehorende SALT vegetatietypen. Deze tabellen zijn echter onvolledig ten opzicht van de in de VEGWAD kaarten voorkomende vegetatietypen, en onderling niet 100% consistent. Daarnaast zijn er in de loop van de tijd veranderingen doorgevoerd binnen de SALT typologie. Voor de *Staat* is gebruikgemaakt van de tabellen zoals die worden gebruikt door Rijkswaterstaat en WMR.

Binnen de KRW rapportages worden de arealen kwelder per KRW-waterlichaam gerapporteerd. Voor de *Staat* rapporteren we alleen voor de Waddenzee (onderverdeeld in west en oost) en het Eems-Dollard estuarium.

Tabel 26. SALT vegetatietypes (selectie) en bijbehorende KRW kweldertypen.

SALT	KRW	Omschrijving	SALT	KRW	Omschrijving
Qqp	P	Pioniervegatie met Langarige zeekraal (>5%)	Bt	B	Brakke kweldervegetatie met Schorrezoutgras
Qqe	P	Pioniervegatie met Kortarige zeekraal (>5%)	Pp-b	B	Brakke kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%)
Ss3	P	Pioniervegatie met Engels slijkgras (5-50%)	Ppab	B	Brakke kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en Zulte
Ss5	P	Pioniervegatie met Engels slijkgras (>50%)	Ba	B	Brakke kweldervegetatie met Zulte
Qu	P	Pioniervegatie met Klein schorrenkruid (>5%)	Bg	B	Brakke kweldervegetatie met Fioringras
Pe	P	Pioniervegatie met Zilte schijnspurrie en/of Stomp kweldergras	Bgt	B	Brakke kweldervegetatie met Fioringras, Slanke waterbies en/of Moeraszoutgras
P	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%)	Bj	B	Brakke kweldervegetatie met Zilte rus
P-q	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%) en zeekraal	Br	B	Brakke kweldervegetatie met Rode bies, Fioringras en Zilte rus
Ppq	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en zeekraal	Bpj	B	Brakke kweldervegetatie met Zilver schoon en Zilte rus
P-d	L	Lage kweldervegetatie met Gerande schijnspurrie	Bpg	B	Brakke kweldervegetatie met Zilver schoon en Fioringras
Pps	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en Engels slijkgras	Bp	B	Brakke kweldervegetatie met Zilver schoon
Pp	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%)	Bgn	B	Brakke kweldervegetatie met Rietzwenkgras
P-u	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%) en Klein schorrenkruid	Bo	B	Brakke kweldervegetatie met Zilte zegge, Fioringras en Rood zwenkgras
Ppu	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (>25%) en Klein schorrenkruid	Bm	B	Brakke kweldervegetatie met Zeerus
Ppl	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras en Lamsoor	By3	CE	Brakke kweldervegetatie met Zeekweek (25-50%)
Pl	L	Lage kweldervegetatie met Lamsoor	By5	CE	Brakke kweldervegetatie met Zeekweek (> 50%)
Pw	L	Lage kweldervegetatie met Zeeweegbree	Be	CE	Brakke kweldervegetatie met Kweek
Ppa	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras en Zulte	Bi5	B	Brakke kweldervegetatie met Heen (>50%)
Pa	L	Lage kweldervegetatie met Zulte	Bb	CR	Brakke kweldervegetatie met Riet
Pt	L	Lage kweldervegetatie met Schorrezoutgras	Bc	CR	Brakke strooiselruigte (ouder dan 2018)
Pex	L	Lage kweldervegetatie met Gewoon kweldergras en Melkkruid	Bce	CR	RG Epilobium hirsutum-[Convolvulo-Filipenduletea]
Pj	L	Lage kweldervegetatie met Zilte rus en/of Rood zwenkgras	Bck	CR	RG Eupatorium cannabinum-Phragmites australis-[Convolvulo-Filipenduletea]
Pg	M	Lage kweldervegetatie met Dunstaart, Fioringras en Biestarwegras	Bcp	CR	RG Pulicaria dysenterica-[Convolvulo-Filipenduletea/Agrostietalia stoloniferae]
Pz	L	Lage kweldervegetatie met Zeealsem	Bcc	CR	RG Convolvulus sepium-Phragmites australis-[Convolvulo-Filipenduletea]
Ph	L	Lage kweldervegetatie met Gewone zoutmelde	Bcu	CR	RG Urtica dioica-[Convolvulo-Filipenduletea]
Pm	L	Lage kweldervegetatie met Zeerus	Bcb	CR	RG Solanum dulcamara-Phragmites australis-[Convolvulo-Filipenduletea]
Py	CE	Lage kweldervegetatie met Zeekweek	Bca	CR	RG Cirsium arvense-[Lolio-Potentillion]
Jex	M	Middenhoge kweldervegetatie met Melkkruid	Cc	H	Pioniervegatie op duinvoeten met Hertshoornweegbree en Zeevetmuur
Jw	M	Middenhoge kweldervegetatie met Zeeweegbree	Ccs	H	Pioniervegatie op duinvoeten met Hertshoornweegbree, Zeevetmuur en duinsoorten
Je	M	Middenhoge kweldervegetatie met Kwelderzegge	Crt	H	Pioniervegatie op duinvoeten met Strandduizendguldenkruid
Jjl	M	Middenhoge kweldervegetatie met Zilte rus en Lamsoor	Crs	B	Pioniervegatie met Strandduizendguldenkruid, Samoletosum, brakke variant
Jja	M	Middenhoge kweldervegetatie met Zilte rus en Zulte	Dvp	B	Associatie van Duinrus en Parnassia, brakke variant
Jj	M	Middenhoge kweldervegetatie met Zilte rus	Dvs	B	Knopbies-associatie; typische subassociatie, brakke variant
Jfl	M	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Lamsoor	Rgc	H	Hoge kweldervegetatie met Aardbeiklaver
Jfa	M	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Zulte	Rgl	H	Hoge kweldervegetatie met Aardbeiklaver en Engels raagras
Jfh	M	Middenhoge kweldervegetatie met Gewone zoutmelde	Rgt	H	Hoge kweldervegetatie met Witte klaver en/of Gewone rolklaver
Jf	M	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras	Rgf	H	Hoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Fioringras
Jg	M	Middenhoge kweldervegetatie met Fioringras	Rpf	H	Hoge kweldervegetatie met Zilver schoon en Rood zwenkgras
Ccj	M	Middenhoge kweldervegetatie met Hertshoornweegbree en Zeevetmuur	Ro	H	Hoge kweldervegetatie met Kattendoorn
Jf-z	M	Middenhoge kweldervegetatie met Rood zwenkgras en Zeealsem	Rgv	H	Hoge kweldervegetatie met Engels raagras
Jz	M	Middenhoge kweldervegetatie met Zeealsem	Rp	H	Hoge kweldervegetatie met Varkensgras
Jm	M	Middenhoge kweldervegetatie met Zeerus	Rgh	H	Hoge kweldervegetatie met Zeegerst en Fioringras
Jy3	CE	Middenhoge kweldervegetatie met Zeekweek (25-50%)	Re	CE	Hoge kweldervegetatie met Kweek
Jy5	CE	Middenhoge kweldervegetatie met Zeekweek (> 50%)	Ry3	CE	Hoge kweldervegetatie met Zeekweek (25-50%)
Bs3	B	Brakke kweldervegetatie met Engels slijkgras (25-50%)	Ry5	CE	Hoge kweldervegetatie met Zeekweek (> 50%)
Bs5	B	Brakke kweldervegetatie met Engels slijkgras (> 50%)	Xx	CE	Nitrofiële vegetatie met Spiesmelde
P--b	B	Brakke kweldervegetatie met Gewoon kweldergras (<25%)	Xk1	H	Nitrofiële vegetatie met Strandmelde, Spiesmelde en Reukeloze kamille, typische subass
Pe-b	B	Brakke kweldervegetatie met Zilte schijnspurrie, Stomp kweldergras en/of Zilte greppelrus	Rrl	H	Nitrofiële vegetatie met Zandhaver
Bcs	B	Brakke kweldervegetatie met Rode en/of Zeegroene ganzenvoet	Rru	H	Nitrofiële vegetatie met Grote brandnetel
Bi3	B	Brakke kweldervegetatie met Heen (>25%)	Rrc	H	RG Cirsium arvense-[Polygonion]
Bis	B	Brakke kweldervegetatie met Ruwe bies	Xv1	H	Vloedmerkvegetatie met Zeekool en Zeevenkel, typicum (met zilte soorten)

Tabel 27. Landschappelijke zones en vegetatiestructuur binnen VEGWAD

Landschappelijke zone		Vegetatiestructuur	
Kw	Kaal water	Kw	Kaal, in water
KS	Kaal (droogvallend) slik	Kk	Kaal, op kwelder/strandvlakte
Kz	Kaal zand	Kb	Kaal, op brakke kwelder
Ksch	Kaal schelpen	Kd	Kaal, op droog duin
Kst	Kaal stenen	Lk	Lage kruid/graslaag (0-30cm), op kwelder/strandvlakte
Kv	Kaal vloedmerk/veek	Lb	Lage kruid/graslaag (0-30cm), op brakke kwelder
Wz	Zeegras vegetatie	Lv	Lage kruid/graslaag (0-30cm), in duinvallei
Wb	Ruppia- en Potamogetonvegetatie	Ld	Lage kruid/graslaag (0-30cm), op droog duin
Kpp	Pre-pionierzone kwelder	Hk	Hoge kruid/graslaag (30-100cm), op kwelder/strandvlakte
Kp	Pionierzone kwelder	Hb	Hoge kruid/graslaag (30-100cm), op brakke kwelder
Kl	Lage kwelder	Hv	Hoge kruid/graslaag (30-100cm), in duinvallei
Km	Middenhoge kwelder	Hd	Hoge kruid/graslaag (30-100cm), op droog duin
Kh	Hoge kwelder, incl. duivoet	Dk	lage (Dwerg)struweellaag (0-100cm), op kwelder/strandvlakte
Kb	Brakke kwelder, incl. kwelvegetatie	Dv	lage (Dwerg)struweellaag (0-100cm), in duinvallei
Kn	Nitrofiële zone	Dd	lage (Dwerg)struweellaag (0-100cm), op droog duin
Sv	Strandvlakte (embryoduintjes & vloedmerken)	Rb	Ruige kruid/graslaag (>1 meter), op brakke kwelder
Dd	Droge duinen	Rv	Ruige kruid/graslaag (>1 meter), in duinvallei
Dv	Vochtige duinen	Rd	Ruige kruid/graslaag (>1 meter), op droog duin
		Sv	Struweel (1-5m), in duinvallei
		Sd	Struweel (1-5m), op droog duin
		Bv	Bos (> 5m), in duinvallei
		Bd	Bos (> 5m), op droog duin
		Hn	Hoge kruid/graslaag (30-100cm), nitrofiel
		Ln	Lage kruid/graslaag (0-30cm), nitrofiel
		Kn	Kaal, nitrofiel

4.5.2 Referentiewaarden

Voor de beoordeling van kwelders en schorren binnen de Kaderrichtlijn Water zijn twee afzonderlijke referenties ontwikkeld: voor areaal en voor kwaliteit.

- Voor *areaal* wordt uitgegaan van de historische situatie vóór bedijking.
- Voor *kwaliteit* is een referentie ontwikkeld op basis van een evenwichtige verdeling van de verschillende vegetatiezones (pionier, laag, midden, hoog, brak). Hierbij mag het aandeel van climaxvegetaties binnen de zone waar ze thuis horen niet te groot zijn.

Voor de Staat van de Waddenzee wordt voor deze indicator verder niet op de beoordeling voor areaal ingegaan (zie daarvoor de indicator ‘Habitatypen’, paragraaf 4.4).

De kwaliteitsindicator is binnen de KRW systematiek als volgt uitgewerkt:

- Binnen de KRW systematiek is deelgebied is bepaald welke vegetatiezones meedoen. Dit zijn altijd pionier (P), lage (L), middelhoge (M) en hoge (H) kwelder, en de climaxvegetatie met strandkweek (CE) welke hoort bij H. Voor de kwelders op de eilanden en in de Dollard wordt ook Brakke kwelder (B) onderscheiden. In de Dollard wordt naast B ook de bijhorende climaxvegetatie ‘met riet’ (CR) onderscheiden.
Voor de *Staat* worden op advies van externe experts voor alle deelgebieden alle kweldertypen meegenomen. Dit omdat brakke kwelders ook langs de vastelandkust voorkomen, en riet ook op de eilanden kan overheersen.
- Het aandeel van elk van deze zones wordt bepaald als percentage. Het totaal van P+L+M+H+CE+CR is hierbij altijd 100%.
- Per gebied worden zo 4 tot 5 basiszones onderscheiden. Een zone wordt beoordeeld als ‘evenwichtig’ indien het relatieve aandeel tussen de 5% en 35% ligt (bij 5 basiszones) of tussen de 5% en 40% (bij 4 basiszones). Voor elke evenwichtige zone wordt één punt gescoord. Binnen de *Staat* worden gezien het eerste punt altijd 5 basiszones onderscheiden.
- Per gebied wordt bekeken of de bijbehorende climaxvegetaties niet dominant zijn. Dat is: $CE / (H+CE) < 0.5$ en $CR / (B+CR) < 0.5$. Indien dat het geval is wordt een punt gescoord.

- Op deze wijze kunnen per gebied maximaal 5 tot 7 punten worden gescoord. Afhankelijk van het feitelijk en maximaal aantal punten wordt een beoordeling gemaakt. In de *Staat* is het maximum altijd 7.

Tabel 28. Kwelderzones en vegetatietypen per waterlichaam, zoals binnen de KRW meegenomen in de beoordeling kwaliteit van het kwelderareaal. Zones en scores tussen haakjes zijn zoals gebruikt binnen de *Staat*.

(Deel)waterlichaam	Zones	Climaxvegetatie	Grenzen	Max. score
Waddenzee	Eilanden	P, L, M, H, B	Strandkweek, (Riet)	5%–35% 6 (7)
	Vastelandkust	P, L, M, H (B)	Strandkweek, (Riet)	5%–40% 5 (7)
Eems-Dollard	P, L, M, H, B	Strandkweek, Riet	5%–35%	7

Tabel 29. Beoordelingsschema van kwaliteit van kwelderareaal.

Max. score		beoordeling	
5	6–7	KRW	EKR
5	6–7	P-REF	A
3–4	4–5	P-GET	B
2	2–3	Matig	C
1	0	Ontoereikend	D
0	0	Slecht	E

Samenvattend wordt in de *Staat* de kwaliteit van het areaal kwelders als volgt gewaardeerd:

- Qua systematiek wordt aangesloten bij de KRW methodiek, waarbij elk gebied wordt gescoord op een evenwichtig aandeel van de verschillende kweldertypen (P, L, M, H+CE, B+CR), en ontbreken van dominantie van de climaxtypen (CE en CR). Alle kwelder- en climaxtypen worden kweldergebieden meegenomen.
- Verschillen in karteerjaar maken het opstellen van een doorlopende tijdreeks lastig. Er is nu gekozen voor een omzetting van de laatste drie karteringen naar uniforme peiljaren 2010, 2016 en 2022. Voor Vlieland wordt de kartering uit 2015 gebruikt als proxy voor 2021 (peiljaar 2022).
- Kwaliteit van het kwelderareaal wordt beoordeeld per karteergebied, per geografisch deelgebied (Waddenzee-west, Waddenzee-oost, en Eems-Dollard)⁶⁴ en het gehele gebied.
- Conform de KRW richtlijnen (Dijkema et al., 2005) worden de toegekende punten omgezet naar EKR klassen. Deze zijn vervolgens numeriek gemaakt door steeds het midden van de klasse te nemen; dus A=0.9, B=0.7, ..., E=0.1.
- Voor de verschillende gebieden (Waddenzee-West, etc.) is de EKR op dit geaggregeerde schaalniveau berekend als gewogen gemiddelden van de EKR's per karteergebied. De totale oppervlakten van de karteergebieden zijn hierbij gebruikt als gewicht.

4.5.3 Resultaten

Per karteergebied

De vanuit de GIS-analyse verkregen arealen per KRW-kweldertype zijn gegeven in Tabel 30, net als het aandeel binnen het gebied, en de daar uit voortvloeiende punten en omrekening daarvan naar een EKR en EKR-klasse, zoals hierboven besproken.

⁶⁴ Hierbij ligt de grens tussen de westelijke en oostelijke Waddenzee bij het wantij van Terschelling. Hoewel de GIS data dit onderscheid perfect mogelijk maken, zijn de arealen voor Terschelling zoals gerapporteerd in Jentink (2018) wel uitgesplitst tussen Waddenzee en Waddenkust, maar niet tussen west en oost.

Hierbij valt op dat met name het westelijk Waddengebied matig scoort. Met name Noord-Holland en Griend scoren onvoldoende (EKR-klasse C of lager) voor de samenstelling van de kwelders. Voor Noord-Holland wordt dit veroorzaakt door de lage aandelen middenhoge en hoge kwelders en de dominantie van climaxvegetaties. Op Griend ontbreekt middenhoge kwelder, brakke kwelder, en wordt de hoge kwelder volledig gedomineerd door climaxvegetatie. Het ontbreken van brakke kwelders op zo'n klein eilandje is verklaarbaar, maar daar houdt de KRW-beoordelingssystematiek geen rekening mee. In de oostelijke Waddenzee is de kwaliteit van het kwelderareaal over het algemeen hoger: alle karteergebieden scoren een A of B.

Als we kijken op welke criteria gebieden 'punten lagen liggen', dan is dat met name bij het aandeel CE (climaxvegetatie met zeekweek). Bij de meest recente karteerronde is geen enkel gebied dat hier een punt voor scoort.⁶⁵

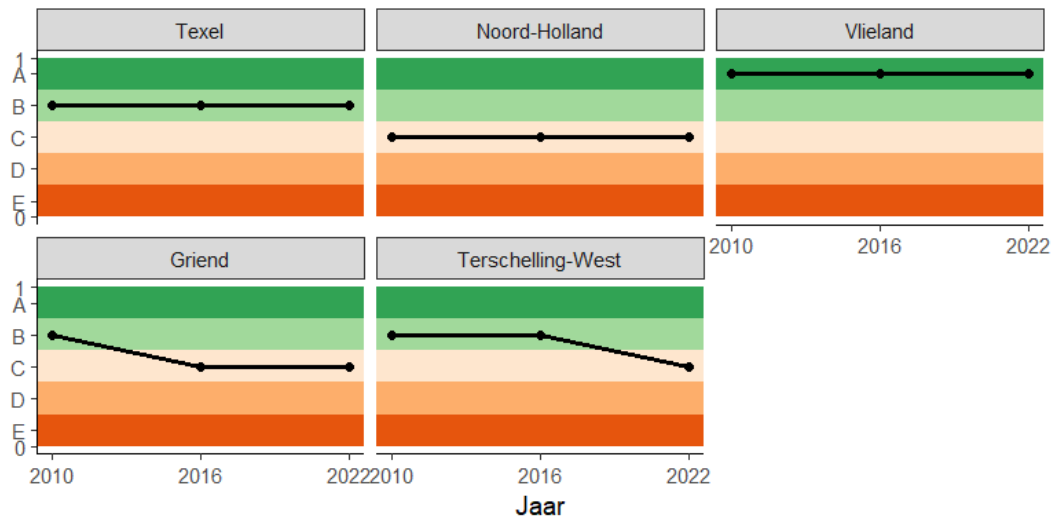
Tabel 30. Arealen KRW-kweldertypen, aandeel, scores en EKR-beoordeling, per karteergebied. De groengekleurde percentages leveren steeds één punt op voor de beoordelingsscore.

Regio	Gebied	Jaar	Areaal (ha)								Percentage								Score EKR		
			P	L	M	H	B	CE	CR		P	L	M	H	B	CE	CR				
Waddenzee-W.	Texel	2010	38,8	85,7	129,0	7,1	22,6	50,0	2,2		12%	26%	38%	2%	7%	88%	9%		4	0,7	B
		2016	41,2	99,6	130,2	8,5	43,0	62,2	13,3		10%	25%	33%	2%	14%	88%	24%		5	0,7	B
		2022	49,4	93,4	111,7	12,6	49,0	72,3	8,5		12%	24%	28%	3%	15%	85%	15%		5	0,7	B
	Noord-Holland	2010	28,7	11,7	2,2	1,0	0,5	30,0	12,5		33%	13%	3%	1%	15%	97%	97%		3	0,5	C
		2016	13,0	15,6	2,3	3,6	1,0	25,9	18,0		16%	20%	3%	5%	24%	88%	95%		3	0,5	C
		2022	27,5	8,6	2,5	1,7	0,6	33,5	27,3		27%	8%	2%	2%	27%	95%	98%		3	0,5	C
	Vlieland	2010	38,2	58,4	47,1	24,4	14,9	8,9	13,0		19%	29%	23%	12%	14%	27%	47%		7	0,9	A
		2016	36,4	51,2	56,4	46,2	22,0	11,4	26,7		15%	20%	23%	18%	19%	20%	55%		6	0,9	A
		2022	36,4	51,2	56,4	46,2	22,0	11,4	26,7		15%	20%	23%	18%	19%	20%	55%		6	0,9	A
	Griend	2010	3,7	9,5	0,5	10,3	1,1	9,8	0,5		11%	27%	1%	29%	5%	49%	30%		5	0,7	B
		2016	4,0	9,3	0,2	4,6	0,2	13,9	0,8		12%	28%	1%	14%	3%	75%	82%		3	0,5	C
		2022	5,6	6,6	0,9	9,7	0,3	15,1	0,9		14%	17%	2%	25%	3%	61%	75%		3	0,5	C
	Terschelling-W.	2010	2,4	2,1	4,0	6,0	26,2	1,7	20,2		4%	3%	6%	10%	74%	22%	44%		4	0,7	B
		2016	5,1	2,6	7,5	6,3	32,5	2,5	23,4		6%	3%	9%	8%	70%	29%	42%		5	0,7	B
		2022	1,1	4,6	12,6	5,1	17,0	6,2	24,8		2%	6%	18%	7%	59%	55%	59%		3	0,5	C
Waddenzee-O.	Terschelling-O.	2010	100,9	426,4	208,5	99,8	125,8	422,3	48,6		7%	30%	15%	7%	12%	81%	28%		6	0,9	A
		2016	83,7	313,2	259,0	99,6	150,0	411,2	52,2		6%	23%	19%	7%	15%	80%	26%		6	0,9	A
		2022	110,3	341,5	209,0	92,7	119,5	465,2	10,7		8%	25%	15%	7%	10%	83%	8%		6	0,9	A
	Ameland	2010	20,2	82,5	156,6	55,0	88,6	67,2	11,6		4%	17%	33%	11%	21%	55%	12%		5	0,7	B
		2016	21,6	80,3	104,9	87,6	112,2	74,2	25,1		4%	16%	21%	17%	27%	46%	18%		6	0,9	A
		2022	23,5	103,2	124,0	69,3	108,9	76,0	12,5		5%	20%	24%	13%	23%	52%	10%		5	0,7	B
	Schiermonnikoog	2010	227,0	242,6	272,2	130,3	191,2	415,6	71,8		15%	16%	18%	8%	17%	76%	27%		6	0,9	A
		2016	90,5	302,6	174,7	123,8	226,3	476,7	85,8		6%	20%	12%	8%	21%	79%	27%		6	0,9	A
		2022	177,4	291,2	183,2	82,7	182,3	481,8	76,1		12%	20%	12%	6%	18%	85%	29%		6	0,9	A
	Rottum	2010	64,9	78,7	52,1	25,3	4,8	58,9	0,8		23%	28%	18%	9%	2%	70%	14%		5	0,7	B
		2016	68,5	87,0	60,1	39,1	10,4	49,8	1,1		22%	28%	19%	12%	4%	56%	10%		5	0,7	B
		2022	127,4	86,9	46,6	43,8	6,7	41,4	1,2		36%	25%	13%	12%	2%	49%	15%		5	0,7	B
	Fr.-Gr.	2010	1.277,2	820,3	216,1	397,9	129,7	925,0	5,8		34%	22%	6%	11%	4%	70%	4%		5	0,7	B
		2016	1.486,6	866,2	379,6	496,8	86,3	893,8	19,2		35%	20%	9%	12%	2%	64%	18%		4	0,7	B
		2022	964,7	1.547,4	235,4	318,3	256,0	838,3	26,3		23%	37%	6%	8%	7%	72%	9%		5	0,7	B
Eems-Dollard	Eems-Dollard	2010	52,6	328,5	78,1	55,1	62,4	32,2	119,3		7%	45%	11%	8%	25%	37%	66%		5	0,7	B
		2016	47,8	371,1	65,5	59,7	45,7	43,1	111,4		6%	50%	9%	8%	21%	42%	71%		5	0,7	B
		2022	65,4	369,5	45,2	37,6	51,8	50,6	124,8		9%	50%	6%	5%	24%	57%	71%		4	0,7	B

⁶⁵ Schijnbaar Vlieland wel, maar daar is voor 2022 de eerdere kartering van 2015 voor gebruikt.

Kwaliteit kwelderareaal (KRW types)

Waddenzee-West, EKR

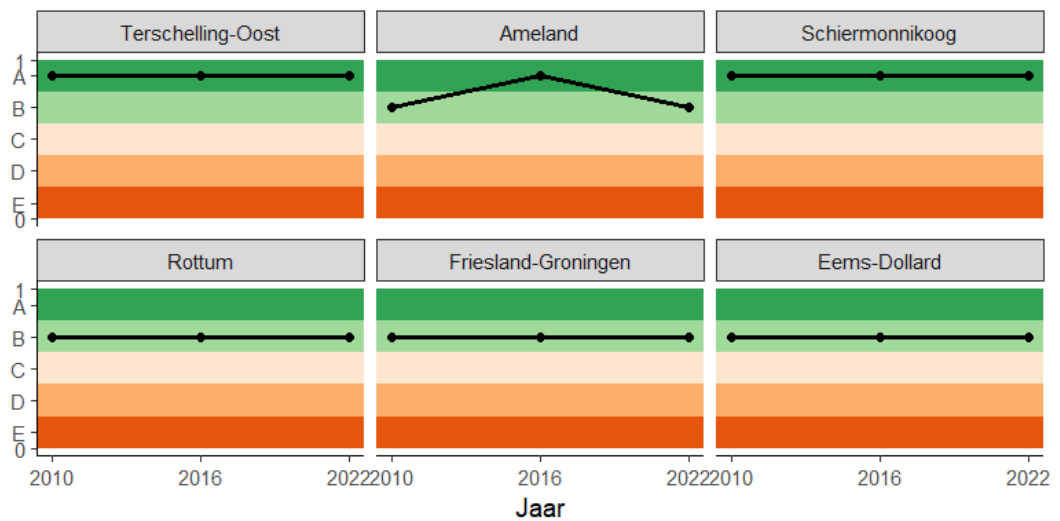


Data: RWS:VEGWAD

Figuur 105. Kwaliteit kwelderareaal als EKR beoordeling op basis van gegeneraliseerde KRW-criteria, per karteergebied; Westelijke Waddenzee.

Kwaliteit kwelderareaal (KRW types)

Waddenzee-Oost en Eems-Dollard, EKR



Data: RWS:VEGWAD

Figuur 106. Idem; oostelijke Waddenzee en Eems-Dollard.

Per regio

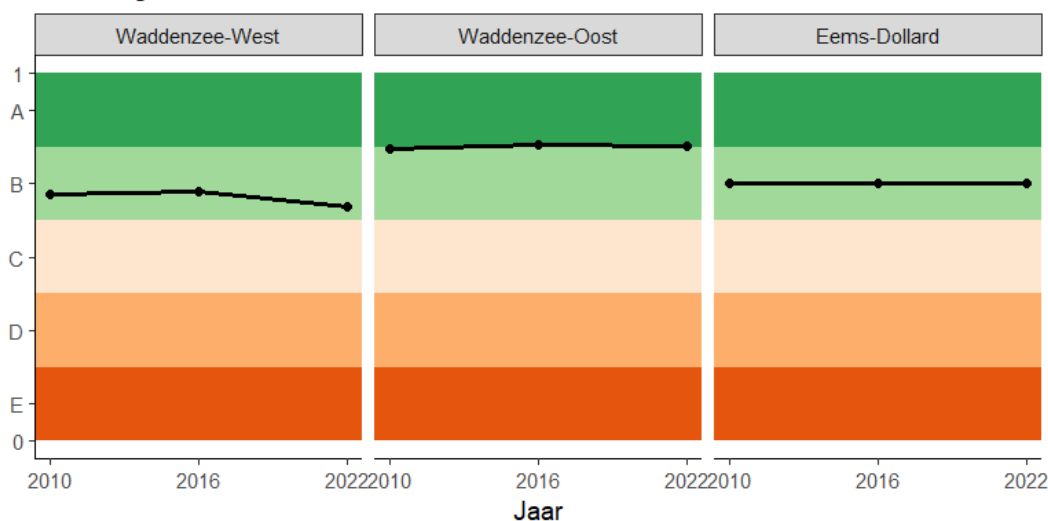
De EKR-beoordeling per regio, berekend als gewogen gemiddelden van EKR's per karteergebied, zijn weergegeven in Tabel 31 en Figuur 107. In de westelijke Waddenzee valt de kwaliteit van het kwelderareaal in EKR-klasse B en neemt licht af. In de oostelijke Waddenzee neemt de kwaliteit toe tot klasse A. In de Eems-Dollard is de kwaliteit constant klasse B.

Tabel 31. EKR beoordeling per deelgebied, als gewogen gemiddelden van de EKR's per karteergebied

Regio	Gebied	Gewicht			EKR		
		2010	2016	2022	2010	2016	2022
Waddenzee-West	Texel	35%	38%	36%	0,7	0,7	0,7
	Noord-Holland	29%	22%	27%	0,5	0,5	0,5
	Vlieland	15%	19%	17%	0,9	0,9	0,9
	Griend	7%	7%	7%	0,7	0,5	0,5
	Terschelling-West	15%	13%	14%	0,7	0,7	0,5
Totaal					0,67	0,68	0,64
					B	B	B
Waddenzee-Oost	Terschelling-Oost	23%	22%	23%	0,9	0,9	0,9
	Ameland	4%	5%	4%	0,7	0,9	0,7
	Schiermonnikoog	24%	27%	27%	0,9	0,9	0,9
	Rottum	3%	2%	2%	0,7	0,7	0,7
	Friesland-Groningen	46%	44%	43%	0,7	0,7	0,7
Totaal					0,79	0,81	0,80
					B	A	A
Eems-Dollard	Eems-Dollard	100%	100%	100%	0,7	0,7	0,7
Totaal					0,70	0,70	0,70
					B	B	B

Kwaliteit kwelderareaal (KRW types)

Per deelgebied, EKR



Data: RWS:VEGWAD

Figuur 107. Kwaliteit kwelderareaal als EKR beoordeling op basis van gegeneraliseerde KRW-criteria, per deelgebied.

Waddenzee geheel.

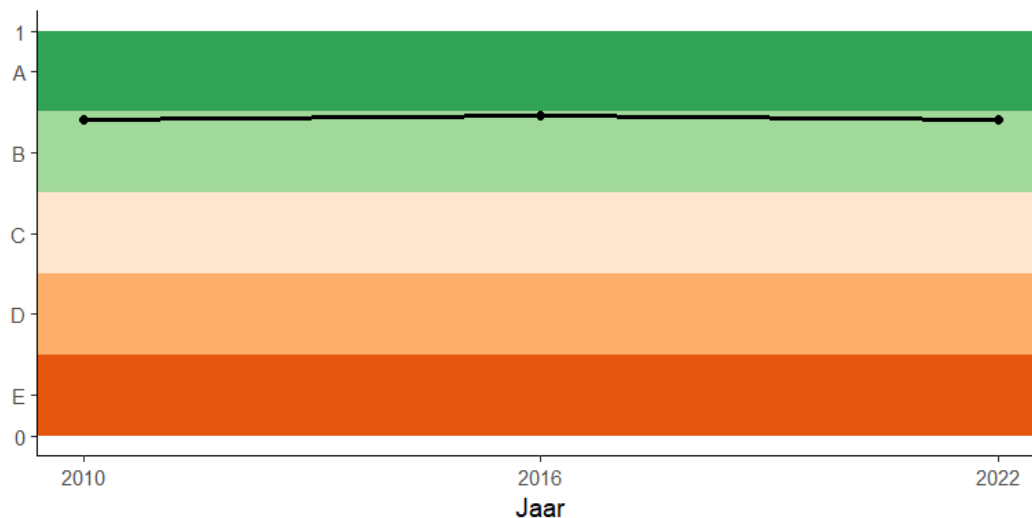
In een laatste aggregatiestap wordt de kwaliteit van het kwelderareaal in haar geheel bepaald (Tabel 32 en Figuur 108). Hierbij zien we dat de verschillen tussen westelijke en oostelijke Waddenzee elkaar compenseren, zodat gedurende alle drie de perioden de EKR in de klasse B valt.

Tabel 32. EKR beoordeling voor de gehele Waddenzee, als gewogen gemiddelden van de EKR's per karteergebied

Regio	Gebied	Gewichten			EKR		
		2010	2016	2022	2010	2016	2022
Waddenzee-West	Texel	2%	3%	3%	0,7	0,7	0,7
	Noord-Holland	2%	2%	2%	0,5	0,5	0,5
	Vlieland	1%	2%	2%	0,9	0,9	0,9
	Griend	0%	1%	1%	0,7	0,5	0,5
	Terschelling-West	1%	1%	1%	0,7	0,7	0,5
Waddenzee-Oost	Terschelling-Oost	20%	19%	20%	0,9	0,9	0,9
	Ameland	3%	4%	4%	0,7	0,9	0,7
	Schiermonnikoog	21%	23%	23%	0,9	0,9	0,9
	Rottum	3%	2%	2%	0,7	0,7	0,7
	Friesland-Groningen	40%	37%	36%	0,7	0,7	0,7
Eems-Dollard	Eems-Dollard	7%	6%	7%	0,7	0,7	0,7
Totaal					0,78	0,79	0,78
					B	B	B

Kwaliteit kwelderareaal (KRW types)

Waddenzee + Eems-Dollard, EKR



Data: RWS:VEGWAD

Figuur 108. Kwaliteit kwelderareaal als EKR beoordeling op basis van gegeneraliseerde KRW-criteria, voor de gehele Waddenzee.

4.5.4 Samenvatting, conclusies, discussie

Over het algemeen is de samenstelling van de kwelders in de Waddenzee (volgens een generaliseerde versie van de KRW-criteria) voldoende evenwichtig. De oostelijke Waddenzee springt er hier in positieve zin uit. Er zijn op het niveau van deelgebieden en de Waddenzee in haar geheel geen echte trends gedetecteerd.

Tabel 33. Samenvatting van indicator Kwelderzonering.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Kwelderzonering	Areaalsamenstelling	Waddenzee-west	0,64	B	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Waddenzee-oost	0,80	A	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Eems-Dollard	0,70	B	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Totaal	0,78	B	Voldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten:

- Voor deze indicator wordt nu —met aanpassingen op advies van experts —aangesloten bij de KRW-systematiek. Aanbevolen wordt om te onderzoeken hoe deze aanpak zich verhoudt tot de beoordeling van kwelders vanuit de Habitatrichtlijn rapportages, en hoe beide benaderingen eventueel kunnen worden geharmoniseerd.
- Het karteerschema zoals gebruikt in het VEGWAD programma maakt het lastig om feitelijke kalenderjaren met elkaar te vergelijken. De aanname hier is dat relevante trends en mogelijk ongunstige toestanden evengoed op tijd worden gesignaleerd.
- Op Griend komt naar verhouding zeer weinig brakke kwelder voor. Gezien de kleine omvang van het eiland is dat logisch, aangezien de omvang van de zoetwaterbel onder het eiland gering is. In de beoordelingssystematiek zou meer met dit type lokale omstandigheden rekening gehouden moeten worden.
- Door experts is aangegeven dat een relatief groot aandeel pionier- of lage kwelder niet per se een probleem is, aangezien die onder de juiste omstandigheden vanzelf kunnen evolueren tot middenhoge of -hoge kwelder. Ook hier wordt in de beoordelingssystematiek geen rekening mee gehouden. Hier kan echter tegen in worden gebracht dat in een dynamisch milieu er weliswaar sprake is van 'cyclic rejuvenation', maar in het ideale geval alle (ouderdoms)types wel aanwezig zouden horen te zijn. In ieder geval op afdoende groot schaalniveau.

4.6 Sedimentsamenstelling

De samenstelling van wadplaten in termen van textuur is een belangrijke factor in het geomorfologisch en ecologisch functioneren van het waddenecosysteem. Vanuit het SIBES meetprogramma zijn er van 2009 t/m 2019 op uitgebreide schaal metingen gedaan aan de sedimentsamenstelling van de wadplaten. Uit dit onderzoek bleek dat gedurende de periode 2011–2015 de verschillende platen in het gehele Waddenzee grover qua textuur zijn geworden, en tussen 2015–2019 weer fijner. Verklaringen hiervoor worden gezocht in relatieve zeespiegelstijging, samenstelling van het zwevende sediment in de Noordzee, en veranderingen in de productiviteit van microphytobenthos (Folmer et al., 2023).

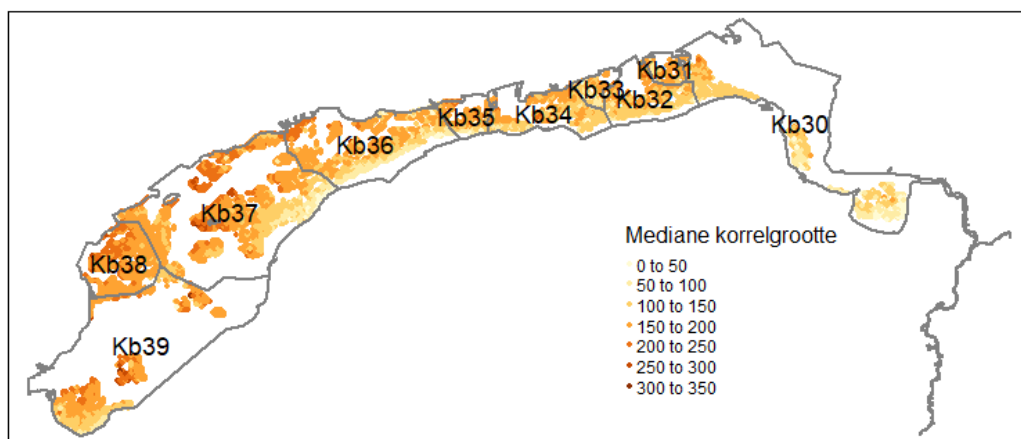
4.6.1 Data en methodologie

Voor de *Staat* wordt gebruik gemaakt van de data met betrekking tot korrelgrootte en textuur, zoals die beschikbaar is vanuit de BasisMonitoring en de WaddenViewer: [B27: SIBES: Sediment \(2009-2019\)](#).

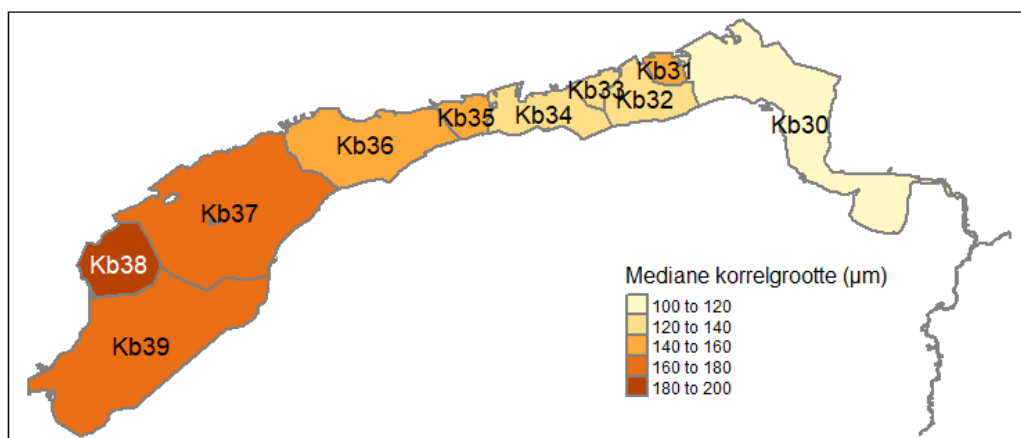
De dataset bevat ruim 4000 metingen per jaar. Per meting is de volgende informatie beschikbaar: locatie (als coördinaten); de mediane korrelgrootte (uitgedrukt in μm) en het slibgehalte (fractie tussen 0,04 μm en 63 μm , als percentage). De afzonderlijke meetlocaties zijn toegekend aan één van de tien kombergingen, waarbij gebruik is gemaakt van de [SIBES kombergingenkaart](#) (Figuur 109). Ongeveer 0,1% van alle metingen viel buiten deze kombergingen, doorgaans omdat ze net buiten de betreffende polygonen liggen. Er is geen poging gedaan deze metingen toe te kennen aan de dichtstbijzijnde komberging. Alle kombergingen zijn toegekend aan één van de drie deelgebieden (Westelijke Waddenzee, Kb37–39; Oostelijke Waddenzee, Kb31–36, en Eems-Dollard, Kb30). Per komberging of deelgebied zijn per jaar de individuele metingen geaggregeerd als rekenkundig gemiddelde.

4.6.2 Trends en patronen.

Karteren van de ruwe metingen voor 2019 suggereert een afnemende trend in korrelgrootte van west naar oost, en van de Noordzee naar de vastelandskust (Figuur 109). Na ruimtelijk aggregeren per komberging blijft deze trend van west naar oost zichtbaar (Figuur 110). Opvallend wordt dan dat de kleine kombergingen aan Noordzee-zijde (38: Eijerlandse Gat en 31: Schild) relatief grof van karakter zijn, hetgeen logisch is gezien hun positie.

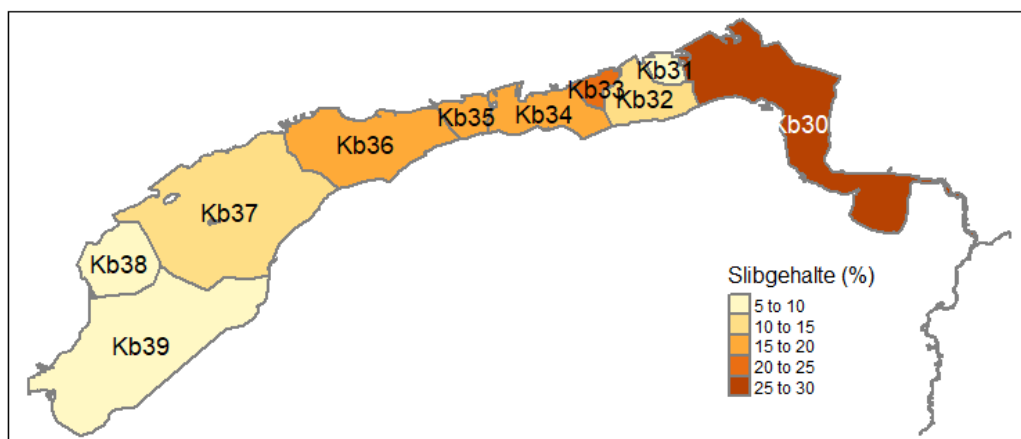


Figuur 109. Mediane korrelgrootte van de wadplaten in 2019. Data: SIBES.



Figuur 110. Gemiddelde mediane korrelgrootte van de wasplaten, per komberging, in 2019. Data: SIBES.

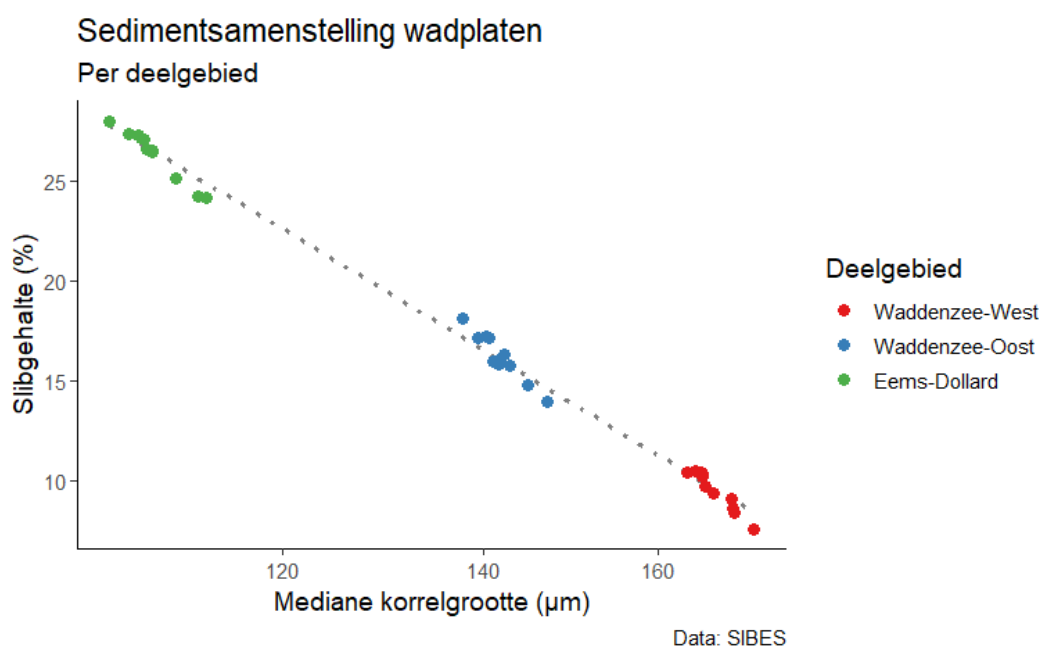
Waar de mediane korrelgrootte geleidelijk afneemt van west naar oost, neemt het slibgehalte toe (Figuur 111). Ook hier is met name komberging Schild (31) relatieve afwijkend.



Figuur 111. Gemiddeld slibgehalte van de wadplaten, per komberging, in 2019. Data: SIBES.

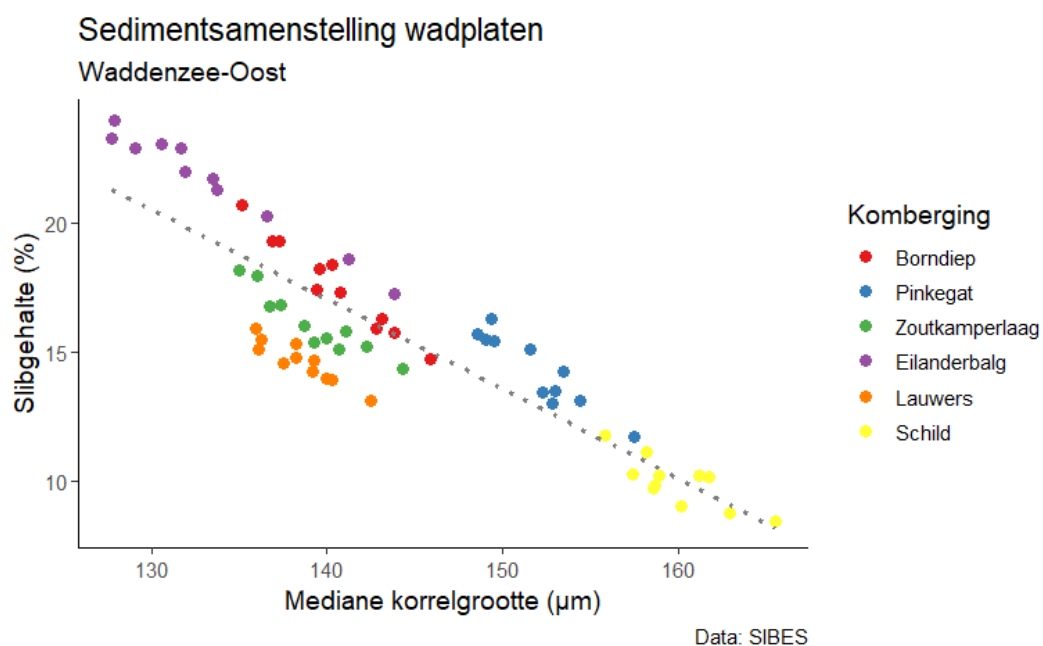
Gezien de typische wijze waarop sediment is samengesteld, is het logisch dat mediane korrelgrootte en slibgehalte complementair zijn. Het zijn immers twee parameters die eenzelfde onderliggende korrelgrootteverdeling beschrijven. In de praktijk wordt de nadruk gelegd op slibgehalte als parameter, waarbij mediane korrelgrootte complementair wordt gebruikt indien het slibgehalte laag (<10%) is (Folmer et al., 2023).

Dit beeld wordt bevestigd door mediane korrelgrootte in een scatterplot uit te zetten tegen het slibgehalte. Op het niveau van de drie deelgebieden, en tussen de afzonderlijke jaren, is hier duidelijk sprake van een inverse relatie (Figuur 112).



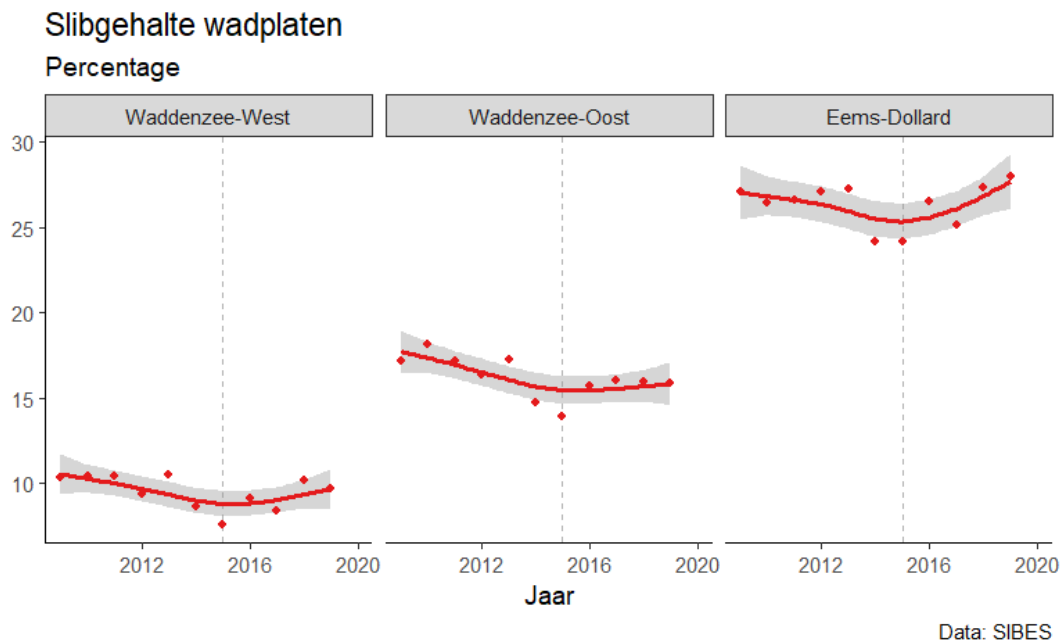
Figuur 112. Scatterplot van mediane korrelgrootte en slibgehalte van wadplaten, per deelgebied. Afzonderlijke punten representeren afzonderlijke jaren.

Op een fijner detailniveau kunnen echter aanzienlijke afwijkingen van dit algemene patroon worden gevonden. Met name binnen de Waddenzee-Oost wijken kombergingen Lauwers (32) en Zoutkamperlaag (34) af van dit patroon in de zin dat het slibgehalte hier lager is dan zou worden verwacht op basis van de korrelgrootte (of omgekeerd).



Figuur 113. Scatterplot van mediane korrelgrootte en slibgehalte van wadplaten, per komberging binnen deelgebied Waddenzee-Oost. Afzonderlijke punten representeren afzonderlijke jaren.

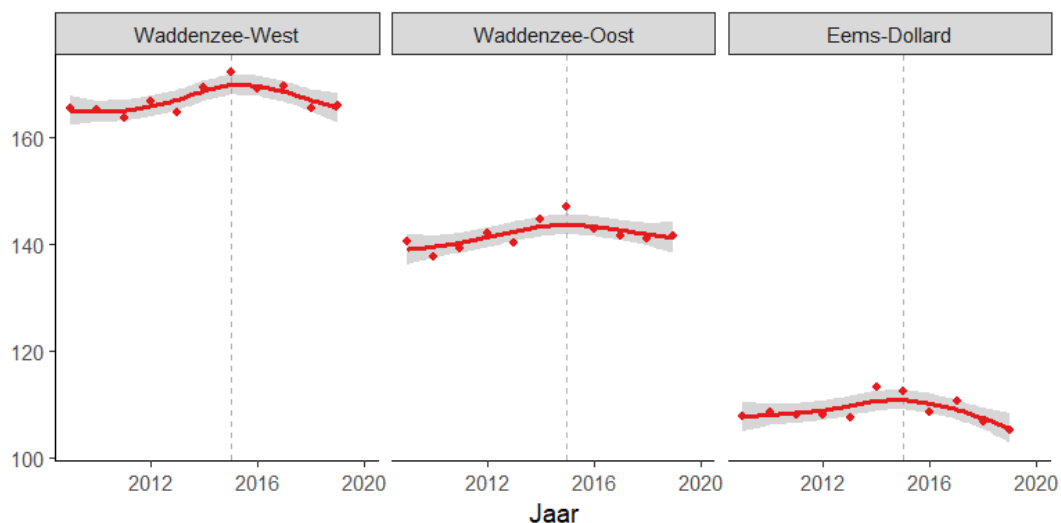
Kijken we naar de trends in sedimentsamenstelling op het ruimtelijk niveau van de drie deelgebieden, dan zien we duidelijk de door Folmer *et al.* (2023) beschreven trend richting minder slib / grovere samenstelling tot 2015, gevolgd door een omkering van deze trend (Figuur 114 en Figuur 115).



Figuur 114. Trend in sedimentsamenstelling van wadplaten, uitgedrukt als slibgehalte, gemiddeld per komberging.

Sedimentgrootte wadplaten

Mediane korrelgrootte (μm)



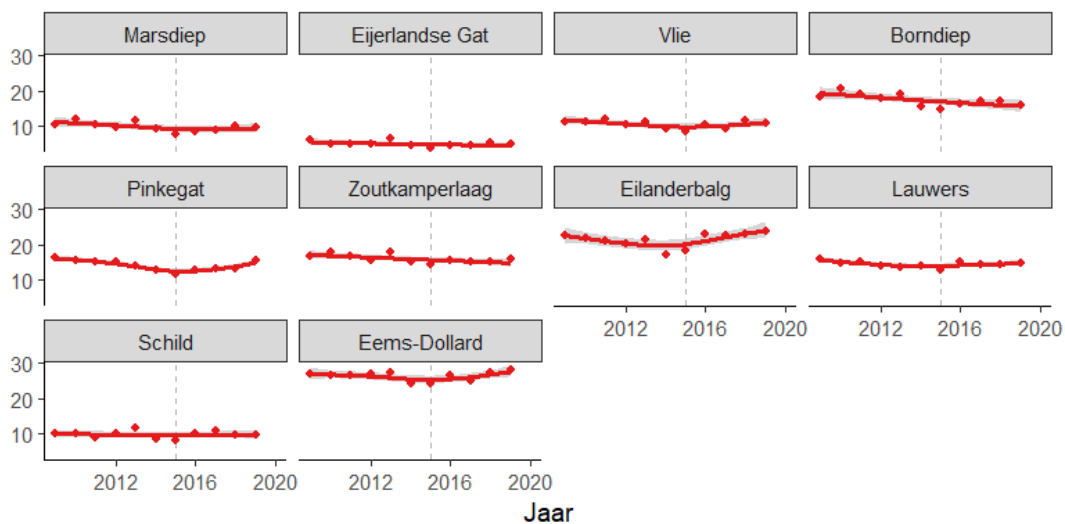
Data: SIBES

Figuur 115. Trend in sedimentsamenstelling van wadplaten, uitgedrukt als mediane korrelgrootte, gemiddeld per deelgebied.

Inzoomend op de afzonderlijke kombergingen is dit patroon minder evident. De trendomkering lijkt het sterkst in de kleine kombergingen Pinkegat (tussen Ameland en Engelsmanplaat) en Eilanderbalg (tussen Schiermonnikoog en Rottumerplaat)

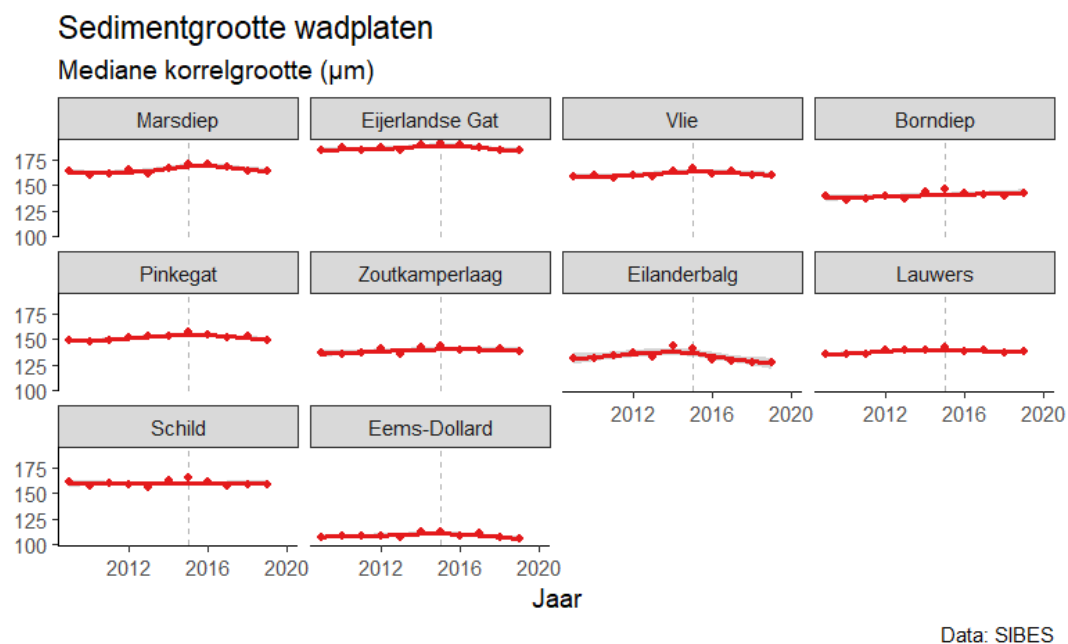
Slibgehalte wadplaten

Percentage



Data: SIBES

Figuur 116. Trend in sedimentsamenstelling van wadplaten, uitgedrukt als slibgehalte, gemiddeld per komberging.



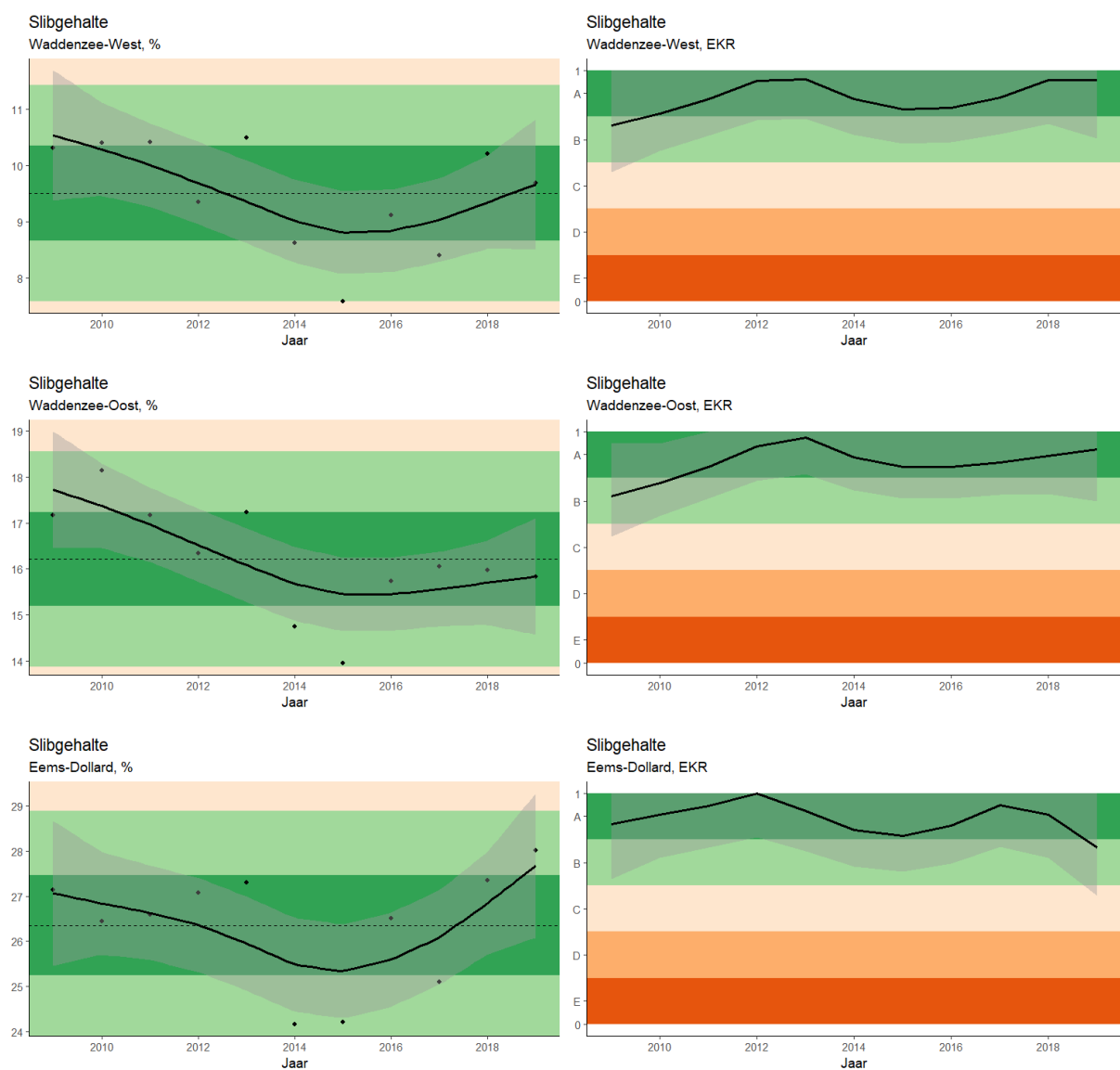
Figuur 117. Trend in sedimentsamenstelling van wadplaten, uitgedrukt als mediane korrelgrootte, gemiddeld per komberging.

4.6.3 Referentiewaarden

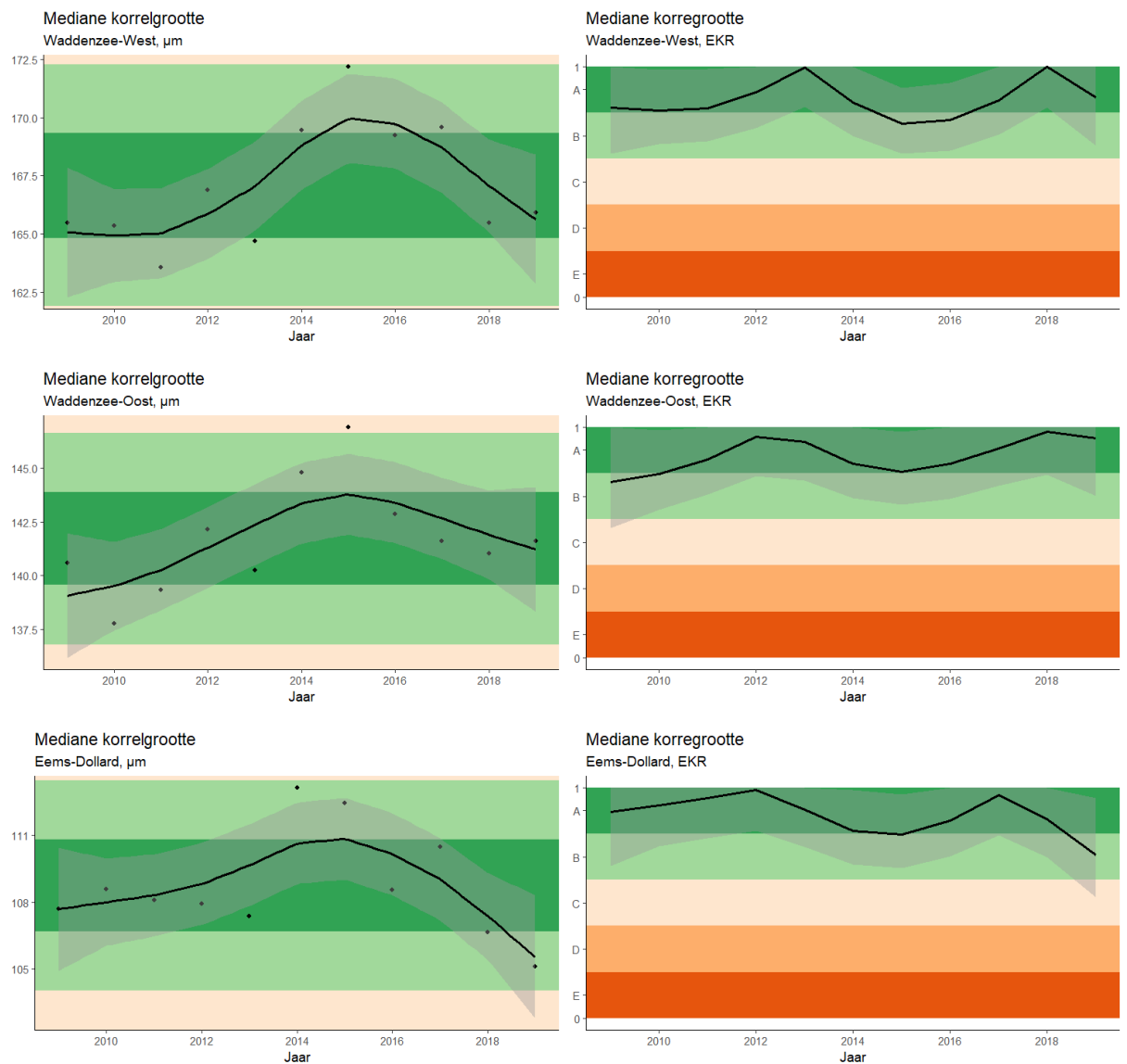
Voor de sedimentsamenstelling is geen extern gedefinieerde referentiewaarde bekend. Of de beschikbare tijdreeks lang genoeg is om een verantwoorde historisch bepaalde referentiewaarde vast te stellen kan worden betwijfeld. De aard van de dynamiek binnen de tijdreeks is dusdanig onbekend dat niet kan worden vastgesteld of deze dienen te worden geïnterpreteerd als veranderingen in kwaliteit. Zwarts et al (2004) vonden dat ook in de periode tussen 1975 en 2000 al dergelijke gesynchroniseerde schommelingen plaatsvonden.

Desalniettemin kiezen we er voor nu voor om in lijn met andere abiotische indicatoren de gehele beschikbare tijdreeks als referentieperiode te beschouwen en afzonderlijke jaren te evalueren binnen de context van de variantie binnen deze periode.

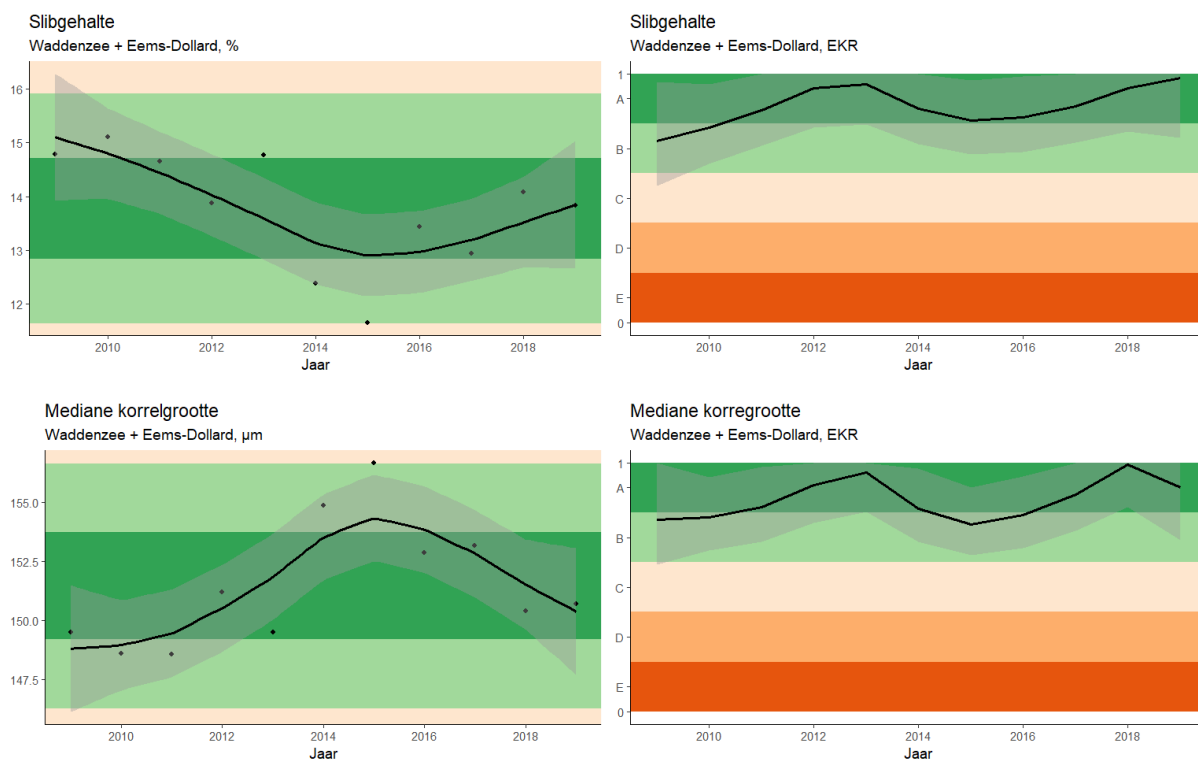
4.6.4 Resultaten



Figuur 118. Tijdreeks van slibgehalte in de deelgebieden van de Waddenzee, en bijbehorende EKR.



Figuur 119. Tijdreeks van mediane korrelgrootte in de deelgebieden van de Waddenzee, en bijbehorende EKR.



Figuur 120. Tijdreeksen van slibgehalte en mediane korrelgrootten voor de gehele Waddenzee inclusief Eems-Dollard, en bijbehorende EKR

4.6.5 Samenvatting, conclusies, discussie

De sedimentsamenstelling in de Waddenzee varieert in ruimte en tijd. Dat maakt het lastig om een goede beoordeling te maken. Als we in lijn met de analyse van andere indicatoren de nadruk leggen op afwijkingen in de tijd voor grotere ruimtelijke eenheden, dan is de conclusie dat de sedimentsamenstelling op alle locaties in principe op orde is. De beperkte tijdreeks zorgt er echter voor dat de onzekerheden in de trendanalyse dusdanig zijn dat de beoordeling voor Eems-Dollard onzeker zijn. Deze classificatie dient echter met de nodige reserves geïnterpreteerd te worden.

Tabel 34. Samenvatting van indicator Sedimentsamenstelling.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Sediment	Slibgehalte, %	Waddenzee-west	0.96 (0.71 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Waddenzee-oost	0.92 (0.70 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Eems-Dollard	0.77 (0.56 – 1.00)	B (A-C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
		Totaal	0.98 (0.74 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
	Med. korrelgrootte, µm	Waddenzee-west	0.87 (0.66 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Waddenzee-oost	0.95 (0.70 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel
		Eems-Dollard	0.71 (0.53 – 0.96)	B (A-C)	Onzeker	Stabiel	Stabiel
		Totaal	0.90 (0.69 – 1.00)	A (A-B)	Voldoende	Stabiel	Stabiel

Discussiepunten:

- Voor sedimentsamenstelling is momenteel geen goede ecologische referentie voorhanden. Dit verdient nadere bespreking met experts en/of heroverweging van opname van deze indicator in de *Staat..*
- Gezien de log-normale verdeling van korrelgrootte valt te overwegen om in plaats van het rekenkundig gemiddelde van de afzonderlijke metingen, de mediaan te gebruiken, of het logaritme van de afzonderlijke meetpunten te .

- Het verdient aanbeveling om de hoge mate van ruimtelijk detail beter in de analyse te betrekken met als doel om waar mogelijk de onzekerheden in de EKR berekening te verkleinen.

4.7 Biogene structuren

De Waddenzee is primair opgebouwd uit zandige en slikkige sedimenten. Biogene structuren zoals zeegrasvelden, schelpdierbanken en *sabellaria*-riffen introduceren stabiliteit en vormen belangrijke soortenrijke habitats.

4.7.1 Data en methodologie

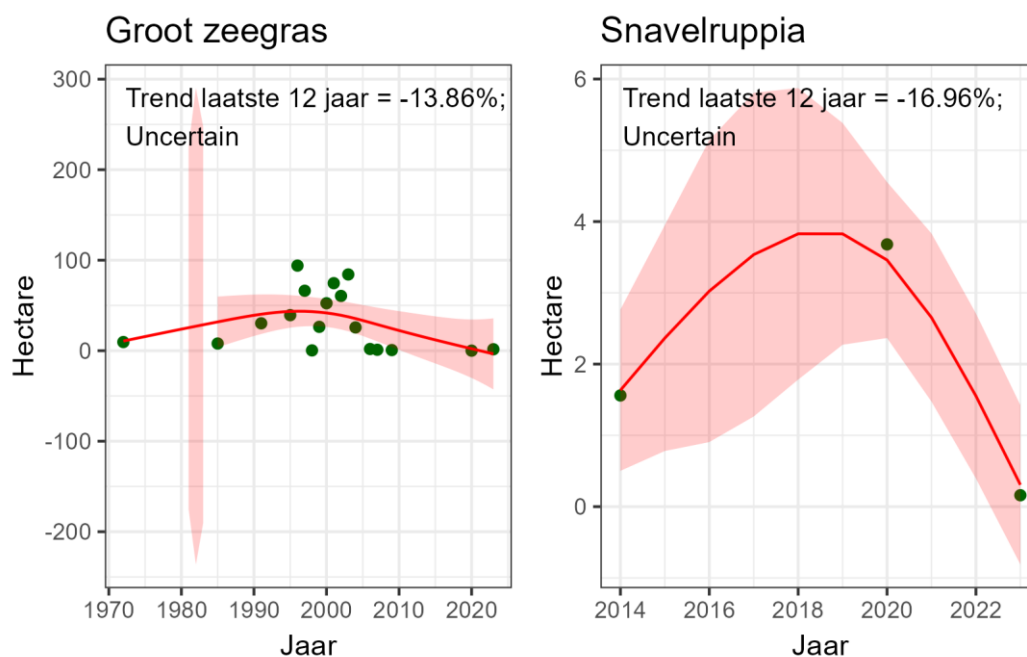
Dataselectie

Voor biogene structuren in de Waddenzee zijn gegevens beschikbaar voor zeegras en schelpdierbanken.

Zeegraskarteringen⁶⁶ voor de Waddenzee en Eems-Dollard worden sinds 1972 uitgevoerd door Rijkswaterstaat / Waardenburg Ecology (in het kader van het programma Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands, MWTL). De ruimtelijke verspreiding van groot zeegras (*Zostera marina*), klein zeegras (*Zostera noltei*) en snavelruppia (*Ruppia maritima*) wordt bepaald door het aantal 20×20 m plots te tellen waarin deze soorten voorkomen en de bedekking te bepalen. Er wordt gesproken van zeegrasvelden vanaf een bedekking >5% volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW)⁶⁷. Voor de analyse zijn daarom alleen metingen met een bedekking >5% meegenomen. Idealiter wordt hierbij ook onderscheid gemaakt naar de verschillende soorten zeegras, maar de metingen waarbij groot zeegras en snavelruppia een bedekking > 5% hebben zijn zeer sporadisch en hierdoor zijn trends niet goed te berekenen (Figuur 121). In de verdere analyse zal het totaal aan hectare zeegras in de Waddenzee en Eems-dollard gebruikt worden (groot zeegras, klein zeegras, en snavelruppia samen).

⁶⁶ <https://waterinfo-extra.rws.nl/monitoring/biologie/vegetatie/zeegras>

⁶⁷ <https://www.stowa.nl/publicaties/referenties-en-maatlatten-voor-natuurlijke-watertypen-voor-de-kaderrichtlijn-water-2021-2027-versie>



Figuur 121. Hectare aan groot zeegras en snavelruppia met een bedekking >5% in de Waddenzee en Eemsdollar vanaf 1972, waarbij de rode lijn (inclusief SE) de trend weergeeft. Bovenin de panelen staat de trend en de trendklasse over de laatste 12 jaar.

Karteringen voor schelpdierbanken in het litoraal worden jaarlijks uitgevoerd door Wageningen Marine Research (WMR). Sinds 1995 worden ieder voorjaar 40-95% van de schelpdierbanken gekarteerd en van de resterende banken is d.m.v. vliegtuiginspectie en/of satellietbeelden bekend of ze er nog zijn (Westinga et al 2020)⁶⁸. De hectares aan schelpdierbanken wordt gepubliceerd op het Compendium voor de Leefomgeving⁶⁹ en in de Schelpdiermonitor van WMR⁷⁰.

In de Waddenzee zijn mosselbanken (*Mytilus edulis*), oesterbanken (*Magallana gigas*), en gemengde banken met zowel oesters als mossels aanwezig. De oesterbanken zijn sinds 2003 gevestigd in de Waddenzee en bevatten de geïntroduceerde Japanse oester en niet de inheemse platte oester (*Ostrea edulis*). Gemengde banken bestaan uit zowel oesters als mosselen en kunnen in samenstelling variëren van overwegend oester (met minimaal 5% mosselen) tot overwegend mossel (met minimaal 5% oesters), wat ook verschil maakt voor de ecologische functie. Gemengde banken maken dus deel uit van het totale mozaïek aan mossel- en oesterbanken en in dit rapport zal daarom de analyse plaatsvinden voor pure mossel- en oesterbanken, en mosselbanken + gemengde banken en oesterbanken + gemengde banken.

Methodologie

Trendspotter kan worden gebruikt om de verandering in ha zeegras en schelpdierbanken in beeld te brengen. Hiermee kunnen niet-lineaire trends worden gedetecteerd en geschat, waarbij ook standaardfouten en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen worden berekend op basis van een Kalman-filter (Visser et al., 2004; Soldaat et al., 2007), zie ook paragraaf 2.3.1.

⁶⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S027277142030846>

⁶⁹ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl155909-areaal-mossel-en-oesterbanken-in-de-waddenzee-1995-2024>

⁷⁰ <https://www.wur.nl/nl/artikel/Schelpdiermonitor.htm>

Voor zeegras is de trend berekend op aantal ha, aangezien dit op het totaal areaal aan zeegrasvelden gebaseerd is, Voor de verschillende uitsplitsingen aan schelpdierbanken zijn de ha eerst geïndexeerd alvorens de aggregatie tot een multi species index (MSI) kon plaatsvinden, aangezien halveringen en verdubbelingen in oppervlakte per uitsplitsing even zwaar gewogen dienen te worden.

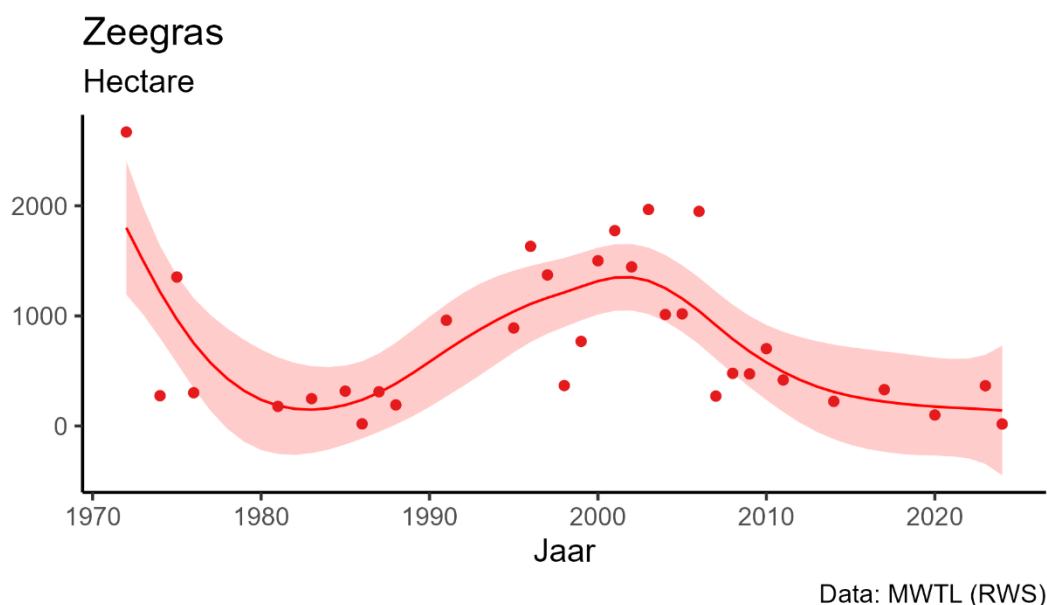
Voor de aggregatie van schelpdierbanken en zeegras tot MSI zijn ook indexen gebruikt.

4.7.2 Trends en patronen

Trends van oppervlakte aan zeegras in de Waddenzee staan in Figuur 122, en trends van schelpdierbanken in Figuur 123 (MSI; alle uitsplitsingen gecombineerd). Trends en trendklassen van de individuele biogene structuren over de gehele periode en de laatste twaalf jaar zijn samengevat in Tabel 35.

Zeegras laat over de gehele periode en de laatste twaalf jaar een afname zien, maar door grote onzekerheden is de afname de laatste twaalf jaar niet significant (Tabel 35). Oesterbanken en oesterbanken + gemengde banken zijn sinds 2003 toegenomen, de trend in mosselbanken over de hele periode en de laatste twaalf jaar is onzeker en het aandeel mosselbanken + gemengde banken is over de gehele periode stabiel gebleven en de laatste twaalf jaar onzeker (Tabel 35). Als resultaat laat de MSI van al deze uitsplitsingen een stabiele trend over de gehele periode en de laatste twaalf jaar (Figuur 123).

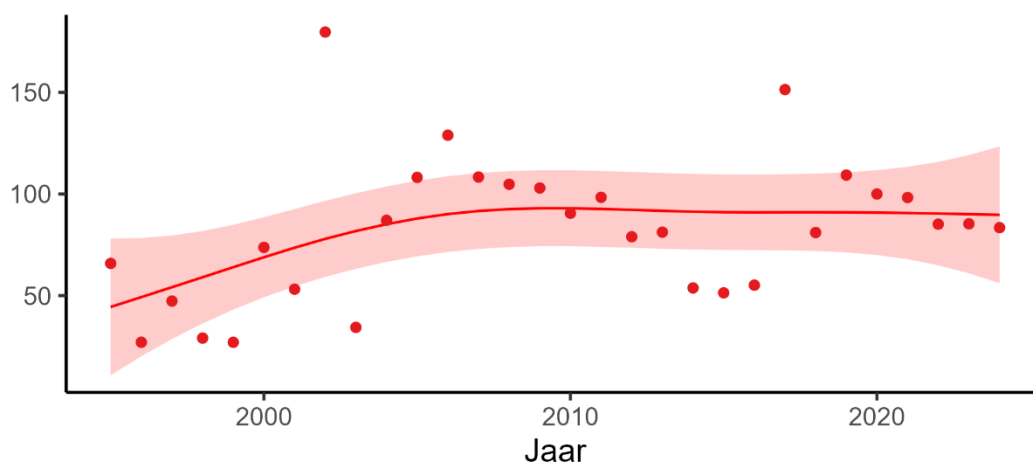
De MSI voor alle biogene structuren samen staat in Figuur 124. Door de grote onzekerheid is de afname over de gehele periode (vanaf 1995) en de laatste twaalf jaar niet significant.



Figuur 122. Aantal hectare en trend (rode lijn) met betrouwbaarheidsinterval van zeegras tussen 1972 en 2024 in de Waddenzee.

MSI schelpdierbanken

Index

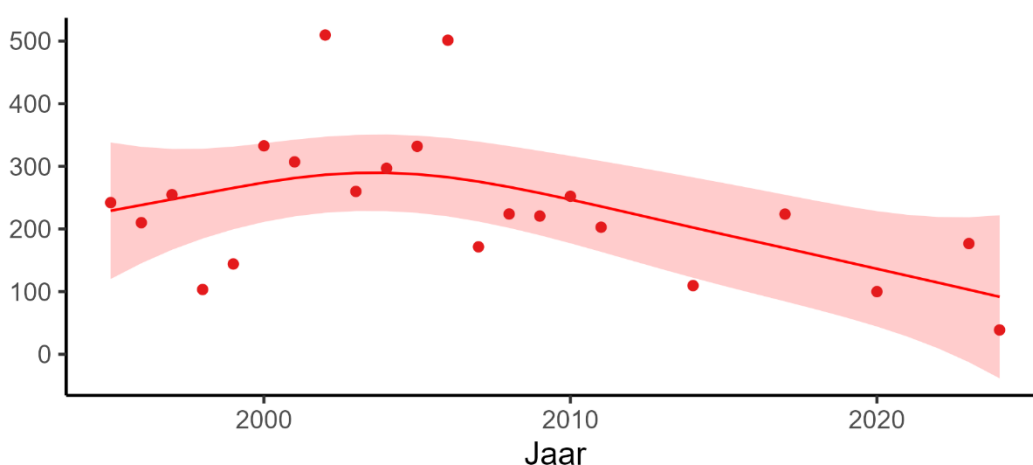


Data: WMR

Figuur 123. Index en trend (rode lijn) met betrouwbaarheidsinterval van de MSI voor vier uitsplitsingen van schelpdierbanken in de periode 1995–2024 in de litorale Waddenzee. De index van de soorten is dusdanig geschaald dat de index in 2020 op 100 gesteld is.

MSI biogene structuren

Index



Data: MWTL (RWS), WMR

Figuur 124. Index en trend (rode lijn) met betrouwbaarheidsinterval van de MSI voor biogene structuren (zeegras en schelpdierbanken) in de periode 1995–2024 in de Waddenzee. De index van de soorten is dusdanig geschaald dat de index in 2020 op 100 gesteld is.

Tabel 35. Resultaten uit Trendspotter voor zeegras (1972–2024) en schelpdierbanken (mossel: 1995–2024; oester: 2003–2024), en aggregaties voor biogene structuren over de gehele periode en de laatste 12 jaar met standaardfout (SE) (zie Tabel 2 en Figuur 7 voor definities trendklassen).

Type	Soort	Trend		Vanaf	Laatste 12 jaar	
		Gehele periode				
MSI	Biogeen	-3,1 ±	9,2 Onzeker	1995	-7,4 ±	20,0 Onzeker
MSI	Schelpdierbanken	2,5 ±	1,3 Stabiël	1995	-0,2 ±	2,6 Onzeker
Schelpdierbank	Mosselgemengd	2,7 ±	1,9 Stabiël	1995	-1,5 ±	3,5 Onzeker
Schelpdierbank	Mossels	-1,2 ±	10,2 Onzeker	1995	-4,2 ±	21,6 Onzeker
Schelpdierbank	Oestergemengd	12,2 ±	0,3 Sterke toename	2003	1,5 ±	0,5 Matige toename
Schelpdierbank	Oesters	4,3 ±	1,8 Matige toename	2003	7,2 ±	3,4 Matige toename
Zeegras	Zeegras totaal	-4,8 ±	3,9 Matige afname	1972	-8,1 ±	19,6 Onzeker

4.7.3 Referentiewaarden

In de KRW zijn voor de Waddenzee verschillende referentieklassen opgesteld voor de mate van bedekking met zeegras. De grens tussen goed en matig ligt op 3,8% bedekking voor zowel de Waddenzee als de Eems-Dollard, waarbij ook de percentages voor de overige klassegrenzen zijn bepaald. Het totale areaal van de Waddenzee en de Eems-Dollard bedraagt ongeveer 254.500 ha, de bijbehorende ha voor de klassengrenzen zijn hierop gebaseerd (Tabel 36).

Tabel 36. Referentiewaarden en EKR klassegrenzen voor zeegras (Bron: KRW).

	EKR										
Zeegras	1,00	A	0,8	B	0,6	C	0,4	D	0,2	E	0,00
% Waddenzee			5%		3,8%		2,3%		1,1%		
Areaal (ha)			12725		9671		5854		2800		

Volgens recente literatuur zou de Waddenzee ruimte geven voor 1700-4800 ha aan droogvallende mosselbanken (van der Meer et al. 2018)⁷¹. In de habitatrichtlijn voor H1140⁷² is een bereik van 1000-6000 ha voor droogvallende mosselbanken opgegeven en staat beschreven dat visserij hervat mag worden als er meer dan 2000 ha aan stabiele mosselbanken aanwezig zijn. Als referentiewaarde voor de goed/matig grens is daarom gekozen voor 2000 ha aan mosselbanken.

Voor oesterbanken en gemengde banken zijn nog geen grenzen gedefinieerd. Aangezien deze pas verschenen zijn in 2003, en eerst een periode van exponentiele groei tot ongeveer 2011 hebben doorgemaakt, is de gemiddelde trendwaarde van 2011-2024 genomen als referentiewaarde voor het areaal aan oesterbanken en gemengde banken. Voor mosselbanken + gemengde banken zijn de referentiewaarden voor het aantal mosselbanken en de referentiewaarde voor de gemengde banken (gemiddelde trendwaarde) bij elkaar opgeteld, hetzelfde geldt voor oesterbanken + gemengde banken (Tabel 37).

Om de data te schalen en voor biogene structuren een indicator te kunnen berekenen, wordt gebruikt gemaakt van de ecologische kwaliteitsratio (EKR), zie paragraaf 2.3.3., die varieert tussen van 0 ('worst case') en 1 ('best case')

De EKR methode maakt gebruik van vijf klassen A t/m E, waarbij de referentiewaarde uit Tabel 37 op de grens van EKR klassen B en C komt te liggen, met een EKR waarde van 0,6 (zie Figuur 12). De waarde waardoor de gemeten waarden worden gedeeld om de waarden te schalen en de EKR te kunnen berekenen is dus referentiewaarde * 1,666 (zodat 0,6 = B/C grens). Als de gemeten waarden/ referentiewaarde groter zijn dan 1 wordt dit getal in de EKR een 1, wat resulteert in klasse A voor het areaal aan biogene structuren.

Na het berekenen van de EKR-waarden en een eventuele aggregatie, wordt de trend bepaald met Trendspotter.

⁷¹ <https://link.springer.com/article/10.1007/s10021-018-0320-7>

⁷² https://www.natura2000.nl/sites/default/files/profielen/Habitattypen_profielen/Profiel_habitatype_1140.pdf

Tabel 37. Referentiewaarden (ha) voor de verschillende soorten schelpdierbanken (Bron: habitatrichtlijn voor mossels en trendwaarde 2011-2024 voor oesters en gemengd).

Schelpdierbank	Referentiewaarde
Mossels	2000
Oesters	200
Mossels + gemengd	3000
Oesters + gemengd	1200

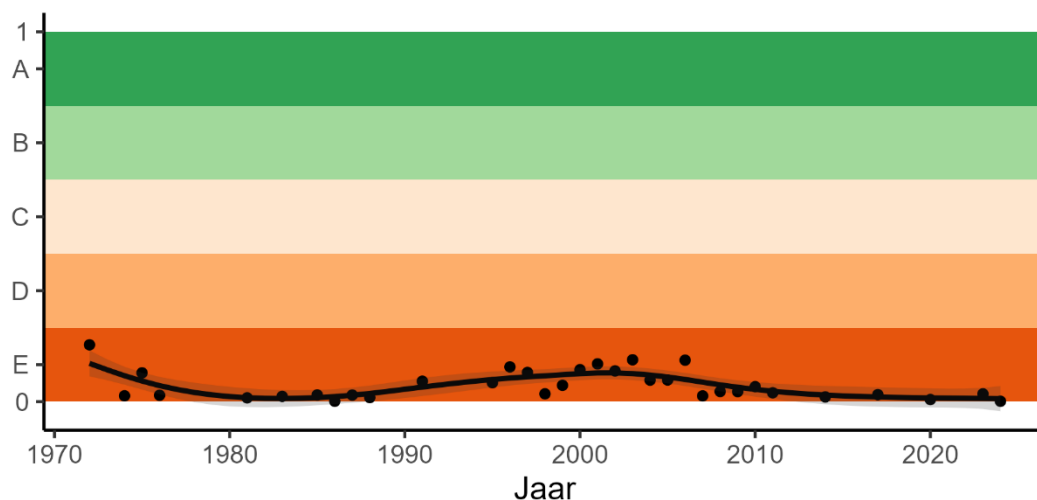
4.7.4 Indicator

In het berekenen van EKR indicatoren is er onderscheid gemaakt tussen zeegras (Figuur 125) en schelpdierbanken (Figuur 126). Zeegras doet het over de hele periode erg slecht, met een consequente E status. Schelpdierbanken laten een verbetering zien tussen 1995 en 2005 door de opkomst van oesterbanken en gemengde schelpdierbanken en hebben een C status vanaf 2004.

De EKR is ook samengevat voor alle biogene structuren in de periode 1995-2024 (Figuur 127), en heeft het laatste jaar een C status.

Zeegras

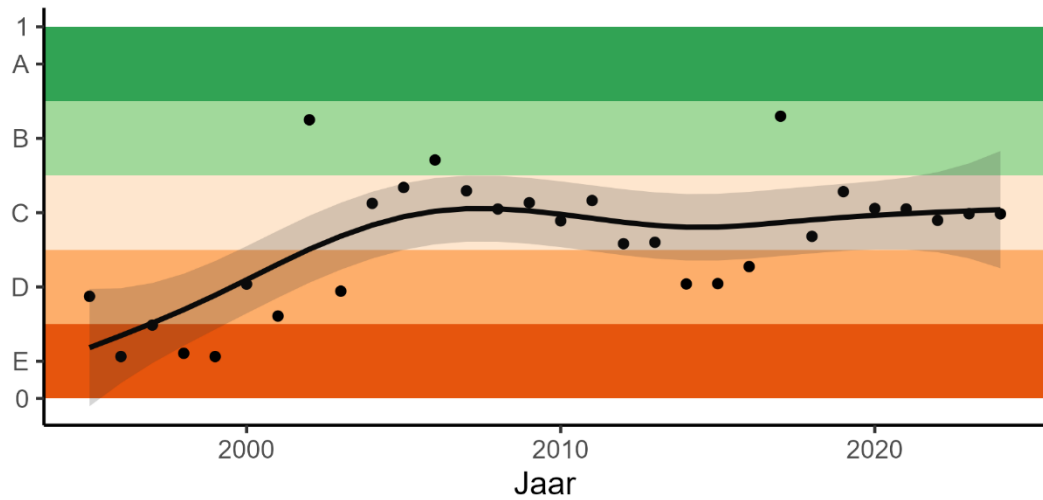
EKR



Figuur 125. EKR geschaalde trend van zeegras in de Waddenzee ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 2011-2023.

Schelpdierbanken

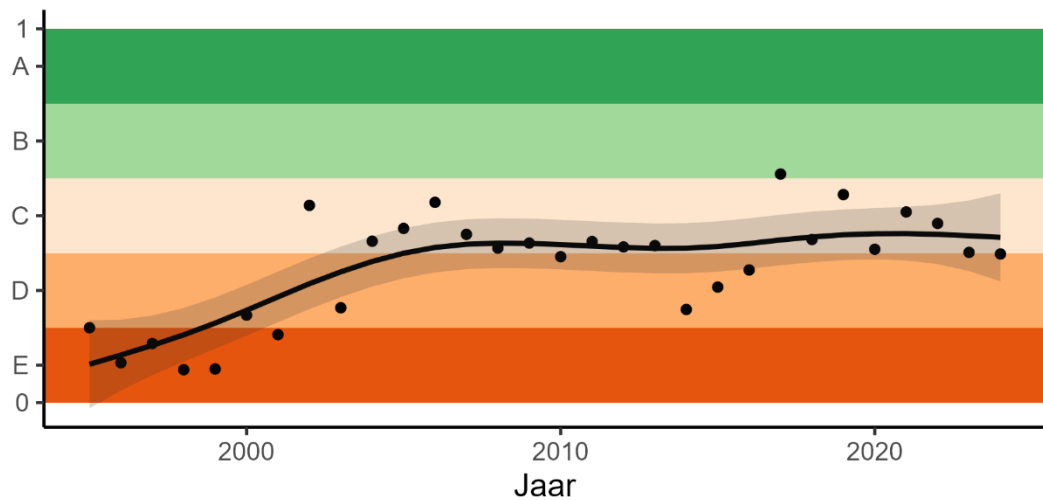
EKR



Figuur 126. EKR geschaalde trend van schelpdierbanken in de litorale Waddenzee ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1995-2024.

Biogene structuren

EKR



Figuur 127. EKR geschaalde trend van biogene structuren in de Waddenzee ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 2011-2023.

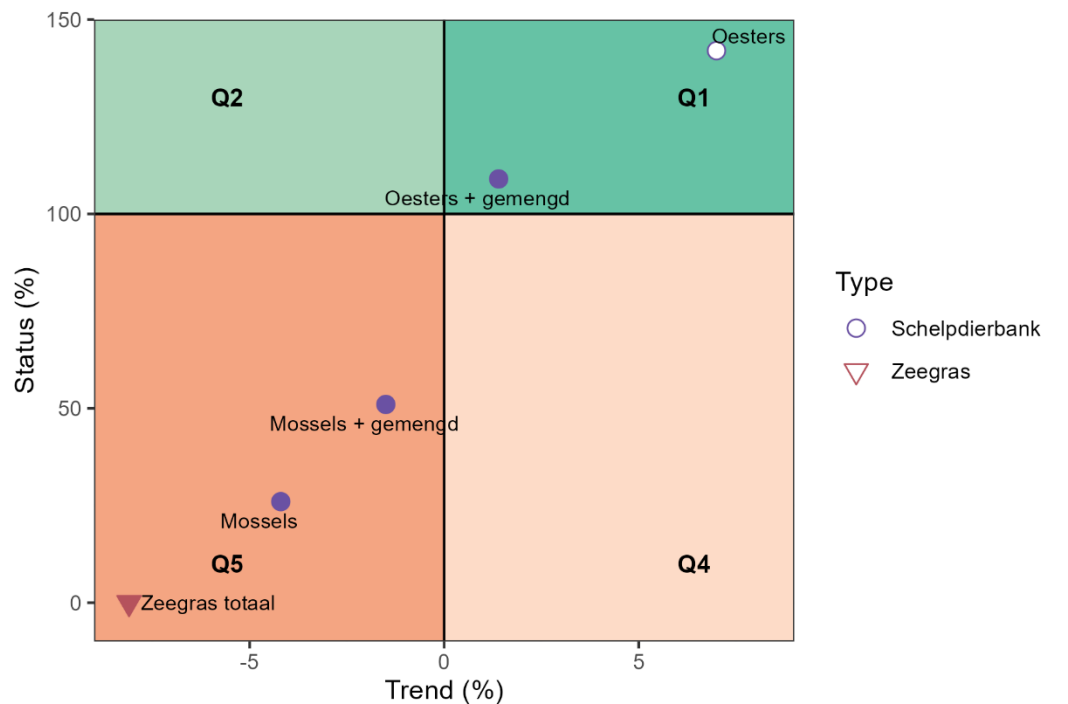
Kwadrant

Om een beeld te krijgen hoe de biogene structuren zich in het Waddengebied hebben ontwikkeld de afgelopen twaalf jaar, zijn de resultaten van de trendanalyse en de trendwaarde ten opzichte van de referentie gecombineerd in Figuur 128 en Tabel 38. Hierbij is de trendwaarde (Trendspotter) uit het laatste analysejaar gebruikt om de 'status' van het zeegras en de schelpdierbanken ten opzichte van de referentiewaarde te bepalen (percentage ten opzichte van de referentie, met referentie als 100%). De trends in areaal van biogene structuren zijn gebruikt om de relatieve veranderingen (trend in % toename of afname per jaar) over de afgelopen twaalf jaar te bepalen.

Mosselbanken, mosselbanken + gemengd en zeegras hebben een Q5 indeling volgens het kwadrant (Ongunstige status met onzekere trend), oesterbanken + gemengd een Q1 indeling (Gunstige status met toenemende trend), en oesterbanken een onzekere Q3 indeling.

Tabel 38. Status van aantal ha van de biogene structuren (2024) ten opzichte de referentiewaarde en trend over de laatste twaalf jaar per soort uitsplitsing (met 95% betrouwbaarheidsinterval), en de indeling volgens het kwadrant.

Soort	Type	Eenheid	Status (%)	Statusklasse	Trend (%)	Trendklasse	Kwadrant
Oesters + gemengd	Schelpdierbank	Hectare	109 ± 9	Gunstig	1,4 ± 1	Toenemend	Q1
Oesters	Schelpdierbank	Hectare	142 ± 64	Onzeker	7 ± 4,3	Onzeker	Q3
Mossels	Schelpdierbank	Hectare	26 ± 36	Ongunstig	-4,2 ± 9	Onzeker	Q5
Mossels + gemengd	Schelpdierbank	Hectare	51 ± 24	Ongunstig	-1,5 ± 3,9	Onzeker	Q5
Zeegras totaal	Zeegras	Hectare	0 ± 0	Ongunstig	-8,1 ± 16,7	Onzeker	Q5



Figuur 128. Waddenkwadrant van biogene structuren in de Waddenzee op basis van afwijking t.o.v. referentiewaarde (status) en veranderingen over de afgelopen twaalf jaar (Trend; % per jaar). Niet ingekleurde (witte) punten geven de biogene structuren met een onzekere (Q3) kwadrantindeling weer.

4.7.5 Samenvatting, conclusies, discussie

De trends en ontwikkeling van zeegras in de Waddenzee uit onze analyse komen overeen met recente wetenschappelijke literatuur (van Katwijk et al. 2024)⁷³ en de Waddenzee QSR uit 2017⁷⁴. Sinds 1930 zijn de zeegrasvelden in de Waddenzee sterk afgenomen, met een dieptepunt rond 1980 wanneer eutrofiëring het sterkst was. De afgelopen jaren zijn er wel projecten gestart vanuit Rijkswaterstaat om de zeegrasvelden te herstellen⁷⁵, maar herstel is nog niet zichtbaar in de data.

⁷³ <https://besjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/1365-2664.14704>
⁷⁴ <https://qsr.waddensea-worldheritage.org/reports/seagrass>
⁷⁵ <https://www.rijkswaterstaat.nl/water/projectenoverzicht/waddenzee-herstel-zeegras>

Tabel 39. Samenvatting van indicator Biogene structuren.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Biogene structuren	Mosselbanken	Waddenzee	0.16 (0.00 – 0.37)	E (D–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
	Oesterbanken		0.85 (0.46 – 1.24)	A (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
	Mossel/gemengd		0.31 (0.17 – 0.45)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
	Oesters/gemengd		0.65 (0.60 – 0.71)	B	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	Zeegrasvelden		0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker

Discussie

- In dit rapport bevat de zeegrasindicator al de verschillende soorten zeegras samen, wat ook overeenkomt met hoe de beoordeling voor totaal areaal aan zeegras tot stand komt vanuit de KRW, maar de drie soorten, groot zeegras, klein zeegras, en snavelruppia, zouden ook los beoordeeld kunnen worden indien er hogere resolutie data beschikbaar is.
- De resultaten omtrent schelpdierbanken zijn iets meer omstreden. De trend in mosselbanken en mosselbanken + gemengd laten in het waddenkwaadrant een negatieve trend zien, maar deze is niet significant en de trendklasse is onzeker. Er zijn veel fluctuaties in het areaal aan schelpdierbanken doordat schelpdierpopulaties een typisch stochastisch verloop hebben, waarbij er jaren zijn met omvangrijke broedval en het aandeel pure banken enorm toeneemt, gevolgd door kolonisaties van oesters/mosselen, waarna het gemengde banken worden. Hierdoor is de trendbeoordeling erg afhankelijk van het referentiejaar, en kan de beoordeling van het areaal pure schelpdierbanken soms een vertekend beeld geven.
- In dit rapport zijn de karteringen van de schelpdierbanken gebruikt, resultaten met data uit de WOt monitoring uitgevoerd door WMR (data gebruikt in hoofdstuk over bodemdieren) laten juist een toename van het populatiebestand aan mosselen zien in het litoraal sinds 1990⁷⁶, maar ook een afvlakking van de trend omstreeks 2002.
- Ten slotte wordt de aanwezigheid van de oesterbanken van de Japanse oester hier beoordeeld als positief, aangezien ze leefgebied creëren voor veel andere soorten, inclusief mosselen, en de waterkwaliteit kunnen verbeteren door algen te eten. Maar de Japanse oester is een exoot, en dient niet als een belangrijke voedselbron voor vogels. In sommige gevallen worden vogels zelfs verhinderd mosselen te bereiken wanneer oesters mosselbanken gekoloniseerd hebben (Waser et al. 2016)⁷⁷. De gebruikte referentiewaarden voor oesterbanken en gemengde banken kunnen dus nog aangescherpt worden.

⁷⁶ <https://edepot.wur.nl/588755>

⁷⁷ [Impact on bird fauna of a non-native oyster expanding into blue mussel beds in the Dutch Wadden Sea - ScienceDirect](#)

5. Soorten

Binnen de Staat van de Waddenzee wordt naar vier verschillende soortgroepen gekeken: primaire producenten (fytoplankton), bodemdieren (scheldieren, wormen en kreeftachtigen), vissen, vogels (broed- en trekvogels) en zeezoogdieren (zeehonden).

5.1 Primaire producenten

5.1.1 Data en methodologie

Dataselectie

Chlorofyl-a (chl-a) concentraties (gerapporteerd in $\mu\text{g L}^{-1}$) zijn gebruikt als indicator voor de abundantie van fytoplankton in de Waddenzee. De meetwaarden zijn afkomstig uit twee monitoringsprogramma's met een verschillende temporele en ruimtelijke dekking.

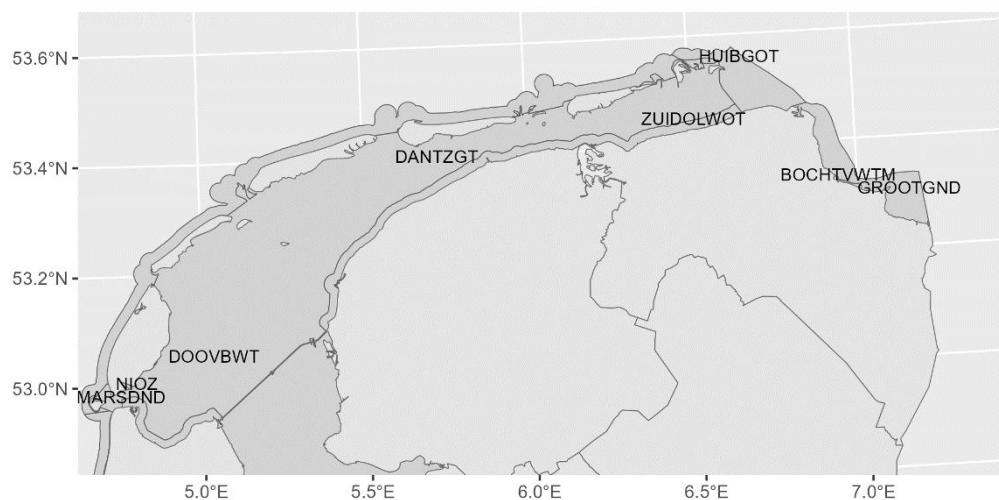
Zo zijn er *in situ* chl-a metingen uitgevoerd door Rijkswaterstaat (in het kader van het programma Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands, MWTL) vanaf 1990 tot en met 2023. De meetstations liggen verspreid over acht locaties in de Waddenzee en zijn ongeveer 1-2 maal per maand bemonsterd (Figuur 129). De frequentie van metingen per station varieert zowel tussen de jaren als binnen het jaar (zo kan soms in het groeiseizoen van maart tot en met september een meetpunt wel twee tot vier keer per maand bemonsterd worden).

Het NIOZ bemonstert *in situ* chl-a vanaf 1974 (vanaf station NIOZ; Figuur 129), ongeveer veertig keer per jaar, maar ook hier zitten wat onderbrekingen in de data (data voor 2009 is niet beschikbaar). Net als bij de MWTL bemonsteringen is ook hier de bemonsteringsfrequentie in het groeiseizoen hoger dan daarbuiten. De nu gebruikte datareeks loopt tot 2022.

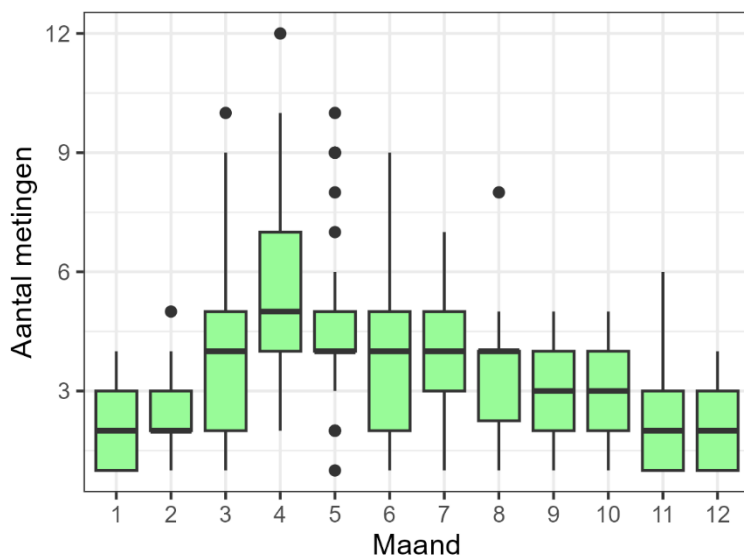
Dichtheden van de schuimalg *Phaeocystis* zijn ook opgenomen in de fytoplankton indicator, aangezien deze indicatief zijn voor de waterkwaliteit en of er problematische algenbloeien kunnen ontstaan. Vanaf dichtheden > 1000 cellen ml^{-1} is er sprake van een *Phaeocystis* bloei⁷⁸. Data van *Phaeocystis* aantallen in cellen ml^{-1} is beschikbaar van het monsterpunt van NIOZ van 1974-2020. Verdeling van het aantal metingen dat per maand plaats heeft gevonden tussen 1974-2020 is te zien in Figuur 130, variërend van één tot en met twaalf metingen per maand, waarbij de bloeiperiode van *Phaeocystis* ook meer dan eens per maand wordt bemonsterd. In het MWTL meetprogramma wordt ook fytoplankton geteld en op soortniveau gedetermineerd, maar deze tellingen vinden eens per maand plaats en daarom worden de NIOZ tellingen gebruikt om de bloeifrequentie te bepalen.

In de fytoplankton analyse wordt voor chl-a zowel naar de gemiddelde waarden over het hele jaar gekeken en naar de waarden in het groeiseizoen. Voor *Phaeocystis* is het aantal maanden dat een er bloei is gedetecteerd genomen als maatlat voor de indicator, aansluitend op de KRW uit 2007 waar *Phaeocystis* referentiewaarden gedefinieerd worden⁷⁸.

⁷⁸ <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202000-2010/Publicaties%202005-2009/STOWA%202007-32.pdf>



Figuur 129. Fytoplankton monsterpunten in de Waddenzee. Station NIOZ wordt 40 maal per jaar bemonsterd vanaf 1974. De overige (MWTL) meetstations zijn 2 tot 25 maal per jaar bemonsterd tussen 1990 en 2022.



Figuur 130. Verdeling van het aantal *Phaeocystis* metingen per maand van het NIOZ monsterpunt tussen 1974-2020.

Methodologie

Trendspotter is gebruikt om de verandering in concentraties chl-a en het aantal maanden dat er een *Phaeocystis* bloei is waargenomen in beeld te brengen. Voor chl-a worden eerst de gemiddelde waarden per jaar of groeiseizoen (maart tot en met september) per meetstation berekend, en hiervan worden vervolgens de gemiddelden genomen om tot één cijfer te komen per deelgebied of voor de hele Waddenzee. Meetstation ZUIDOLWOT is niet meegenomen in de berekeningen, omdat metingen zijn gestopt in 2010.

Vervolgens kunnen niet-lineaire trends worden gedetecteerd en geschat met Trendspotter, waarbij ook standaardfouten en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen worden berekend op basis van een Kalman-filter (Visser *et al.*, 2004; Soldaat *et al.*, 2007).

5.1.2 Resultaten

Trends en patronen

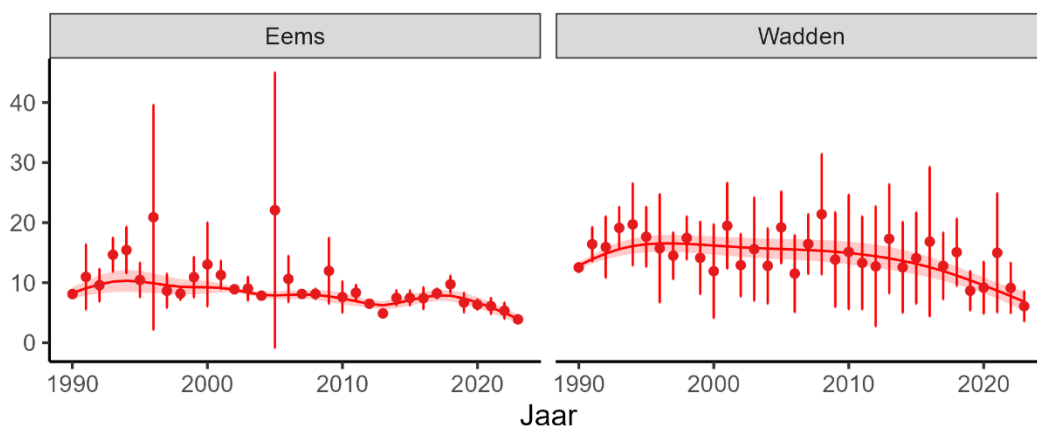
Trends in chl-a voor het groeiseizoen staan in Figuur 131 en voor het hele jaar in Figuur 132. Voor de verschillende perioden is hetzelfde patroon te zien, waarbij de gemiddelde concentraties in beide gebieden afnemen, en de gemiddelde concentraties in het Eemsgebied iets lager liggen dan in de rest van het Waddengebied.

De trend van het aantal *Phaeocystis* bloeien per jaar staat in Figuur 133, deze is over de gehele periode en de laatste 12 jaar stabiel gebleven.

Trends en trendklassen (zie paragraaf) van chl-a en de frequentie van het aantal *Phaeocystis* bloeien per jaar over de gehele periode en de laatste 12 jaar zijn samengevat in Tabel 40.

Chlorofyl-a

Groeiseizoen (µg/L)

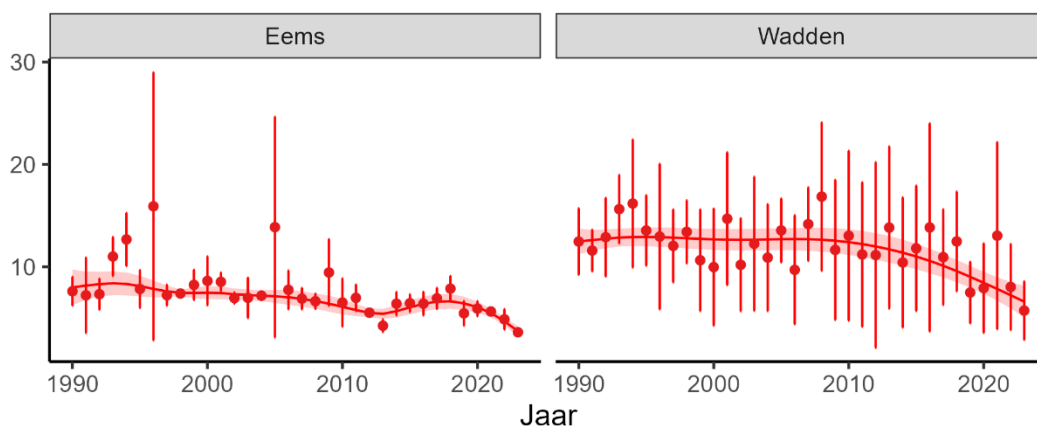


Data: MWTL (RWS), NIOZ

Figuur 131. Groeiseizoen gemiddelden met SE en trend (rode lijn) van chlorofyl-a in het Eemsgebied en de rest van de Wadden in de periode 1990–2023.

Chlorofyl-a

Jaargemiddelde (µg/L)

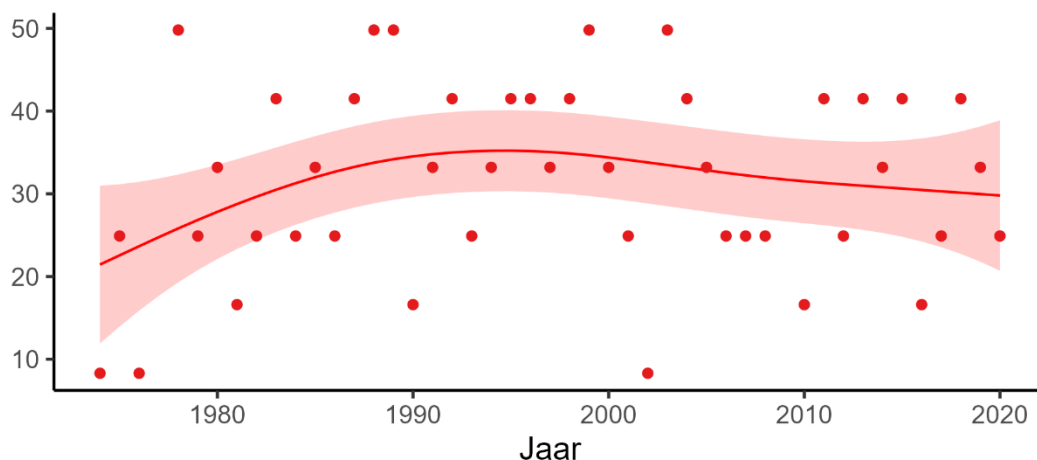


Data: MWTL (RWS), NIOZ

Figuur 132. Jaargemiddelden met SE en trend (rode lijn) van chlorofyl-a in het Eemsgebied en de rest van de Wadden in de periode 1990–2023.

Phaeocystis

Bloeifrequentie maanden/jaar (%)



Data: NIOZ

Figuur 133. Aantal *Phaeocystis* bloeien gedetecteerd gedurende het jaar (uitgedrukt in percentage) en trend (rode lijn) in het NIOZ monsterpunt van 1974-2020.

Tabel 40. Resultaten uit Trendspotter voor chlorofyl-a ($\mu\text{g L}^{-1}$) voor het groeiseizoen en het jaargemiddelde, en voor de broeifrequentie van *Phaeocystis* over de gehele periode en de laatste 12 jaar met standaardfout (SE) (zie Tabel 2 en Figuur 7 voor definities trendklassen).

Type	Periode	Gebied	Trend		
			Gehele periode	Vanaf	Vanaf 2012
Chlorofyl-a	Groeiseizoen	Eems	-2,2 $\pm$ 0,6 Matige afname	1990	-4,3 $\pm$ 1,3 Matige afname
Chlorofyl-a	Groeiseizoen	Wadden	-1,9 $\pm$ 0,5 Matige afname	1990	-6,6 $\pm$ 2,2 Matige afname
Chlorofyl-a	Jaargemiddelde	Eems	-2,3 $\pm$ 1,0 Matige afname	1990	-3,5 $\pm$ 0,8 Matige afname
Chlorofyl-a	Jaargemiddelde	Wadden	-1,9 $\pm$ 0,5 Matige afname	1990	-5,3 $\pm$ 1,7 Matige afname
			Vanaf 2009		
<i>Phaeocystis</i>	Aantal bloeien		0,7 $\pm$ 0,6 Stabiel	1974	-0,6 $\pm$ 1,7 Stabiel

5.1.3 Referentiewaarden

Uit de richtlijnen van de KRW kunnen verschillende referentiewaarden omtrent chl-a worden ontleend voor de Waddenzee, welke getoetst kunnen worden tegen de chl-a waarden binnen het jaar of het groeiseizoen (maart tot en met september) om zo een indicatie te geven over de ontwikkeling en de huidige waarde van de 'staat' van het fytoplankton. De referentiewaarden die in de KRW gehanteerd worden zijn specifiek voor de Waddenzee, en zijn zelfs opgesplitst in een referentiewaarde van 14,4 $\mu\text{g L}^{-1}$ voor de Waddenzee, en 10,13 $\mu\text{g L}^{-1}$ voor het gebied Eems-Dollard.

Het toetsen van de fytoplanktongegevens tegen de referentiewaarden gaat volgens de ecologische kwaliteitsradio (EKR, zie paragraaf 2.3.3), die varieert tussen 0 laagste kwaliteit tot 1 hoogste kwaliteit en wordt berekend door te schalen tussen de EKR klassengrenzen. Voor de KRW zijn de EKR grenzen gedefinieerd volgens Tabel 41. In de KRW zijn de referentiewaarden wel gebaseerd op de 90^e percentiel groeiseizoen chl-a waarden in plaats van gemiddelden. Daarom zullen deze ook getoetst worden tegen de 90^e percentiel waarden van de beschikbare data.

Tabel 41. Chlorofyl-a concentraties die de EKR grenzen definiëren van de Waddenzee (watertype K2) en de Eems-Dollard (watertype O2) in µg L-1 (Bron: KRW).

Locatie	EKR									
	1,0	A	0,8	B	0,6	C	0,4	D	0,2	E
Waddenzee	6,40		9,60		14,40		28,80		57,60	
Eems-Dollard	4,50		6,75		10,13		20,26		40,52	

Referentiewaarden voor de frequentie van *Phaeocystis* bloeien per jaar zijn gedefinieerd door de KRW uit 2007⁷⁹ voor overgangswateren en kustwateren. Een bloei wordt gedefinieerd als concentraties > 10⁶ cellen per L en de frequentie is uitgedrukt als percentage van het aantal maanden per jaar waarin een bloei wordt geconstateerd. Waarbij één bloei per twaalf maanden gelijk staat aan een frequentie van 8,3%. Grenswaarden van deze frequentiepercentages volgens de KRW staan in Tabel 42.

Na het berekenen van de EKR-waarden en een eventuele aggregatie, wordt de trend bepaald met Trendspotter.

Tabel 42. Bloiefrequentie van *Phaeocystis* uitgedrukt als percentage van aantal maanden per jaar die de EKR grenzen definiëren in kustwateren (Bron: KRW).

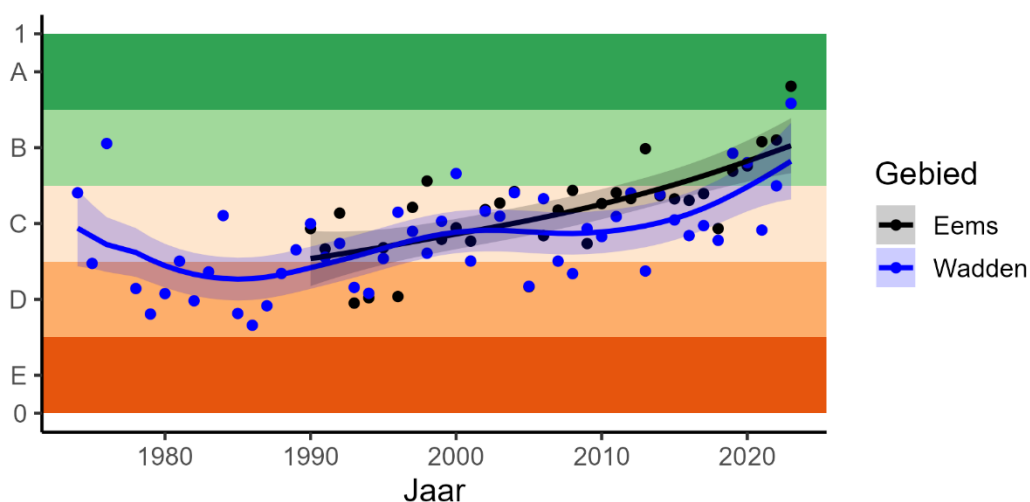
Phaeocystis	EKR klassengrenzen									
	1,0	A	0,8	B	0,6	C	0,4	D	0,2	E
Bloiefrequentie			10		17		35		80	

5.1.4 Indicator

In het berekenen van EKR-indicatoren zijn de resultaten eerst apart berekend per periode en per gebied voor chl-a (Figuur 134;

Chlorofyl-a

Groeiseizoen, EKR



Figuur 135) en voor *Phaeocystis* (Figuur 136). Doordat chl-a voornamelijk in het groeiseizoen wordt gemeten zijn de 90^e percentiel jaargemiddelden en groeiseizoen gemiddelde trendwaarden

⁷⁹ <https://www.stowa.nl/sites/default/files/assets/PUBLICATIES/Publicaties%202000-2010/Publicaties%202005-2009/STOWA%202007-32.pdf>

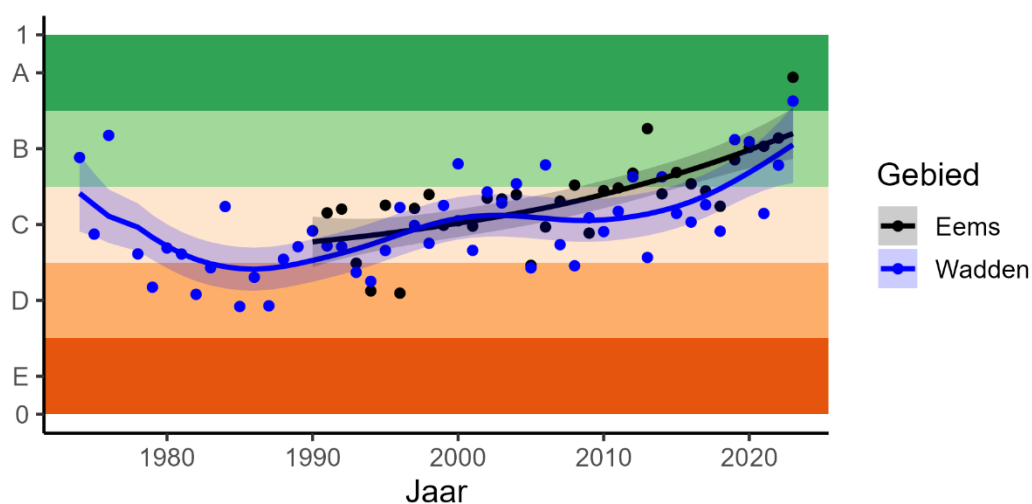
erg vergelijkbaar. 90^e percentiel chl-a is verbeterd over de monitoringsperiode, waarbij zowel jaargemiddelde als groeiseizoengemiddelde waarden een B status hebben in 2023.

Trendwaarden van *Phaeocystis* bloeifrequentie zijn over de gehele periode vrij vergelijkbaar, met een EKR-klasse C in 2020.

EKR-waarden van chl-a in het groeiseizoen en *Phaeocystis* zijn gecombineerd tot één fytoplankton indicator voor de Waddenzee in Figuur 137 voor 1990-2020. Deze gecombineerde waarden laten over de gehele periode een verbetering zien, met een C klasse in 2020.

Chlorofyl-a

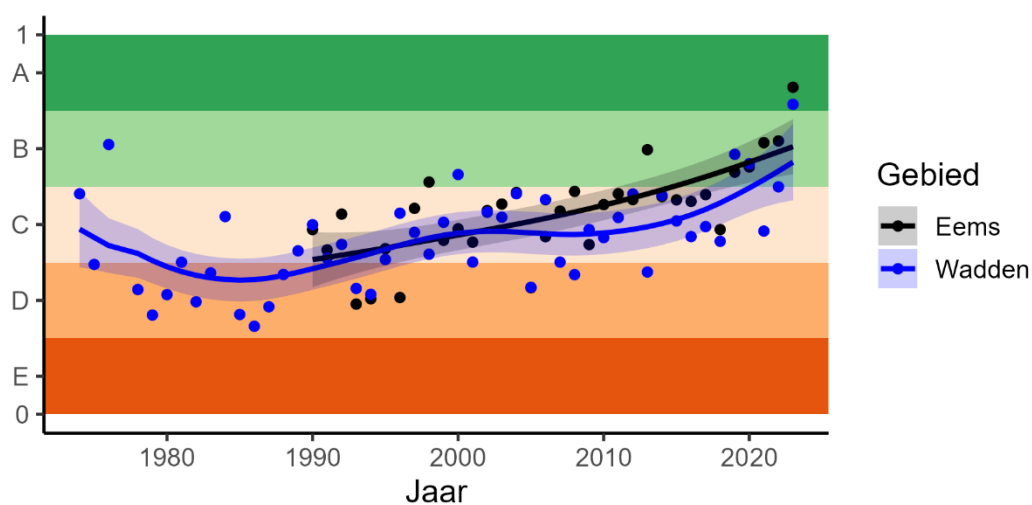
Jaargemiddelde, EKR



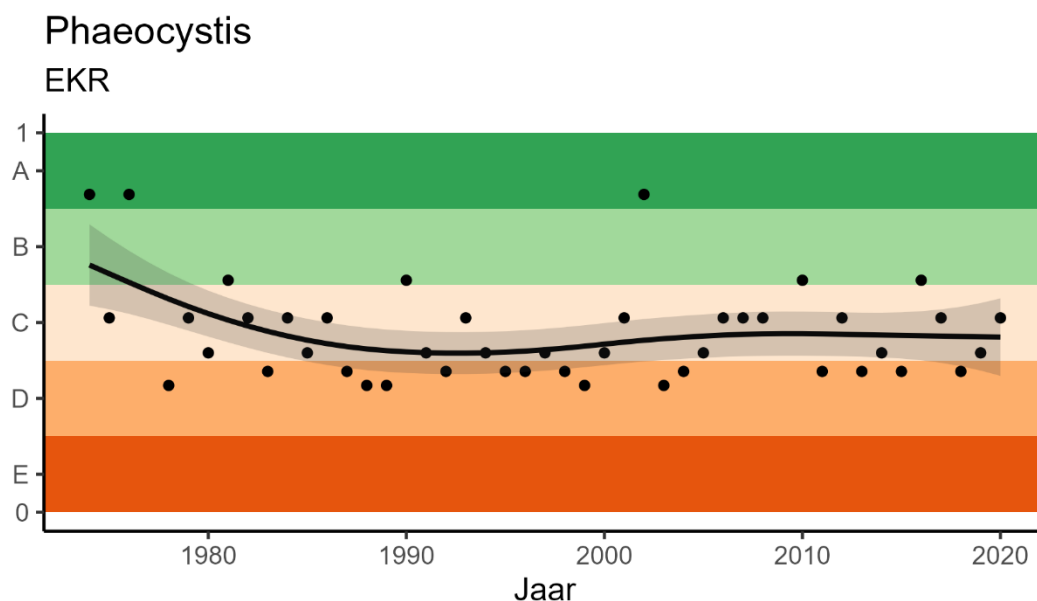
Figuur 134. EKR geschaalde trend van jaargemiddeld 90^e percentiel chlorofyl-a waarden ten opzichte van de referentiewaarde uitsplitst naar het Eemsgebied en de rest van de Waddenzee in de periode 1990-2023.

Chlorofyl-a

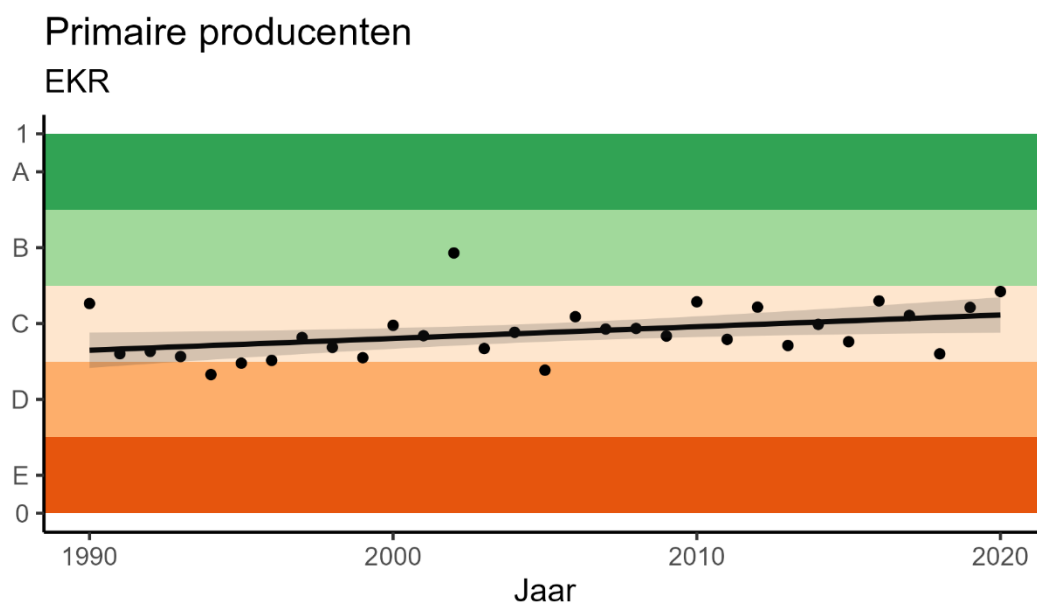
Groeiseizoenen, EKR



Figuur 135. EKR geschaalde trend van groeiseizoengemiddeld 90^e percentiel chlorofyl-a waarden ten opzichte van de referentiewaarde uitsplitst naar het Eemsgebied en de rest van de Waddenzee in de periode 1990-2023.



Figuur 136. EKR geschaalde trend van *Phaeocystis* bloeifrequentie ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1974-2020 in de Waddenzee.



Figuur 137. EKR geschaalde trend groeiseizoen gemiddelde 90^e percentiel chl-a waarden en *Phaeocystis* bloeifrequentie ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1990-2020 in de Waddenzee.

5.1.5 Samenvatting, conclusies, discussie.

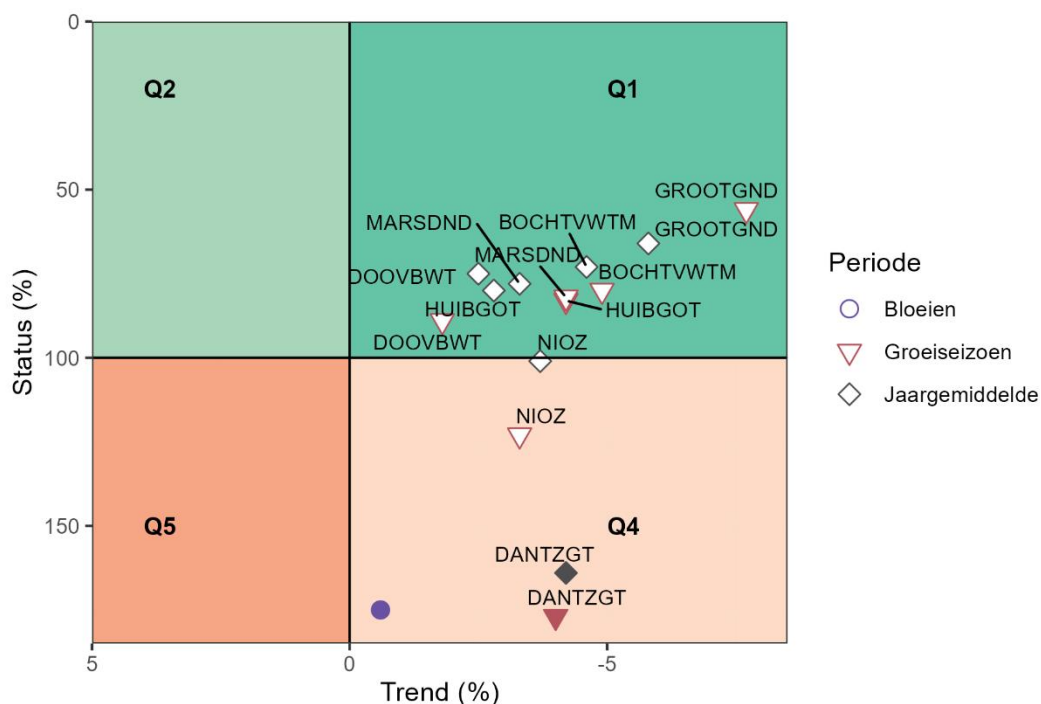
Om een beeld te krijgen hoe het fytoplankton zich in het Waddengebied heeft ontwikkeld in de afgelopen twaalf jaar, zijn de resultaten van de trendanalyse vanaf 2012 en de trendwaarden ten opzichte van de referentie gecombineerd in Figuur 138 en in Tabel 43 per monsterlocatie. Hierbij is de trendwaarde (Trendspotter) uit het laatste analysejaar gebruikt om de 'status' van chl-a of *Phaeocystis* bloeifrequentie ten opzichte van de referentiewaarde te bepalen (percentage ten opzichte van de referentie, met referentie als 100%). Status en trend worden hier beoordeeld met de inverse, aangezien minder chl-a en *Phaeocystis* bloeien een verbetering zijn.

Bijna alle meetstation hebben een onzekere indeling volgens het kwadrant (Q3), de chl-a waarden in het meetstation DANTZGT hebben een Q4 indeling (Ongunstige status met afnemende trend;

wat een verbetering is) en de *Phaeocystis* bloeifrequentie hebben de indeling Q5 (Ongunstige status met geen significante verbetering in de trend).

Tabel 43. Status van de chl-a groeiseizoen/jaargemiddelde concentraties per meetstation en *Phaeocystis* bloeifrequentie ten opzichte de referentiewaarde en trend over de laatste 12 jaar per uitsplitsing (met 95% betrouwbaarheidsinterval), en de indeling volgens het kwadrant.

Indicator	Periode	Locatie	Eenheid	Status (%)	Statusklasse	Trend (%)	Trendklasse	Kwadrant
Chla	Groeiseizoen	GROOTGND	ug/L	56 ± 160	Onzeker	-7,7 ± 8,8	Onzeker	Q3
Chla	Groeiseizoen	DOOVBWT	ug/L	89 ± 59	Onzeker	-1,8 ± 5,2	Onzeker	Q3
Chla	Jaargemiddelde	GROOTGND	ug/L	66 ± 133	Onzeker	-5,8 ± 7,2	Onzeker	Q3
Chla	Jaargemiddelde	DOOVBWT	ug/L	75 ± 52	Onzeker	-2,5 ± 5,5	Onzeker	Q3
Chla	Groeiseizoen	BOCHTVWTM	ug/L	80 ± 90	Onzeker	-4,9 ± 4,7	Afnemend	Q3
Chla	Groeiseizoen	HUIBGOT	ug/L	83 ± 43	Onzeker	-4,2 ± 3,7	Afnemend	Q3
Chla	Groeiseizoen	MARSDND	ug/L	82 ± 50	Onzeker	-4,2 ± 3,7	Afnemend	Q3
Chla	Jaargemiddelde	BOCHTVWTM	ug/L	73 ± 68	Onzeker	-4,6 ± 4	Afnemend	Q3
Chla	Jaargemiddelde	HUIBGOT	ug/L	80 ± 24	Onzeker	-2,8 ± 1,8	Afnemend	Q3
Chla	Jaargemiddelde	MARSDND	ug/L	78 ± 39	Onzeker	-3,3 ± 2,4	Afnemend	Q3
Chla	Groeiseizoen	NIOZ	ug/L	123 ± 62	Onzeker	-3,3 ± 3,5	Onzeker	Q3
Chla	Jaargemiddelde	NIOZ	ug/L	101 ± 56	Onzeker	-3,7 ± 4,1	Onzeker	Q3
Chla	Groeiseizoen	DANTZGT	ug/L	177 ± 67	Ongunstig	-4 ± 3,2	Afnemend	Q4
Chla	Jaargemiddelde	DANTZGT	ug/L	164 ± 64	Ongunstig	-4,2 ± 3,3	Afnemend	Q4
<i>Phaeocyst</i> Bloeien			Aantal bloeien	175 ± 53	Ongunstig	-0,6 ± 2,5	Stabiel	Q5



Figuur 138. Waddenkwadrant van chlorofyl-a en frequentie van *Phaeocystis* bloeien in de Waddenzee op basis van afwijking t.o.v. referentiewaarde (status) en veranderingen over de afgelopen 12 jaar (Trend; % per jaar). Niet ingekleurde (witte) punten geven de meetstations met een onzekere (Q3) kwadrantindeling weer.

Tabel 44. Samenvatting van indicator Primaire Producenten.

Indicator	Variant	Locatie	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Primaire producenten	Jaargemiddelde	Marsdiep noord	0.79 (0.67 – 0.91)	B (A–B)	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		NIOZ	0.67 (0.57 – 0.78)	B (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Doove Balg west	0.76 (0.56 – 0.95)	B (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Dantziggat	0.48 (0.41 – 0.56)	C	Onvoldoende	Afnemend	Verbeterend
		Huibertgat oost	0.74 (0.66 – 0.82)	B (A–B)	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	0.75 (0.66 – 0.85)	B (A–B)	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Groote Gat noord	0.66 (0.58 – 0.74)	B (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
	Groeiseizoen	Marsdiep noord	0.78 (0.65 – 0.90)	B (A–B)	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		NIOZ	0.61 (0.50 – 0.71)	B (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Doove Balg west	0.71 (0.51 – 0.91)	B (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Dantziggat	0.46 (0.38 – 0.54)	C (C–D)	Onvoldoende	Afnemend	Verbeterend
		Huibertgat oost	0.72 (0.63 – 0.82)	B (A–B)	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Bocht van Watum	0.73 (0.62 – 0.84)	B (A–B)	Voldoende	Afnemend	Verbeterend
		Groote Gat noord	0.66 (0.58 – 0.74)	B (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
	Bloeien	NIOZ	0.46 (0.36 – 0.56)	C (C–D)	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel

Discussie

- Om een vollediger beeld te krijgen van het fytoplankton in de Waddenzee zou primaire productie nog meegenomen moeten worden in de indicator. Deze gegevens zijn beschikbaar voor het NIOZ monsterpunt vanaf 1974. Helaas was deze data nog niet op tijd beschikbaar voor het rapport.
- Om fytoplankton te kwantificeren op de Noordzee en in de OSPAR gebieden wordt sinds omstreeks 2000 in toenemende mate gebruik gemaakt van schattingen van chl-a door middel van satellieten/remote sensing data. Deze data zijn ook beschikbaar voor de Waddenzee en kunnen gebruikt worden om een grotere temporele en ruimtelijke dekking te krijgen van de chl-a dynamiek. Schattingen van chl-a concentraties met behulp van satellietdata werken echter minder goed in troebel water en rondom droogvallende platen, maar de algoritmes worden steeds beter en zijn vooral de laatste jaren ook steeds bruikbaar in kustzones (Staehr et al., 2022)⁸⁰.

5.2 Bodemdieren

Bodemdieren vormen een belangrijk onderdeel van de ecologie van de Waddenzee; enerzijds vanuit intrinsiek perspectief (elke soort telt), en anderzijds vanuit een meer instrumenteel perspectief: als onderdeel van het voedselweb. Binnen de Staat van de Waddenzee kijken we naar beide perspectieven.

5.2.1 Data en methodologie

Dataselectie

Er zijn drie meetprogramma's in de Waddenzee die de benthos bemonsteren: het Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) programma van RWS, het SIBES programma van het NIOZ en de WOt (Wettelijke Onderzoekstaken) schelpdiermonitoring van WMR. In dit rapport worden de data van de WOt en het SIBES gebruikt, omdat deze een veel hogere ruimtelijke dekking hebben dan het MWTL.

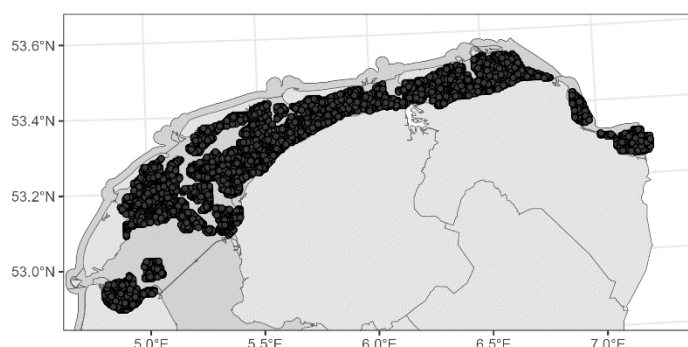
⁸⁰ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X21011444>

Het SIBES programma is gestart in 2008 en heeft data beschikbaar tot en met 2022, met een extreem hoge ruimtelijke dekking (Figuur 139; ongeveer 4500 monsterpunten per jaar)⁸¹. De monsterpunten bevinden zich in het litoraal (droogvallende platen) worden één keer per jaar in de zomer bemonsterd met een steekbuis tot een diepte van 25 cm.

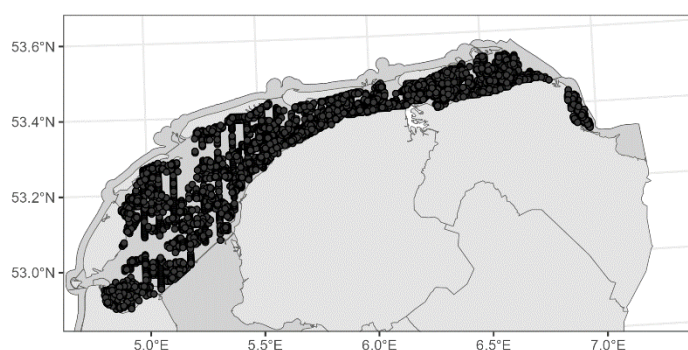
De WOt richt zich specifiek op schelpdieren en bemonsterd vanaf 1998 voornamelijk de litorale Waddenzee gestratificeerd, waarbij gebieden met hogere concentraties kokkels en mossels vaker bemonsterd worden⁸¹. De gebruikte data is beschikbaar van 1998 tot en met 2023, en monsterpunten worden ongeveer 1500 keer per jaar bemonsterd (Figuur 140). Voor bemonsteringen wordt een steekbuis, een stempelkor, of een kokkelschepje gebruikt, tot een diepte van 7 cm.

In dit hoofdstuk vinden twee analyses plaats voor bodemdieren, waarbij de één zich richt op dichtheden van specifieke soorten, om aan te sluiten bij de andere biotische indicatoren, en de ander op biomassa, omdat bodemdieren een belangrijke schakel zijn in de voedselketen.

De analyse voor de dichtheid richt zich op twintig soorten bodemdieren, waaronder elf soorten wormen, zes soorten schelpdieren, en drie soorten kreeftachtigen. De meeste van deze soorten zijn aangemerkt als mogelijke indicatorsoorten voor de Waddenzee door Van Beek et al. (2021)⁸² en/of staan aangemerkt als typische soorten voor de Waddenzee habitattypen van N2000. De analyse voor biomassa richt zich de totale biomassa van schelpdieren en wormen in de Waddenzee. Deze indicator is gericht op de status van de bodemdieren in het litoraal vanwege de databeschikbaarheid.



Figuur 139. Bemonsteringspunten van het SIBES monitoringsprogramma in de Waddenzee.



⁸¹ <https://basisonderzoekwadden.waddenzee.nl/datahuis-0/publicaties/rapporten/meetprogramma-waddengebied/>

⁸² <https://rijkewaddenzee.nl/wp-content/uploads/2021/09/210928-Advies-concretisering-streefbeeld-onderwaternatuur-def.pdf>

Figuur 140. Bemonsteringspunten van de WOt schelpdiermonitoring in de Waddenzee.

Methodologie

De MSI methode kan worden gebruikt om de verandering in dichtheid en biomassa van bodemdieren in beeld te brengen (zie sectie 2.1.2). Deze methode laat goed de relatieve veranderingen door de tijd zien, maar de staat van de bodemdieren wordt niet getoetst tegen relevante referentiewaarden, dit gebeurt in paragraaf 5.2.3.

Alvorens de trends worden gecombineerd in een MSI, worden eerst afzonderlijke trends per soort/phylum, eenheid (biomassa; mg m^{-3} of dichtheid; n m^{-2}) en meetprogramma berekend met rtrim. Een overzicht van de soorten en soortnamen voor de dichtheidanalyse is te vinden in Tabel 45. Voor de biomassa-analyse zijn de soortnamen uit de meetprogramma's gematcht in WORMS⁸³ waarbij de biomassa voor de phyla Annelida (wormen) en Mollusca (schelpdieren) is geaggregeerd voor de MSI berekening. Voor de trendberekeningen zijn per jaar de dichtheden en biomassa in de meetpunten op 1x1 km hok geaggregeerd en verschillen in bemonsterd oppervlak als weegfactor meegenomen in de rtrim berekening (zie sectie 2.3.1). Hierbij wordt dus gecorrigeerd voor de verschillen in meetinspanning van de gestratificeerde bemonsteringsmethode van de WOt. Missende meetpunten door de jaren worden door rtrim per soort bijgeschat (imputatie). De individuele rtrim resultaten per soort/phylum en meetprogramma zijn uiteindelijk gecombineerd tot verschillende MSI's.

Trends en bijbehorende trendklassen van de indexen zijn berekend met het programma Trendspotter. Hiermee worden niet-lineaire trends gedetecteerd en geschat, waarbij ook standaardfouten en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen worden berekend op basis van een Kalman-filter (Visser *et al.*, 2004; Soldaat *et al.*, 2007).

Tabel 45. Overzicht van de verschillende soorten bodemdieren gebruikt voor de indicator en uit welk monitoringsprogramma voldoende data beschikbaar is voor de analyse.

⁸³ [WoRMS - World Register of Marine Species](#)

Latijnse naam	Soortnaam	Groep	Dataset
<i>Arenicola marina</i>	Wadpier	Wormen	SIBES
<i>Hediste diversicolor</i>	Zeeduizendpoot	Wormen	SIBES
<i>Alitta virens</i>	Zager	Wormen	SIBES
<i>Pygospio elegans</i>	Zandkokerworm	Wormen	SIBES
<i>Lanice conchilega</i>	Schelpkokerworm	Wormen	SIBES
<i>Heteromastus filiformis</i>	Rode draadworm	Wormen	SIBES
<i>Scoloplos amiger</i>	Wapenworm	Wormen	SIBES
<i>Capitella sp.</i>	Slangpier	Wormen	SIBES
<i>Eteone longa</i>	Groengele wadpier	Wormen	SIBES
<i>Spio sp.</i>	Borstelworm	Wormen	SIBES
<i>Oligochaeta</i>	Ringworm	Wormen	SIBES
<i>Corophiidae</i>	Slijkgarnaal	Kreeftachtigen	SIBES
<i>Carcinus/Liocarcinus</i>	Strandkrab	Kreeftachtigen	SIBES/WOt
<i>Crangon crangon</i>	Garnaal	Kreeftachtigen	SIBES
<i>Peringia ulvae</i>	Wadslakje	Schelpdieren	SIBES
<i>Cerastoderma edule</i>	Kokkel	Schelpdieren	SIBES/WOt
<i>Scrobicularia plana</i>	Platte slijkgaper	Schelpdieren	SIBES/WOt
<i>Mya arenaria</i>	Strandgaper	Schelpdieren	SIBES/WOt
<i>Ensis sp.</i>	Zwaardschede	Schelpdieren	SIBES/WOt
<i>Macoma balthica</i>	Nonnetje	Schelpdieren	SIBES/WOt

5.2.2 Resultaten

Trends en patronen

Trends van de bodemdieren zijn gecombineerd tot verschillende MSI's, vanuit het SIBES kunnen de trends van alle twintig soorten bodemdieren gecombineerd worden (Figuur 141), en voor elf soorten wormen, zes soorten schelpdieren, en drie soorten kreeftachtigen (Figuur 142). Vanuit de WOt zijn de resultaten van vijf soorten schelpdieren gecombineerd tot een MSI (alleen voor het wadslakje geen trend). Trends en bijbehorende trendklassen uitgesplitst per soort en monitoringsprogramma en voor de MSI's staan in Tabel 46, en zijn berekend voor de hele periode en de laatste twaalf jaar. Het laatste datajaar is voor het SIBES is 2022 en voor de WOt 2023.

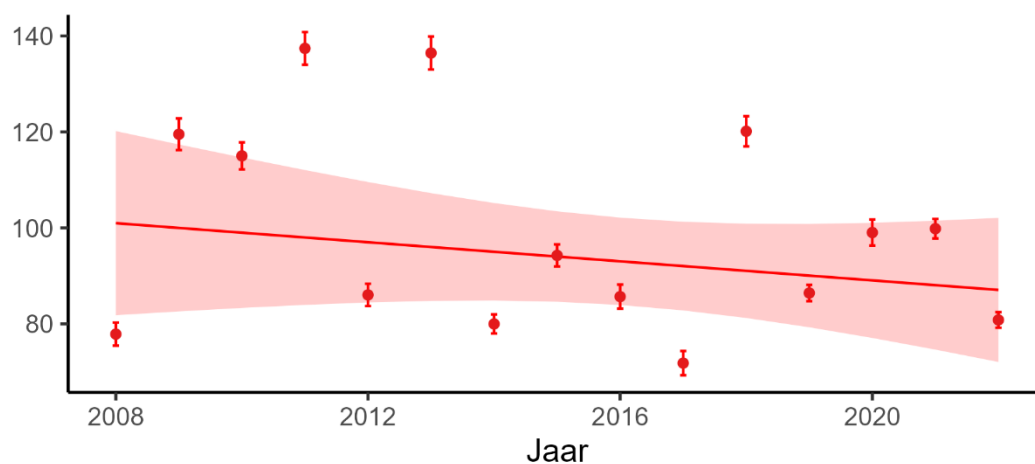
Door de korte tijdsreeks van het SIBES zijn veel trends nog onzeker. De laatste twaalf jaar laat de MSI voor alle 20 soorten uit het SIBES samen een stabiele trend zien, evenals de wormen uit het SIBES. De MSI van de schelpdieren uit het SIBES laat de laatste twaalf jaar een matige afname zien, terwijl de MSI van de schelpdieren uit het WOt de laatste twaalf jaar stabiel blijft. De rest van de uitsplitsingen hebben een onzekere trend.

Naast de MSI's, zijn ook de trends van de totale biomassa van schelpdieren en wormen berekend. De trend van de totale biomassa van wormen vanuit het SIBES, en de trend van de totale biomassa van schelpdieren uit het SIBES en de WOt in Figuur 144. Ook zijn de trends en trendklassen te vinden in Tabel 46.

Over de gehele periode zijn ook de totale biomassatrends onzeker, maar de laatste twaalf jaar laten de wormen een matige toename zien, terwijl de schelpdieren volgens het SIBES de laatste twaalf jaar stabiel blijven, en volgens de WOt een matige afname laten zien.

MSI Bodemdieren

Index

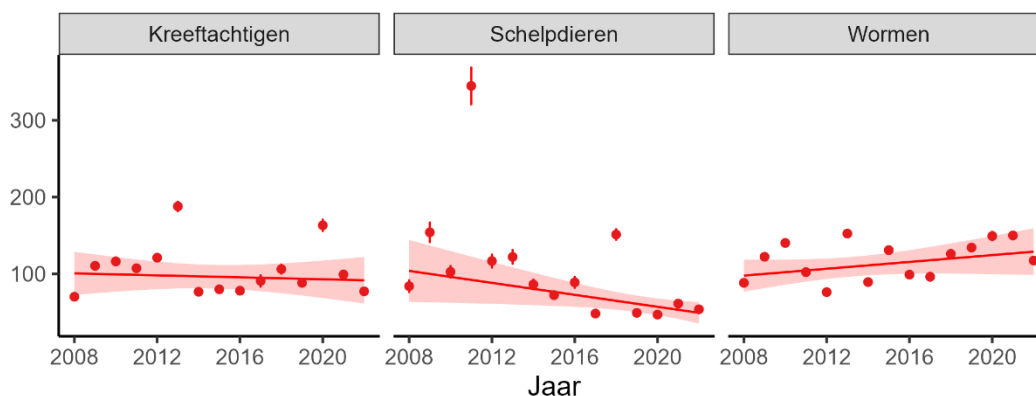


Data: SIBES

Figuur 141. Index met SE en trend (rode lijn met 95% betrouwbaarheidsinterval) van de MSI voor dichtheid van twintig soorten bodemdieren uit het SIBES in de periode 2008–2022 in de Waddenzee. De indicator is dusdanig geschaald dat de trendwaarde uit 2009 op 100 is gesteld.

MSI Bodemdiergroepen

Index

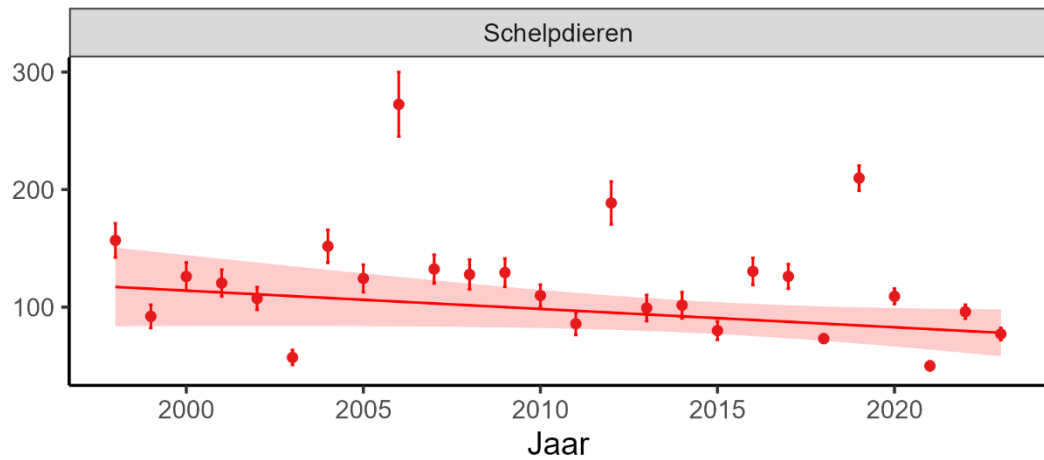


Data: SIBES

Figuur 142. Index met SE en trend (rode lijn met 95% betrouwbaarheidsinterval) van de MSI voor dichtheid van zes soorten schelpdieren, drie soorten kreeftachtigen, en elf soorten wormen uit het SIBES in de periode 2008–2022 in de Waddenzee. De indicator is dusdanig geschaald dat de trendwaarde uit 2009 op 100 is gesteld.

MSI Schelpdieren

Index

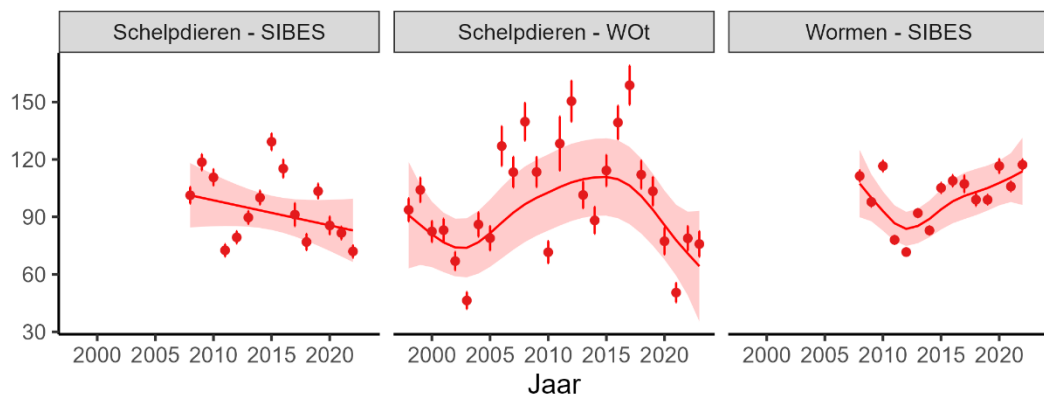


Data: WOt

Figuur 143. Index met SE en trend (rode lijn met 95% betrouwbaarheidsinterval) van de MSI voor dichtheid van vijf soorten schelpdieren uit de WOt in de periode 1998-2023 in de Waddenzee. De indicator is dusdanig geschaald dat de trendwaarde uit 2009 op 100 is gesteld.

Biomassa bodemdieren

Index



Data: SIBES, WOt

Figuur 144. Index met SE en trend (rode lijn met 95% betrouwbaarheidsinterval) van de totale biomassa van schelpdieren uit de WOt (1998-2023) en uit het SIBES (2008-2022), en wormen uit het SIBES (2008-2022) in de Waddenzee. De indicator is dusdanig geschaald dat de trendwaarde uit 2009 op 100 is gesteld.

Tabel 46. Resultaten van de trendberekening met rtrim gevolgd door Trendspotter per soort/phylum/MSI en per monitoringsprogramma voor bodemdieren voor de periodes 2008-2022 voor SIBES, en 1998-2023 voor WOt, en de laatste twaalf jaar met standaardfout (SE) (zie Tabel 2 en Figuur 7 voor definities

trendklassen).

Soort	Groep	Dataset	Trend		Vanaf	Laatste 12 jaar		
			Gehele periode					
MSI	Totaal	SIBES	-1,1 ±	1,4 Stabiel	2008	-1,1 ±	1,4	Stabiel
MSI	Totaal	WOt	-0,2 ±	1,7 Stabiel	1998	-2,5 ±	2,7	Onzeker
MSI	Kreeftachtigen	SIBES	-0,7 ±	2,8 Onzeker	2008	-0,7 ±	2,5	Onzeker
MSI	Schelpdieren	SIBES	-5,2 ±	10,8 Matige afname	2008	-5,5 ±	5,9	Matige afname
MSI	Schelpdieren	WOt	-1,6 ±	1,7 Stabiel	1998	-1,8 ±	1,3	Stabiel
MSI	Wormen	SIBES	2,0 ±	1,5 Stabiel	2008	1,9 ±	1,5	Stabiel
Biomassa	Schelpdieren	SIBES	-1,4 ±	1,5 Stabiel	2008	-1,5 ±	1,4	Stabiel
Biomassa	Schelpdieren	WOt	-1,4 ±	1,9 Onzeker	1998	-4,6 ±	3,6	Matige afname
Biomassa	Wormen	SIBES	0,4 ±	0,9 Stabiel	2008	2,5 ±	0,9	Matige toename
Garnaal	Kreeftachtigen	SIBES	-4,0 ±	6,2 Onzeker	2008	-5,3 ±	4,9	Matige afname
Slijkgarnaal	Kreeftachtigen	SIBES	3,2 ±	4,9 Onzeker	2008	3,9 ±	4,9	Onzeker
Strandkrab	Kreeftachtigen	SIBES	-1,2 ±	3,0 Onzeker	2008	-1,2 ±	2,7	Onzeker
Strandkrab	Kreeftachtigen	WOt	6,7 ±	2,1 Matige toename	2001	-4,0 ±	4,8	Onzeker
Kokkel	Schelpdieren	SIBES	-3,9 ±	17,9 Onzeker	2008	-4,1 ±	21,7	Onzeker
Kokkel	Schelpdieren	WOt	-1,5 ±	11,6 Onzeker	1998	-1,6 ±	2,8	Onzeker
Nonnetje	Schelpdieren	SIBES	3,5 ±	10,2 Onzeker	2008	-1,6 ±	10,1	Onzeker
Nonnetje	Schelpdieren	WOt	-2,9 ±	3,1 Matige afname	1998	0,8 ±	4,5	Onzeker
Platte slijkgaper	Schelpdieren	SIBES	2,5 ±	3,6 Onzeker	2008	8,6 ±	3,6	Matige toename
Platte slijkgaper	Schelpdieren	WOt	0,1 ±	12,3 Onzeker	1998	0,1 ±	3,3	Onzeker
Strandgaper	Schelpdieren	SIBES	1,5 ±	20,6 Onzeker	2008	1,4 ±	24,5	Onzeker
Strandgaper	Schelpdieren	WOt	0,3 ±	2,2 Stabiel	1998	-1,0 ±	3,3	Onzeker
Wadslakje	Schelpdieren	SIBES	-1,5 ±	19,1 Onzeker	2008	-4,4 ±	21,6	Onzeker
Zwaardschede	Schelpdieren	SIBES	-4,7 ±	17,5 Onzeker	2008	-5,0 ±	21,3	Onzeker
Zwaardschede	Schelpdieren	WOt	1,1 ±	12,9 Onzeker	1998	1,0 ±	2,7	Stabiel
Borstelworm	Wormen	SIBES	-10,7 ±	14,4 Matige afname	2008	-12,0 ±	17,7	Matige afname
Groengele wadpier	Wormen	SIBES	5,0 ±	4,1 Onzeker	2008	4,6 ±	3,5	Onzeker
Ringworm	Wormen	SIBES	4,5 ±	0,9 Matige toename	2008	4,2 ±	0,9	Matige toename
Rode draadworm	Wormen	SIBES	38,1 ±	4,6 Sterke toename	2008	20,5 ±	4,5	Sterke toename
Schelpkokerworm	Wormen	SIBES	3,7 ±	21,7 Onzeker	2008	9,0 ±	7,8	Onzeker
Slangpier	Wormen	SIBES	-0,3 ±	4,6 Onzeker	2008	-0,3 ±	3,8	Onzeker
Wadpier	Wormen	SIBES	1,2 ±	2,9 Stabiel	2008	1,2 ±	2,6	Stabiel
Wapenworm	Wormen	SIBES	2,8 ±	2,0 Onzeker	2008	-1,2 ±	2,1	Onzeker
Zager	Wormen	SIBES	-8,1 ±	15,8 Onzeker	2008	-6,2 ±	20,6	Onzeker
Zandkokerworm	Wormen	SIBES	4,9 ±	22,4 Onzeker	2008	4,5 ±	7,1	Onzeker
Zeeduizendpoot	Wormen	SIBES	-1,2 ±	2,9 Onzeker	2008	-1,2 ±	2,6	Onzeker

5.2.3 Referentiewaarden

In N2000 of de KRW zijn geen referentiewaarden opgesteld voor dichtheden van specifieke soorten in de litorale Waddenzee. In bijlage 10 van de KRW zijn wel referentieklassen per soort te vinden, maar deze zijn gebaseerd op de MWTL monitoring, en door verschillen in bemonsteringsmethode is dit lastig toe te passen op de data van de WOt en het SIBES⁸⁴. Daarnaast staat er niet gespecificeerd of het om dichtheden in het litoraal of sublitoraal gaat. Daarom is er voor gekozen om de referentiewaarde uit de data zelf te halen, zoals ook gebeurd in de Benthische Indicator Soorten Index (BISI)⁸⁵. Hier is als referentiewaarde genomen de gemiddelde index uit rtrim in de periode 2008-2022, wanneer zowel de WOt als het SIBES data beschikbaar hebben. Dit sluit ook het beste aan bij resultaten uit de KRW beoordeling van de Waddenzee uit 2009⁸⁶. De gebruikte referentiewaarde per soort/phylum en meetprogramma zijn te vinden in Tabel 47.

Om de data te schalen en per soort/phylum een indicator te kunnen berekenen, wordt gebruikt gemaakt van de ecologische kwaliteitsratio (EKR, zie paragraaf 2.3.3), die varieert tussen 0

⁸⁴ <https://www.stowa.nl/publicaties/referenties-en-maatlatten-voor-natuurlijke-watertypen-voor-de-kaderrichtlijn-water-2021-2027-versie>

⁸⁵ <https://ecoauthor.net/wp-content/uploads/2017/10/Eindrapport-Benthos-Indicator-Noordzee-v260917.pdf>

⁸⁶ <https://edepot.wur.nl/341452>

(laagste kwaliteit) tot 1 (hoogste kwaliteit), ingedeeld in 5 klassen A (hoogste) tot E (laagst). De referentiewaarden uit Tabel 47 vertalen zich hierbij naar een EKR waarde van 0,6, de grens tussen klassen B en C.

Na het berekenen van de EKR-waarden en een eventuele aggregatie, wordt de trend bepaald met Trendspotter.

Tabel 47. Referentiewaarden per soort/phylum en meetprogramma voor de bodemdieren op basis van de gemiddelde index over de periode 2008-2022 (Bron: gemiddelde index 2008-2022).

Soort	Dataset	Groep	Referentiewaarde (index)
Garnaal	SIBES	Kreeftachtigen	135
Slijkgarnaal	SIBES	Kreeftachtigen	87
Strandkrab	SIBES	Kreeftachtigen	82
Strandkrab	Wot	Kreeftachtigen	69
Kokkel	SIBES	Schelpdieren	178
Kokkel	Wot	Schelpdieren	171
Nonnetje	SIBES	Schelpdieren	205
Nonnetje	Wot	Schelpdieren	187
Platte slijkgaper	SIBES	Schelpdieren	65
Platte slijkgaper	Wot	Schelpdieren	62
Strandgaper	SIBES	Schelpdieren	290
Strandgaper	Wot	Schelpdieren	73
Wadslakje	SIBES	Schelpdieren	132
Zwaardschede	SIBES	Schelpdieren	88
Zwaardschede	Wot	Schelpdieren	144
Borstelworm	SIBES	Wormen	94
Groengele wadpier	SIBES	Wormen	75
Ringworm	SIBES	Wormen	149
Rode draadworm	SIBES	Wormen	767
Schelpkokerworm	SIBES	Wormen	148
Slangpier	SIBES	Wormen	128
Wadpier	SIBES	Wormen	65
Wapenworm	SIBES	Wormen	88
Zager	SIBES	Wormen	56
Zandkokerworm	SIBES	Wormen	105
Zeeduizendpoot	SIBES	Wormen	97
Biomassa			
Annelida	SIBES	Wormen	103
Mollusca	SIBES	Schelpdieren	80
Mollusca	Wot	Schelpdieren	96

5.2.4 Indicator

In het berekenen van EKR indicatoren zijn de resultaten voor dichtheid geaggregeerd per groep en per meetprogramma, en ook gezamenlijk per meetprogramma. De EKR voor dichtheden van de verschillende groepen staat in Figuur 145, en de gezamenlijke EKR voor alle 20 soorten uit het SIBES, en alle 6 soorten uit de Wot in Figuur 146.

De trendlijnen laten zien dat alle drie kreeftachtigen, alle zes schelpdieren, en alle elf wormen uit het SIBES een C status hebben in 2022, waarbij het betrouwbaarheidsinterval bij de wormen en

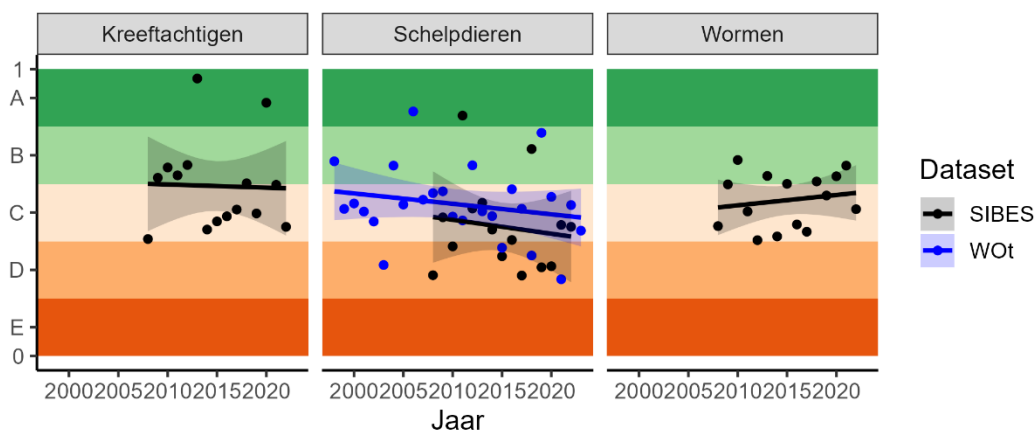
kreeftachtigen ook gedeeltelijk in B valt, terwijl deze bij de schelpdieren ook gedeeltelijk een D status heeft. De trendlijn van de vijf schelpdieren uit het WOt laten een vergelijkbaar patroon zien als de schelpdieren uit het SIBES.

Ook hebben de trendlijnen van de EKR van alle zes soorten uit het WOt of alle twintig soorten uit het SIBES een vergelijkbaar patroon, met een C status in 2022/2023.

De EKR resultaten van biomassa van de phyla wormen en schelpdieren uit het SIBES of de WOt staan in Figuur 147. Waarbij de biomassa van alle wormen de laatste jaren toeneemt, met een B status van de trendlijn in 2022, en de biomassa van alle schelpdieren juist afneemt, met een C status uit het SIBES en net een D status voor de WOt.

Bodemdiergroepen

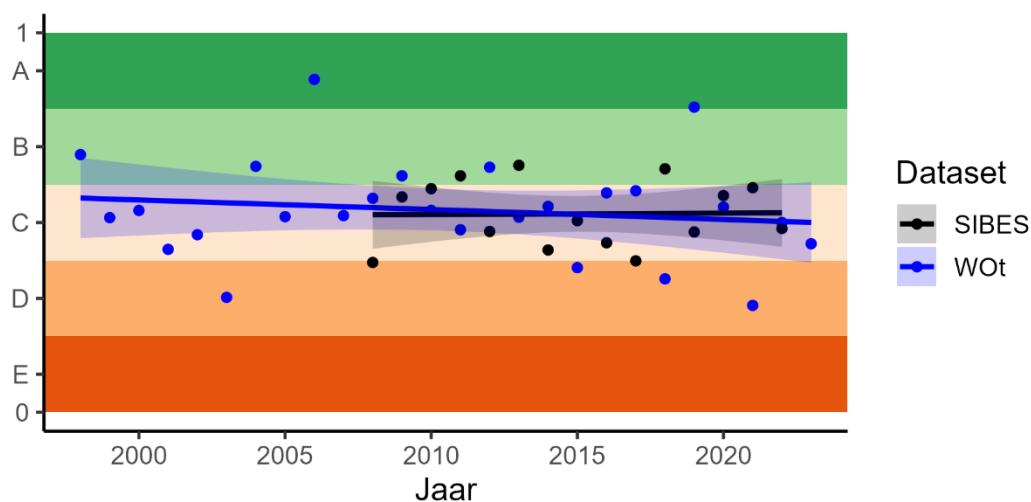
EKR



Figuur 145. EKR geschaalde metingen van dichtheden ten opzichte van de referentiewaarde uitsplitst voor kreeftachtigen, schelpdieren en wormen uit het SIBES en de WOt in de periode 2008-2022 of 1998-2023 in de Waddenzee.

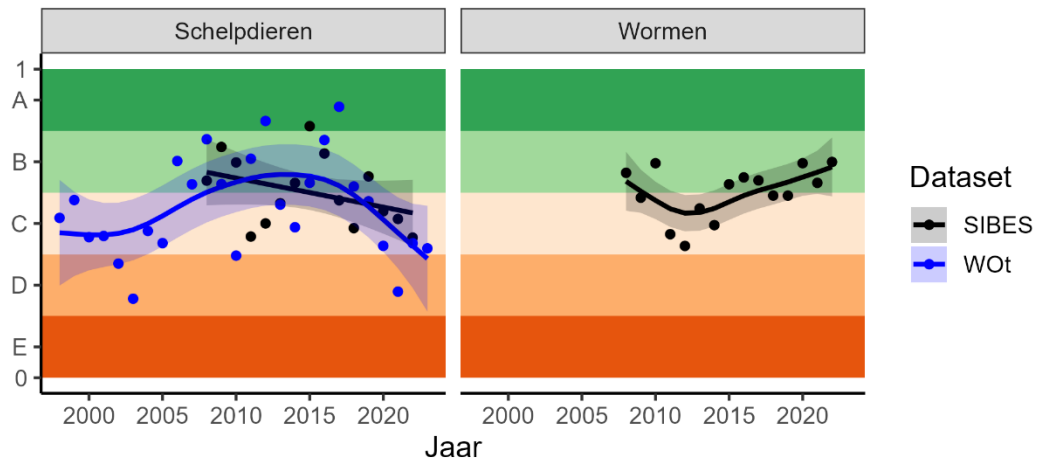
Bodemdieren

EKR



Figuur 146. EKR geschaalde metingen van dichtheden ten opzichte van de referentiewaarde uitsplitst per meetprogramma in de periode 2008-2022 of 1998-2023 in de Waddenzee.

Biomassa bodemdieren EKR



Figuur 147. EKR geschaalde metingen voor biomassa ten opzichte van de referentiewaarde voor wormen en schelpdieren uit het SIBES of de WOT in de periode 2008-2022 of 1998-2023 in de Waddenzee.

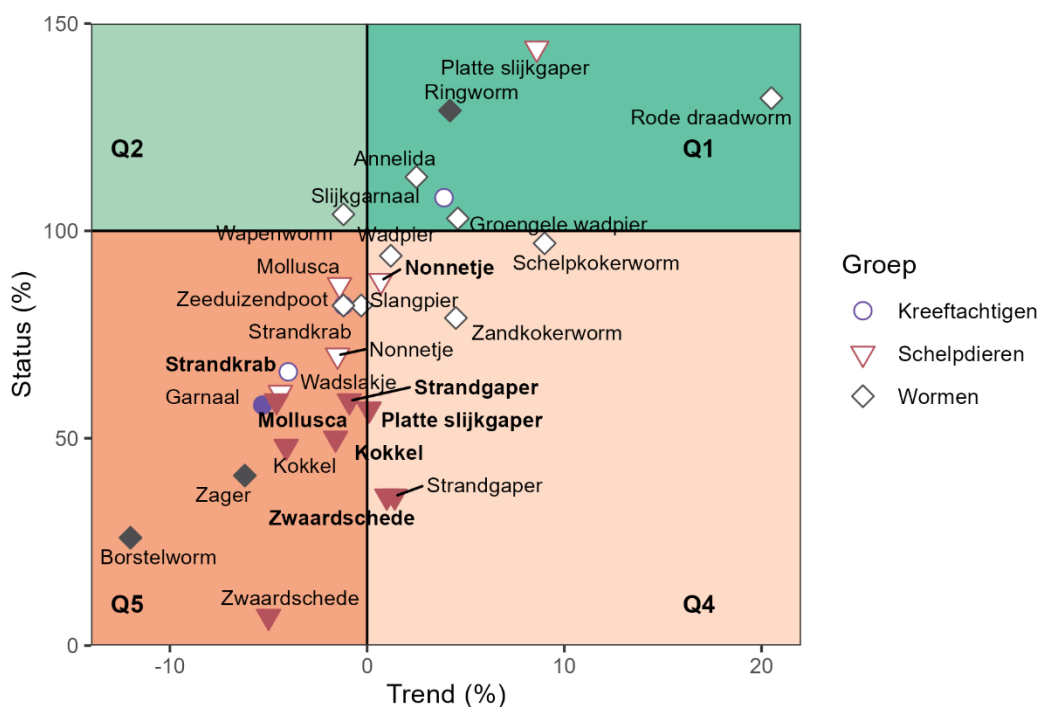
5.2.5 Samenvatting, conclusies, Discussie

Om een beeld te krijgen hoe de bodemdieren zich in het Waddengebied hebben ontwikkeld de afgelopen twaalf jaar, zijn de resultaten van de trendanalyse vanaf 2012 en de dichtheden of biomassa ten opzichte van de referentie gecombineerd in Figuur 148 en Tabel 48. Hierbij zijn trendwaarden van de dichtheden en biomassa uit het laatste analysejaar gebruikt om de 'status' van de bodemdieren ten opzichte van de referentiewaarde te bepalen (percentage ten opzichte van de referentie, met referentie als 100%). De indexcijfers van de trends voor bodemdieren zijn gebruikt om de relatieve veranderingen (trend in % toename of afname per jaar) van dichtheden per soort of de biomassa per phylum over de afgelopen twaalf jaar te bepalen met Trendspotter.

Alleen de ringworm heeft een Q1 indeling volgens het kwadrant (Gunstige status met positieve trend), en er zijn elf soort/phylum/dataset combinaties met een Q5 indeling (Ongunstige status met negatieve/stabiele/onzekere trend). Veel soort/phylum/dataset combinaties (17) hebben een onzekere Q3 indeling (Tabel 48).

Tabel 48. Status van de dichtheden en biomassa van bodemdieren uit 2022/2023 ten opzichte de referentiewaarde en trend over de laatste 12 jaar per soort /phylum (met 95% betrouwbaarheidsinterval), en de indeling volgens het kwadrant.

Soort	Dataset	Groep	Eenheid	Status (%)	Statusklasse	Trend (%)	Trendklasse	Kwadrant
Ringworm	SIBES	Wormen	Dichtheid	129 ± 18	Gunstig	4,2 ± 1,4	Toenemend	Q1
Platte slijkgaper	SIBES	Schelpdieren	Dichtheid	144 ± 69	Onzeker	8,6 ± 4,3	Toenemend	Q3
Rode draadworm	SIBES	Wormen	Dichtheid	132 ± 72	Onzeker	20,5 ± 4,9	Toenemend	Q3
Annelida	SIBES	Wormen	Biomassa	113 ± 18	Onzeker	2,5 ± 1,5	Toenemend	Q3
Groengele wadpier	SIBES	Wormen	Dichtheid	103 ± 46	Onzeker	4,6 ± 4,1	Onzeker	Q3
Slijkgarnaal	SIBES	Kreeftachtigen	Dichtheid	108 ± 60	Onzeker	3,9 ± 4,9	Onzeker	Q3
Wapenworm	SIBES	Wormen	Dichtheid	104 ± 33	Onzeker	-1,2 ± 2,9	Onzeker	Q3
Wadpier	SIBES	Wormen	Dichtheid	94 ± 33	Onzeker	1,2 ± 3,4	Stabiel	Q3
Mollusca	SIBES	Schelpdieren	Biomassa	87 ± 18	Onzeker	-1,4 ± 2,1	Stabiel	Q3
Nonnetje	SIBES	Schelpdieren	Dichtheid	70 ± 54	Onzeker	-1,5 ± 5,9	Onzeker	Q3
Schelpkokerworm	SIBES	Wormen	Dichtheid	97 ± 73	Onzeker	9 ± 6	Onzeker	Q3
Slangpier	SIBES	Wormen	Dichtheid	82 ± 36	Onzeker	-0,3 ± 4,2	Onzeker	Q3
Strandkrab	SIBES	Kreeftachtigen	Dichtheid	82 ± 29	Onzeker	-1,2 ± 3,4	Onzeker	Q3
Wadslakje	SIBES	Schelpdieren	Dichtheid	61 ± 65	Onzeker	-4,4 ± 7,8	Onzeker	Q3
Zandkokerworm	SIBES	Wormen	Dichtheid	79 ± 52	Onzeker	4,5 ± 5,7	Onzeker	Q3
Zeeduizendpoot	SIBES	Wormen	Dichtheid	82 ± 27	Onzeker	-1,2 ± 3,3	Onzeker	Q3
Nonnetje	WOt	Schelpdieren	Dichtheid	88 ± 47	Onzeker	0,7 ± 4,7	Onzeker	Q3
Strandkrab	WOt	Kreeftachtigen	Dichtheid	66 ± 35	Onzeker	-4 ± 4,6	Onzeker	Q3
Zwaardschede	WOt	Schelpdieren	Dichtheid	36 ± 25	Ongunstig	1 ± 3,4	Stabiel	Q5
Kokkel	SIBES	Schelpdieren	Dichtheid	48 ± 51	Ongunstig	-4,1 ± 8,3	Onzeker	Q5
Strandgaper	SIBES	Schelpdieren	Dichtheid	36 ± 39	Ongunstig	1,4 ± 8,4	Onzeker	Q5
Zager	SIBES	Wormen	Dichtheid	41 ± 45	Ongunstig	-6,2 ± 8	Onzeker	Q5
Zwaardschede	SIBES	Schelpdieren	Dichtheid	7 ± 18	Ongunstig	-5 ± 15	Onzeker	Q5
Kokkel	WOt	Schelpdieren	Dichtheid	50 ± 31	Ongunstig	-1,6 ± 3,5	Onzeker	Q5
Platte slijkgaper	WOt	Schelpdieren	Dichtheid	57 ± 41	Ongunstig	0,1 ± 3,9	Onzeker	Q5
Strandgaper	WOt	Schelpdieren	Dichtheid	59 ± 30	Ongunstig	-0,9 ± 3,8	Onzeker	Q5
Borstelworm	SIBES	Wormen	Dichtheid	26 ± 35	Ongunstig	-12 ± 9,8	Afnemend	Q5
Garnaal	SIBES	Kreeftachtigen	Dichtheid	58 ± 29	Ongunstig	-5,3 ± 4,6	Afnemend	Q5
Mollusca	WOt	Schelpdieren	Biomassa	59 ± 27	Ongunstig	-4,6 ± 4	Afnemend	Q5



Figuur 148. Waddenkwadrant van twintig soorten bodemdieren en biomassa van twee phyla uit het SIBES of de WOt in de Waddenzee op basis van afwijking t.o.v. referentiewaarde (status) en veranderingen over de afgelopen twaalf jaar (Trend; % per jaar). De namen van de resultaten uit de WOt zijn vetgedrukt. Niet ingekleurde (witte) punten geven de soorten met een onzekere (Q3) kwadrantindeling weer.

Tabel 49. Samenvatting van indicatoren voor Bodemdieren.

Indicator	Variant	Soort	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Bodemdieren (biomassa)	Worm	Annelida (SIB)	0.68 (0.58 – 0.79)	B (B–C)	Onzeker	Toenemend	Verbeterend
	Schelpdier	Mollusca (SIB)	0.52 (0.42 – 0.63)	C (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
		Mollusca (SIB)	0.35 (0.20 – 0.52)	D (C–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
Bodemdieren (dichtheid)	Worm	Borstelworm (SIB)	0.16 (0.00 – 0.37)	E (D–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Groengele wadpier (SIB)	0.62 (0.34 – 0.89)	B (A–D)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Ringworm (SIB)	0.77 (0.67 – 0.88)	B (A–B)	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Rode draadworm (SIB)	0.79 (0.36 – 1.22)	B (A–D)	Onzeker	Toenemend	Verbeterend
		Schelpkokerworm (SIB)	0.58 (0.15 – 1.02)	C (A–E)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Slangpier (SIB)	0.49 (0.28 – 0.71)	C (B–D)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Wadpier (SIB)	0.56 (0.37 – 0.76)	C (B–D)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
		Wapenworm (SIB)	0.62 (0.43 – 0.82)	B (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Zager (SIB)	0.25 (0.00 – 0.52)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Zandkokerworm (SIB)	0.47 (0.16 – 0.79)	C (B–E)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Zeeduizendpoot (SIB)	0.49 (0.32 – 0.65)	C (B–D)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
	Schelpdier	Kokkel (SIB)	0.29 (0.00 – 0.59)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Kokkel (WOt)	0.30 (0.11 – 0.49)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Nonnetje (SIB)	0.42 (0.10 – 0.74)	C (B–E)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Nonnetje (WOt)	0.53 (0.25 – 0.81)	C (A–D)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Platte slijkgaper (SIB)	0.86 (0.45 – 1.28)	A (A–C)	Onzeker	Toenemend	Verbeterend
		Platte slijkgaper (WOt)	0.34 (0.09 – 0.59)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Strandgaper (SIB)	0.22 (0.00 – 0.45)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Strandgaper (WOt)	0.35 (0.17 – 0.53)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Wadslakje (SIB)	0.37 (0.00 – 0.76)	D (B–E)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Zwaardschede (SIB)	0.04 (0.00 – 0.15)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Zwaardschede (WOt)	0.22 (0.07 – 0.37)	D (D–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel
	Kreeftachtige	Garnaal (SIB)	0.35 (0.17 – 0.52)	D (C–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Slijkgarnaal (SIB)	0.65 (0.29 – 1.01)	B (A–D)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Strandkrab (SIB)	0.49 (0.32 – 0.67)	C (B–D)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Strandkrab (WOt)	0.40 (0.19 – 0.61)	D (B–E)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker

Discussie

- Voor bodemdieren zijn verschillende indicatoren beschikbaar om de status te beschrijven, zoals de BISI (Wijnhoven en Bos, 2017; Wijnhoven 2023), soortenrijkdom, de Shannon-index en de AMBI⁸⁷ uit de KRW. Deze indicatoren zijn doorgaans gebaseerd op de diversiteit en dichtheden van bodemdieren, en niet specifiek per soort. De BISI is wel soortgericht, maar de resultaten zijn logaritmisch geschaald en daardoor niet te aggregeren met de andere indicatoren in dit rapport.
- Om deze indicator specifiek te maken voor een geselecteerde groep soorten en deze te laten aansluiten bij de overige indicatoren, is voor een gemiddelde indexwaarde gekozen als referentiewaarde op basis van overleg met experts. Of dit de juiste keuze is voor de geselecteerde soorten staat nog ter discussie. Een vergelijking met andere indicatoren moet nog gemaakt worden om te zien hoe deze zich tot elkaar verhouden.
- Ook zijn de resultaten per meetprogramma apart gepresenteerd. Idealiter zouden deze nog gecombineerd kunnen worden om tot één waarde/trend per soort te komen. Wat de juiste methode is om deze combinatie te maken moet nog onderzocht worden.

⁸⁷ <https://ambi.azti.es/>

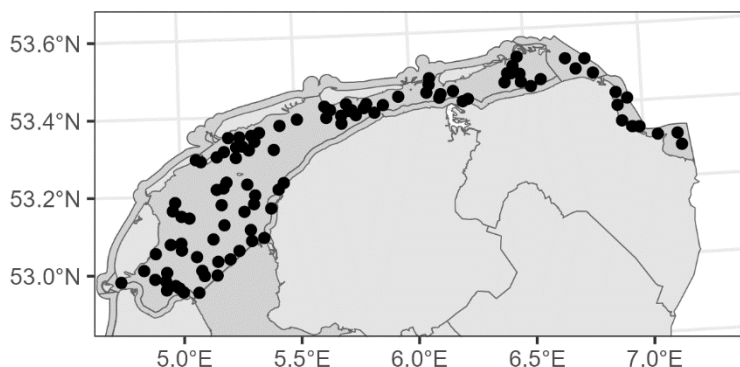
5.3 Vissen

5.3.1 Data en methodologie

Dataselectie

De gegevens over vispopulaties zijn afkomstig uit de jaarlijkse Demersal Fish Survey (DFS) van Wageningen Marine Research (WMR), die verkrijgbaar is via de online database van ICES (DATRAS)⁸⁸. In dit programma wordt in het najaar met een garnalenkor van drie meter breed gestreefd te vissen op 120 vaste locaties in de Waddenzee. Figuur 149 toont de ruimtelijke verdeling van deze bemonsteringspunten in de Waddenzee voor 2024. Dit monitoringsprogramma richt zich primair op bodemvissen. Hoewel ook pelagische vissen worden gevangen, is de geschiktheid van deze bemonstering voor populatieschattingen en trendanalyses van pelagische soorten beperkter dan voor platvissen.

Onze analyse richt zich op twee categorieën vissen die in de Waddenzee voorkomen: residente soorten, die het hele jaar door in het gebied blijven, en mariene juveniele soorten, die het gebied voornamelijk als kraamkamer gebruiken. Jonge vissen vinden in de Waddenzee namelijk relatief warm water met veel voedsel en schuilmogelijkheden en er zijn minder grote roofvissen aanwezig dan in de Noordzee. De residente soorten waarvoor trends berekend kunnen worden met de DFS data zijn: bot, grondels, vijfdradige meun, puitaal, botervis, slakdolf, harnasmannetje, en zeenaalden. Voor de mariene juveniele soorten zijn het de schol, schar, kabeljauw, rode poon, tong, wijting, en steenbolk. Haring en spiering, twee belangrijke soorten in de Waddenzee, zijn niet meegenomen in de analyse omdat deze niet goed gevangen worden met het vistuig. Verder worden habitatrichtlijnsoorten zoals de zeeprik, rivierprik en fint genoemd in de N2000-doelstellingen voor de Waddenzee, maar deze komen niet of nauwelijks voor in de monitoringsdata en kunnen daardoor niet worden meegenomen in de analyse.



Figuur 149. Verdeling van de zetposities van de DFS monsterpunten (begin van de trek) in de Waddenzee in 2024.

Methodologie

De MSI methode kan worden gebruikt om de verandering in aantallen van vissen in beeld te brengen (zie paragraaf 2.1.2.). Deze methode laat goed de relatieve veranderingen door de tijd zien. Alvorens de trends worden gecombineerd in een MSI, worden eerst afzonderlijke trends per soort en diepteklasse berekend met rtrim. Hoeveel vis er gevangen wordt is erg afhankelijk van de

⁸⁸ DATRAS (https://datras.ices.dk/Data_products/Download/Download_Data_public.aspx)

diepte waarop is gevist⁸⁹. Trends zijn per soort per diepteklasse berekend (Tabel 50), alvorens ze gewogen gecombineerd worden om tot trends per soort te komen. Deze weegfactor is gebaseerd op het aantal vissen dat per trek is gevangen. Voor de trendberekeningen met rtrim zijn per jaar de aantallen in de meetpunten op 1x1 km hok geaggregeerd en verschillen in bemonsterd oppervlak als weegfactor meegenomen in de rtrim berekening (zie par. 2.1.2). Missende meetpunten door de jaren worden door rtrim per soort bijgeschat (imputatie). De individuele rtrim resultaten per soort zijn uiteindelijk gecombineerd tot verschillende MSI's.

Trends en bijbehorende trendklassen van de indexen per soort en per MSI zijn berekend met het programma Trendspotter. Hiermee worden niet-lineaire trends gedetecteerd en geschat, waarbij ook standaardfouten en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen worden berekend op basis van een Kalman-filter (Visser *et al.*, 2004; Soldaat *et al.*, 2007).

Tabel 50. Diepteklassen en bijbehorende diepte waarop trends per soort zijn berekend alvorens aggregatie tot trends per soort.

Diepteklasse	Diepte (m)
1	< 5
2	5 - 10
3	10 - 15
4	15 - 20
5	20 - 25
6	> 25

5.3.2 Trends en patronen

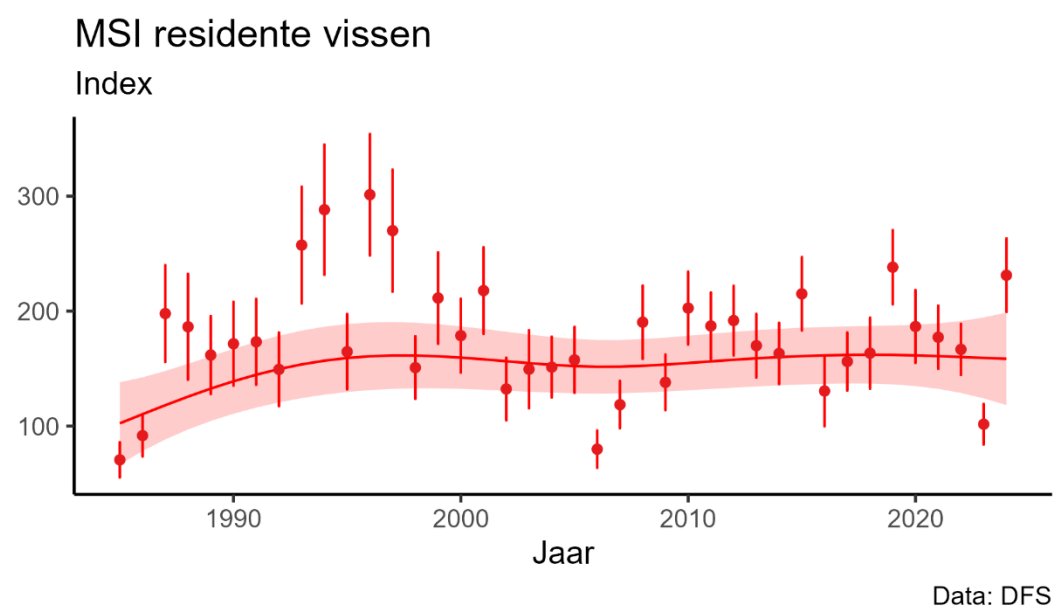
Trends van de vissen zijn gecombineerd tot verschillende MSI's, en de resultaten zijn gepresenteerd voor residente vissen in Figuur 150, voor mariene juveniele vissen in Figuur 151, en gecombineerd voor alle vissen in Figuur 152. Trends en bijbehorende trendklassen uitgesplitst per soort staan in Tabel 51, en zijn berekend voor de hele periode en de laatste 12 jaar.

Over de gehele periode vertonen de residente soorten een matige toename, terwijl de mariene juveniele soorten en alle soorten gezamenlijk stabiel zijn gebleven. De laatste 12 jaar vertonen de mariene juveniele soorten juist een matige toename, terwijl de residente soorten en alle soorten gezamenlijk stabiel zijn gebleven.

⁸⁹ <https://edepot.wur.nl/675332>

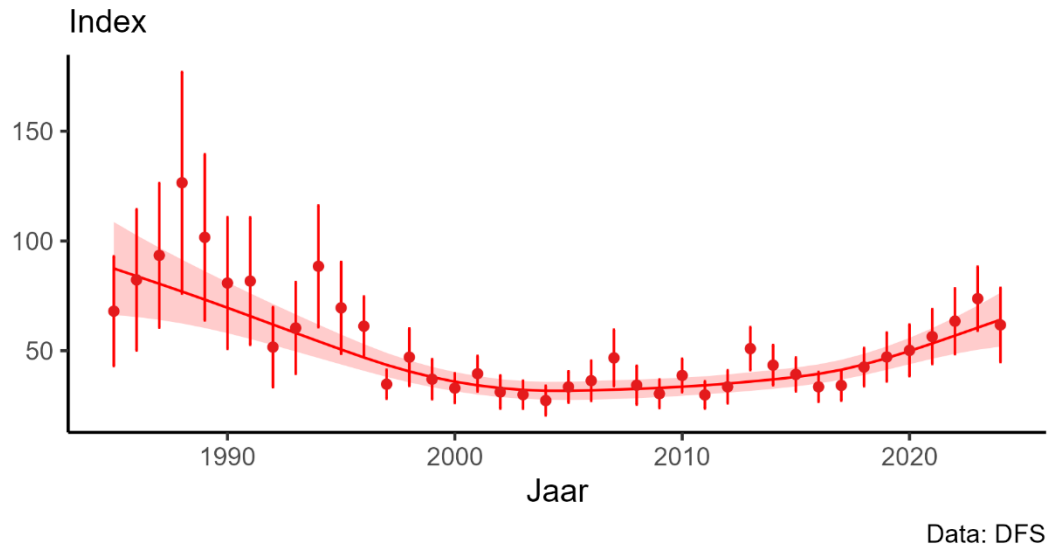
Tabel 51. Resultaten van de trendberekening met rtrim gevolgd door Trendspotter per soort en MSI voor vissen in de periode 1985 tot en met 2024 en de laatste 12 jaar met standaardfout (SE) (zie Tabel 2 en Figuur 7 voor definities trendklassen).

Soort	Klasse	Trend		Vanaf Laatste 12 jaar		
		Hele periode				
MSI	Mariene juveniel	-0,8 ± 0,6	Stabiel	1985	5,4 ± 1,1	Matige toename
MSI	Resident	1,1 ± 0,5	Matige toename	1985	0,0 ± 1,6	Stabiel
MSI	Alle soorten	0,3 ± 0,4	Stabiel	1985	2,0 ± 1,1	Stabiel
Kabeljauw	Mariene juveniel	-5,7 ± 5,4	Matige afname	1985	-9,8 ± 18,8	Matige afname
Rode_poon	Mariene juveniel	4,1 ± 0,4	Matige toename	1985	3,6 ± 0,8	Matige toename
Schar	Mariene juveniel	-6,8 ± 4,8	Matige afname	1985	11,4 ± 29,6	Onzeker
Schol	Mariene juveniel	-2,7 ± 6,9	Matige afname	1985	6,9 ± 5,2	Onzeker
Steenbolk	Mariene juveniel	-0,9 ± 7,9	Onzeker	1985	-0,3 ± 2,8	Onzeker
Tong	Mariene juveniel	-0,5 ± 2,6	Onzeker	1985	1,3 ± 2,5	Stabiel
Wijting	Mariene juveniel	3,7 ± 3,0	Onzeker	1985	3,9 ± 3,1	Onzeker
Bot	Resident	3,9 ± 0,9	Matige toename	1985	2,8 ± 1,2	Matige toename
Botervis	Resident	7,7 ± 0,2	Sterke toename	1985	2,8 ± 0,2	Matige toename
Harnasmannetje	Resident	0,8 ± 1,0	Stabiel	1985	-0,7 ± 1,7	Stabiel
Puitaal	Resident	-2,0 ± 7,3	Matige afname	1985	-1,5 ± 2,7	Onzeker
Slakdolf	Resident	-4,7 ± 5,9	Matige afname	1985	-9,0 ± 6,6	Matige afname
Vijfdradige_meun	Resident	3,8 ± 1,4	Matige toename	1985	1,2 ± 3,0	Stabiel
Zeedonderpad	Resident	-0,2 ± 8,2	Onzeker	1985	0,4 ± 3,0	Onzeker
Grondels	Resident	5,1 ± 0,7	Matige toename	1985	2,1 ± 1,0	Matige toename
Zeenaalden	Resident	4,5 ± 1,1	Matige toename	1985	2,3 ± 0,9	Matige toename



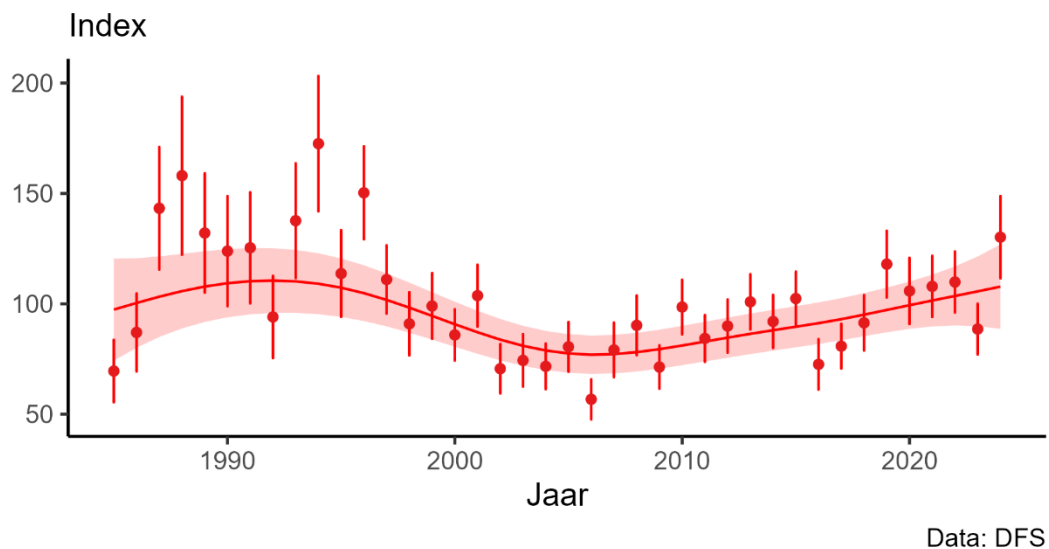
Figuur 150. Index met SE en trend (rode lijn; met 95% betrouwbaarheidsinterval) van de MSI voor negen residente vissoorten in de periode 1985–2024 in de Waddenzee.

MSI mariene juveniele vissen



Figuur 151. Index met SE en trend (rode lijn; met 95% betrouwbaarheidsinterval) van de MSI voor zeven mariene juveniele vissoorten in de periode 1985–2024 in de Waddenzee.

MSI vissen



Figuur 152. Index met SE en trend (rode lijn; met 95% betrouwbaarheidsinterval) van de MSI voor zestien vissoorten in de periode 1985–2024 in de Waddenzee.

5.3.3 Referentiewaarden

In de instandhoudingsdoelstellingen van N2000 voor de Waddenzee⁹⁰ worden alleen de fint, rivierprik, en zeeprik genoemd, en deze hebben als doel uitbreiding van de populatie. In de KRW wordt alleen voor de bot en de slakdolf (van de soortselectie gebruikt in dit rapport) in de Eems-Dollard een referentiewaarde opgegeven voor aantallen per 80 m² per uur. Deze referentiewaarde is gebaseerd op data van ankerkuilen, en leidde in 2023 tot een ‘slechte’ EKR

⁹⁰ <https://www.natura2000.nl/gebieden/friesland/waddenzee/waddenzee-doelstelling>

beoordeling voor beide soorten (EKR 0,09 voor bot en EKR 0,01 voor slakdolf)⁹¹. Om aan te sluiten bij deze beoordeling en tot een referentiewaarde te komen voor alle zestien soorten, is de maximale index uit de trendberekening over de periode 1985-2024 gebruikt als referentiewaarde. Door deze indexwaarde te gebruiken krijgt de bot een EKR van 0,092 en de slakdolf 0,015 in 2023, in overeenstemming met de KRW. Een overzicht van de referentiewaarden is te vinden in Tabel 52.

Om de data te schalen en per soort/groep een indicator te kunnen berekenen, wordt gebruikt gemaakt van de ecologische kwaliteitsratio (EKR, zie paragraaf 2.3.3), die varieert tussen 0 (laagste kwaliteit) tot 1 (hoogste kwaliteit), ingedeeld in 5 klassen A (hoogste) tot E (laagst). De referentiewaarden uit Tabel 52 vertalen zich hierbij naar een EKR waarde van 0,6, de grens tussen klassen B en C.

Na het berekenen van de EKR-waarden en een eventuele aggregatie, wordt de trend bepaald met Trendspotter.

Tabel 52. Referentiewaarden voor verschillende soorten vis op basis van de maximale index (Bron: maximale index 1985-2024).

Soort	Klasse	Referentiewaarde (index)
Kabeljauw	Mariene juveniel	135
Rode poot	Mariene juveniel	751
Schar	Mariene juveniel	2661
Schol	Mariene juveniel	123
Steenbolk	Mariene juveniel	11352
Tong	Mariene juveniel	566
Wijting	Mariene juveniel	7727
Bot	Resident	5629
Botervis	Resident	2356
Harnasmannetje	Resident	1104
Puitaal	Resident	122
Slakdolf	Resident	144
Vijfdradige meun	Resident	1865
Zeedonderpad	Resident	414
Grondels	Resident	12929
Zeenaalden	Resident	15436

5.3.4 Indicator

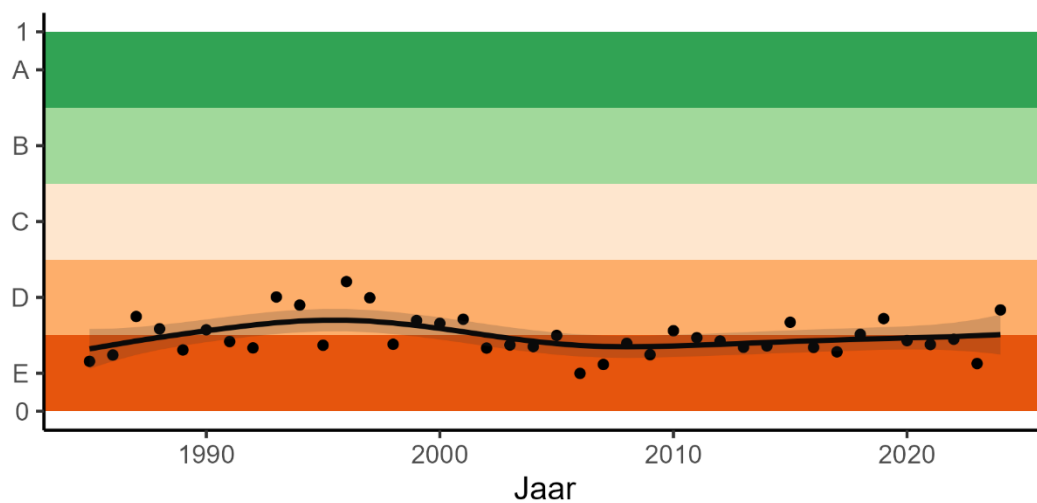
In het berekenen van EKR indicatoren is onderscheid gemaakt in verschillende groepen, waaronder residente vissen (Figuur 153) en mariene juveniele vissen (Figuur 154). De status van de vissen is over het algemeen ontoereikend, maar de laatste jaren is er wel verbetering zichtbaar. Zowel residente als mariene juveniele vissen hebben een ontoereikende status in 2024.

De EKR voor alle vissen staat in Figuur 155. Deze is over de gehele periode ontoereikend tot slecht met een ontoereikende status in 2024.

⁹¹ <https://edepot.wur.nl/679807>

Residente vissen

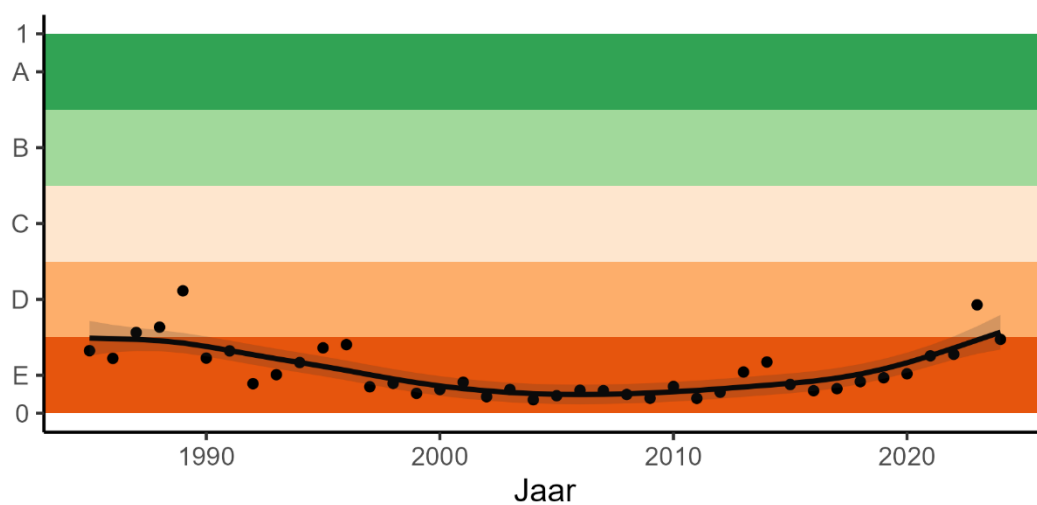
EKR



Figuur 153. EKR geschaalde indexen van residente vissen ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1985-2024 in de Waddenzee.

Mariene juveniele vissen

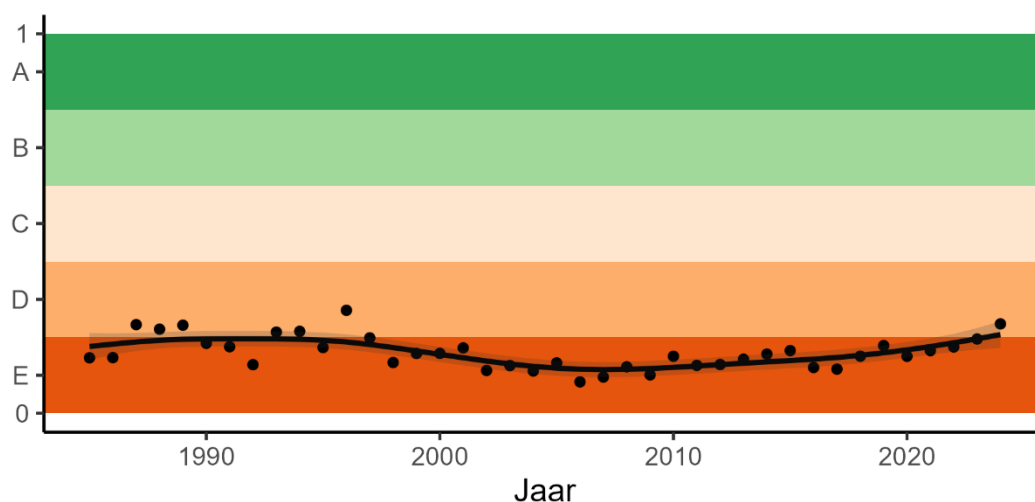
EKR



Figuur 154. EKR geschaalde indexen van mariene juveniele ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1985-2024 in de Waddenzee.

Vissen

EKR



Figuur 155. EKR geschaalde indexen van zestien soorten vissen ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1985-2024 in de Waddenzee.

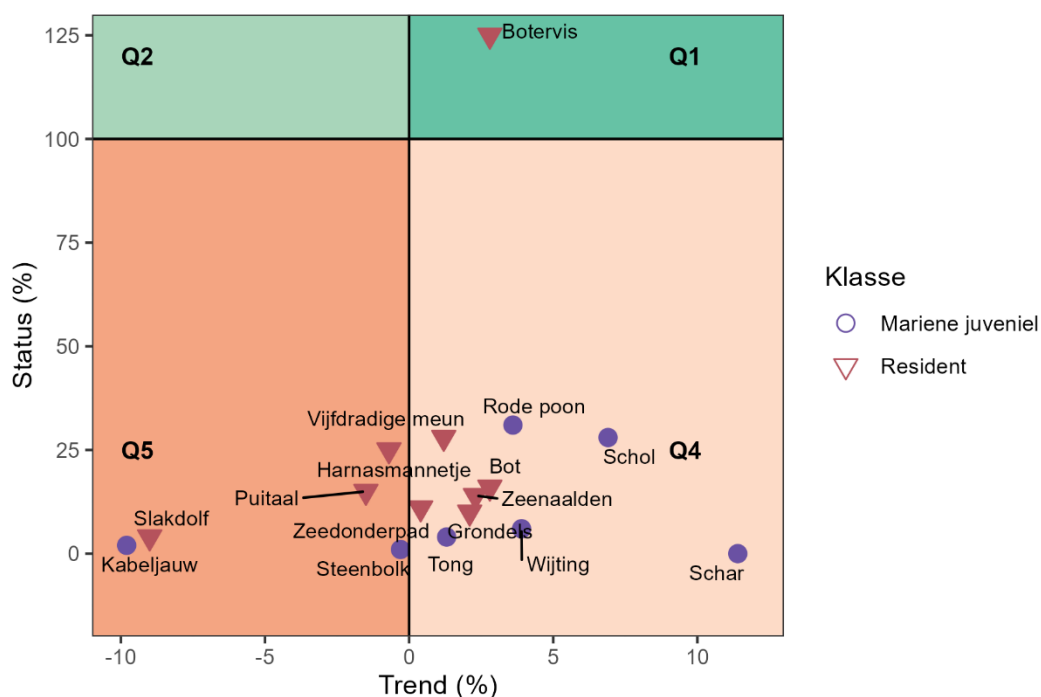
5.3.5 Samenvatting, conclusies, discussie

Om een beeld te krijgen hoe de geselecteerde soorten vissen zich in het Waddengebied hebben ontwikkeld de afgelopen twaalf jaar, zijn de resultaten van de trendanalyse vanaf 2012 en de indexen ten opzichte van de referentie gecombineerd in Figuur 156 en Tabel 53. Hierbij is de index uit het laatste analysejaar gebruikt om de 'status' van de vissen ten opzichte van de referentiewaarde te bepalen (percentage ten opzichte van de referentie, met referentie als 100%). De indexcijfers van de aantalstrends voor vissen zijn gebruikt om de relatieve veranderingen (trend in % toename of afname per jaar) in aantallen per soort over de afgelopen twaalf jaar te bepalen.

Alleen de botervis heeft een Q1 indeling volgens het kwadrant (Gunstige status met positieve trend), vier soorten hebben een Q4 indeling (Ongunstige status met positieve trend), en elf soorten een Q5 indeling (Ongunstige status met negatieve/onzekere/stabiele trend).

Tabel 53. Status van vissen ten opzichte de referentiewaarde en trend over de laatste 12 jaar per soort (met 95% betrouwbaarheidsinterval), en de indeling volgens het kwadrant.

Soort	Klasse	Eenheid	Status (%)	Statusklasse	Trend (%)	Trendklasse	Kwadrant
Botervis	Resident	Aantal	125 ± 14	Gunstig	2,8 ± 0,4	Toenemend	Q1
Bot	Resident	Aantal	16 ± 5	Ongunstig	2,8 ± 1,9	Toenemend	Q4
Rode poon	Mariene juveniel	Aantal	31 ± 6	Ongunstig	3,6 ± 1,4	Toenemend	Q4
Grondels	Resident	Aantal	10 ± 3	Ongunstig	2,1 ± 1,7	Toenemend	Q4
Zeenaalden	Resident	Aantal	14 ± 6	Ongunstig	2,3 ± 1,5	Toenemend	Q4
Harnasmannetje	Resident	Aantal	25 ± 11	Ongunstig	-0,7 ± 2,4	Stabiel	Q5
Tong	Mariene juveniel	Aantal	4 ± 1	Ongunstig	1,3 ± 3,2	Stabiel	Q5
Vijfdradige meun	Resident	Aantal	28 ± 16	Ongunstig	1,2 ± 3,7	Stabiel	Q5
Puitaal	Resident	Aantal	15 ± 6	Ongunstig	-1,5 ± 3,4	Onzeker	Q5
Schar	Mariene juveniel	Aantal	0 ± 0	Ongunstig	11,4 ± 13	Onzeker	Q5
Schol	Mariene juveniel	Aantal	28 ± 17	Ongunstig	6,9 ± 5	Onzeker	Q5
Steenbolk	Mariene juveniel	Aantal	1 ± 0	Ongunstig	-0,3 ± 3,5	Onzeker	Q5
Wijting	Mariene juveniel	Aantal	6 ± 6	Ongunstig	3,9 ± 3,8	Onzeker	Q5
Zeedonderpad	Resident	Aantal	11 ± 7	Ongunstig	0,4 ± 3,6	Onzeker	Q5
Kabeljauw	Mariene juveniel	Aantal	2 ± 1	Ongunstig	-9,8 ± 7,6	Afnemend	Q5
Slakdolf	Resident	Aantal	4 ± 4	Ongunstig	-9 ± 5,1	Afnemend	Q5



Figuur 156. Waddenkwadrant van (een selectie aan) vissoorten in de Waddenzee op basis van afwijking t.o.v. referentiewaarde (status) en veranderingen over de afgelopen twaalf jaar (Trend; % per jaar). Niet ingekleurde (witte) punten geven de soorten met een onzekere (Q3) kwadrantindeling weer.

Tabel 54. Samenvatting van indicatoren voor Vissen.

Indicator	Variant	Soort	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Vissen	Marien juvenie	Kabeljauw	0.01 (0.00 – 0.02)	E	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Rode poon	0.19 (0.15 – 0.22)	E (D–E)	Onvoldoende	Toenemend	Verbeterend
		Schar	0.00 (0.00 – 0.00)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Schol	0.17 (0.07 – 0.27)	E (D–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Steenbolk	0.01 (0.00 – 0.01)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Tong	0.02 (0.01 – 0.03)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel
		Wijting	0.04 (0.01 – 0.07)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
	Resident	Bot	0.10 (0.06 – 0.13)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verbeterend
		Botervis	0.75 (0.67 – 0.83)	B (A–B)	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Grondels	0.06 (0.04 – 0.08)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verbeterend
		Harnasmannetje	0.15 (0.09 – 0.22)	E (D–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel
		Puitaal	0.09 (0.05 – 0.13)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Slakdolf	0.02 (0.01 – 0.05)	E	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Vijfdradige meun	0.17 (0.07 – 0.26)	E (D–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel
		Zeedonderpad	0.07 (0.02 – 0.11)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Zeenaalden	0.08 (0.04 – 0.12)	E	Onvoldoende	Toenemend	Verbeterend

Discussie

- De indicator is beperkt tot de data van de DFS, data van ankerkuilen en fuiken is nog niet ontsloten. Pelagische rondvissen, waaronder spiering en haring, en de diadrome vissen, waaronder de N2000-doelsoorten zeeprik, rivierprik en fint, zijn beter te vinden in deze datasets. De gebruikte soortselectie is gebaseerd op de meest geschikte monsteringsmethode (DFS) volgens de QSR Waddenzee⁹². Als de data van de fuiken en ankerkuilen beschikbaar komt, kan dit aan de indicator worden toegevoegd. Verder hebben we voor de mariene juveniele soorten nog geen onderscheid gemaakt in tussen soorten jonger dan één en oudere vissen op basis van lengteklasse⁹³. Voor sommige soorten (schol, schar, tong, en bot) is er in bepaalde jaren en op bepaalde plekken zelfs onderscheid gemaakt in leeftijd op basis van otolieten. Dit onderscheid voor trendberekeningen kan nog inzicht geven in het functioneren van de Waddenzee als kraamkamer voor vissen.
- Daarnaast is er ook nog geen ruimtelijk onderscheid gemaakt in de analyse. In de QSR Waddenzee zijn trends bijvoorbeeld berekend voor de Oostelijke en Westelijke Waddenzee, en de Eems-Dollard. Bij voldoende ruimtelijke datadekking zou dit eventueel zelfs per komberging kunnen.
- In de KRW zijn alleen voor bot en slakdolf in de Eems-Dollard referentiewaarden gedefinieerd. Voor de Waddenzee zijn geen referentiewaarden beschikbaar. Ook in de N2000 doelstellingen voor zeeprik, rivierprik, en fint zijn geen waarden gedefinieerd, alleen 'behoud' van de populatie. De maximale indexwaarden over de gehele periode zijn nu gebruikt als referentiewaarde, omdat de EKR-beoordeling met deze referentiewaarden het beste aansluit met de KRW EKR-beoordeling voor bot en slakdolf⁹⁴. Of dit voor alle soorten geldt is onzeker, in de benthische indicator soorten index (BISI)⁹⁵ worden bijvoorbeeld ook referentiewaarden aan de hand van de beschikbare data opgesteld, waarbij voor sommige benthische soorten de maximale waarden gebruikt worden, maar voor anderen juist de gemiddelde waarden. In Figuur

⁹² <https://qsr.waddensea-worldheritage.org/reports/fish>

⁹³ <https://edepot.wur.nl/583972>

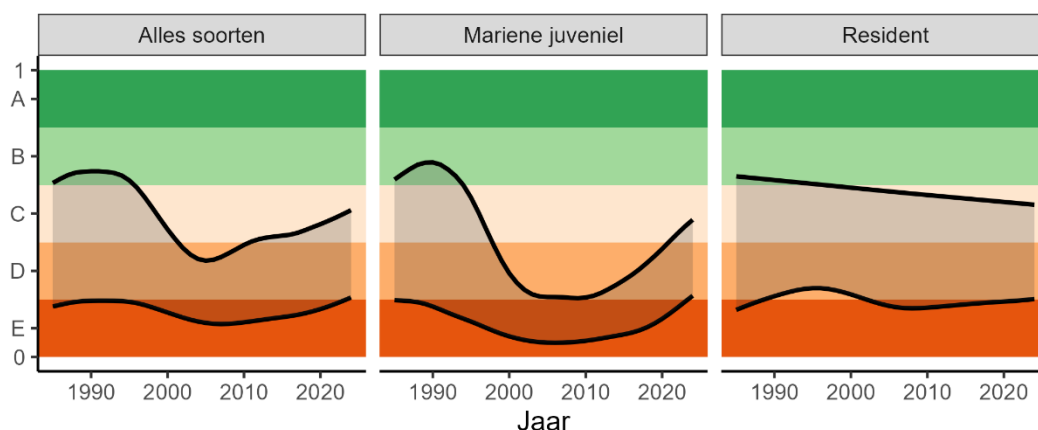
⁹⁴ <https://edepot.wur.nl/679807>

⁹⁵ <https://ecoauthor.net/wp-content/uploads/2017/10/Eindrapport-Benthos-Indicator-Noordzee-v260917.pdf>

157 is voor alle zestien soorten, de mariene juvenielen, en residente soorten geïllustreerd wat het verschil in de beoordeling kan zijn op basis van de maximale indexen (zoals gebruikt) of de gemiddelde indexen als referentiewaarde. Alle uitsplitsingen hebben bijvoorbeeld bij een gemiddelde indexwaarde als referentiewaarde een matige status in plaats van een ontoereikende status in 2024. Referentiewaarden voor vis kunnen dus nog aangescherpt worden.

Vissen - referentiewaarden

EKR



Figuur 157. EKR geschaalde indexen voor alle zestien vissoorten, mariene juveniele, en residente soorten ten opzichte van de maximale index als referentiewaarde (ondergrens), en de gemiddelde index als referentiewaarde (bovengrens), en het bereik ertussenin.

5.4 Vogels

5.4.1 Data en methodologie

Dataselectie

Aantallen vogels en aantal broedparen in het Waddengebied worden bijgehouden door Sovon en de data vanaf 1975/1980 is te downloaden⁹⁶ voor de soorten die moeten voldoen aan de instandhoudingsdoelstelling (IHD) voor N2000 gebieden⁹⁷.

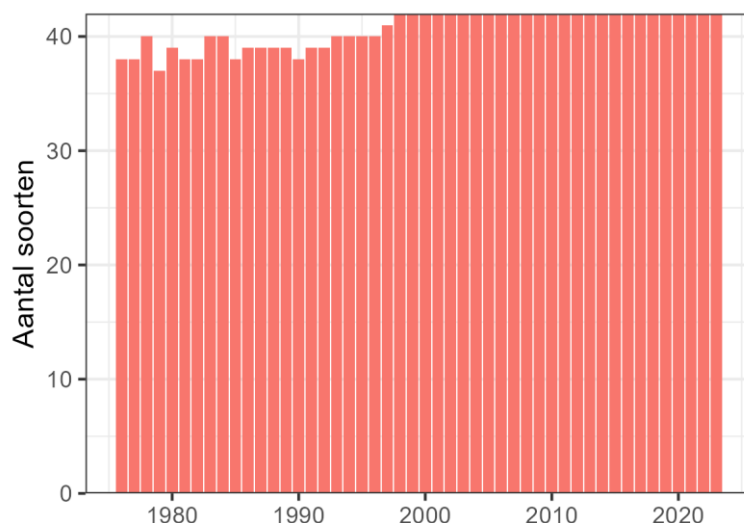
Sovon publiceert het aantal vogels per jaar (broedvogels) of per seizoen (winter- en trekvogels). Een seizoen loopt van juli tot en met juni. Bij broedvogels gaat het om het aantal broedparen, bij winter- en trekvogels om het gemiddelde maandelijkse aantal per seizoen (seiz. gem. = seizoensgemiddelde) of het maximale aantal binnen een seizoen (seiz. max. = seizoensmaximum). Deze keuze hangt samen met de wijze waarop de instandhoudingsdoelen worden uitgedrukt: bij slaappleatsen zijn dit bijvoorbeeld seizoensmaxima. In incidentele gevallen wordt alleen een aantal uit januari gepresenteerd (midwinter).

Er zijn in totaal 39 soorten waarvan aantallen worden bijgehouden en die het gebied als slaap- en/of foerageerplek gebruiken (43 soort-functie combinaties, voor de grauwe gans met als doelstelling slapen is geen data beschikbaar). Vanaf 1975/1976 worden de aantallen van de

⁹⁶ <https://stats.sovon.nl/stats/gebied/1000001>

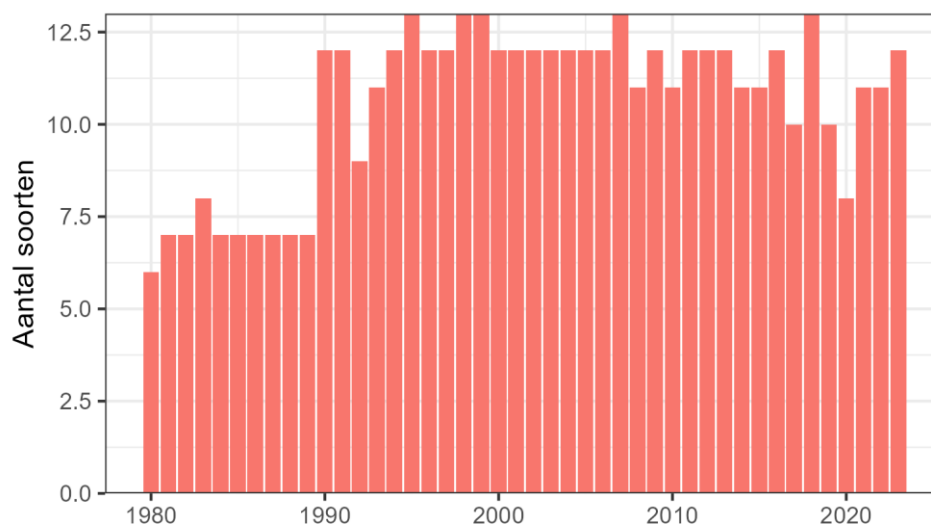
⁹⁷ <https://www.natura2000.nl/gebieden/friesland/waddenzee/waddenzee-doelstelling>

meeste soorten bijgehouden. Vanaf 1997 zijn er voor 42 soort-gebied-functie combinaties aantallen beschikbaar (Figuur 158).



Figuur 158. Aantal soorten niet-broedvogels waarvan betrouwbare aantallen zijn gemeten over de jaren.

Voor de broedvogels wordt het aantal broedparen bijgehouden (Figuur 159). Voor 6 soorten zijn vanaf 1980 betrouwbare aantallen beschikbaar en vanaf 1990 zijn er voor meer dan 10 soorten betrouwbare aantallen beschikbaar.



Figuur 159. Aantal soorten broedvogels waarvan het aantal broedparen is gemeten over de jaren.

Methodologie

Trendspotter kan worden gebruikt om de verandering in aantallen broedvogels en niet-broedvogels in beeld te brengen. Hiermee kunnen niet-lineaire trends worden gedetecteerd en geschat, waarbij ook standaardfouten en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen worden berekend op basis van een Kalman-filter (Visser *et al.*, 2004; Soldaat *et al.*, 2007).

Ook kunnen de trends geaggregeerd worden voor de verschillende groepen. Eerst zijn de aantallen per soort geïndexeerd alvorens de aggregatie kon plaatsvinden, aangezien soorten verschillende populatiegroottes kunnen hebben, en halvingen en verdubbelingen per soort

even zwaar gewogen dienen te worden. De aggregatie is gedaan voor de verschillende IHD's, en voor de IHD foerageren is er nog een uitsplitsing gedaan naar dieetklasse (Tabel 55).

Tabel 55. Indeling van vogelsoorten per IHD en dieetklasse bij IHD = foerageren.

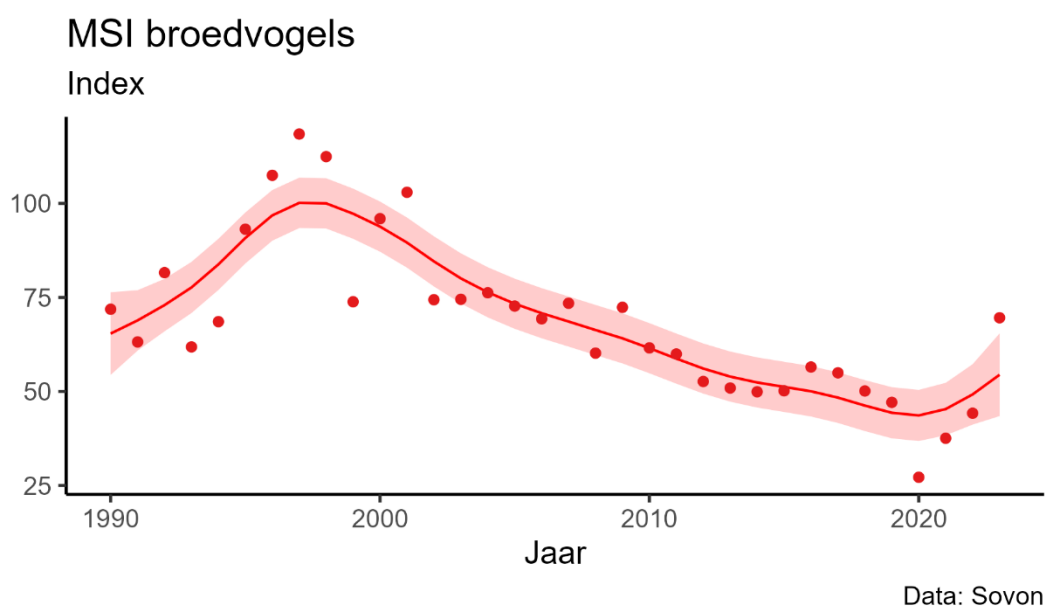
Soortnaam	IHD	Dieet	Soortnaam	IHD	Dieet
Bruine Kiekendief	Broeden	N.V.T.	Brilduiker	Foerageren	Schelpdiereters
Velduil	Broeden	N.V.T.	Eider	Foerageren	Schelpdiereters
Blauwe Kiekendief	Broeden	N.V.T.	Kanoet	Foerageren	Schelpdiereters
Eider	Broeden	N.V.T.	Scholekster	Foerageren	Schelpdiereters
Dwergstern	Broeden	N.V.T.	Topper	Foerageren	Schelpdiereters
Grote Stern	Broeden	N.V.T.	Aalscholver	Foerageren	Viseters
Kleine Mantelmeeuw	Broeden	N.V.T.	Fuut	Foerageren	Viseters
Lepelaar	Broeden	N.V.T.	Grote Zaagbek	Foerageren	Viseters
Noordse Stern	Broeden	N.V.T.	Lepelaar	Foerageren	Viseters
Visdief	Broeden	N.V.T.	Middelste Zaagbek	Foerageren	Viseters
Bontbekplevier	Broeden	N.V.T.	Krakeend	Foerageren	Waterplanteters
Kluut	Broeden	N.V.T.	Pijlstaart	Foerageren	Waterplanteters
Strandplevier	Broeden	N.V.T.	Wilde Eend	Foerageren	Waterplanteters
		Bodemdier-eters,			
Bergeend	Foerageren	gemengd dieet	Wintertaling	Foerageren	Waterplanteters
		Bodemdier-eters,			
Goudplevier	Foerageren	gemengd dieet	Bontbekplevier	Foerageren	Wormeneters
		Bodemdier-eters,			
Groenpootruiter	Foerageren	gemengd dieet	Bonte Strandloper	Foerageren	Wormeneters
		Bodemdier-eters,			
Grutto	Foerageren	gemengd dieet	Drieteenstrandloper	Foerageren	Wormeneters
		Bodemdier-eters,			
Kievit	Foerageren	gemengd dieet	Kluut	Foerageren	Wormeneters
		Bodemdier-eters,			
Slobeend	Foerageren	gemengd dieet	Krombekstrandloper	Foerageren	Wormeneters
		Bodemdier-eters,			
Steenloper	Foerageren	gemengd dieet	Rosse Grutto	Foerageren	Wormeneters
		Bodemdier-eters,			
Tureluur	Foerageren	gemengd dieet	Zilverplevier	Foerageren	Wormeneters
		Bodemdier-eters,			
Wulp	Foerageren	gemengd dieet	Grutto	Slapen	N.V.T.
		Bodemdier-eters,			
Zwarte Ruiter	Foerageren	gemengd dieet	Brandgans	Slapen	N.V.T.
Brandgans	Foerageren	Graseters	Kleine Zwaan	Slapen	N.V.T.
Grauwe Gans	Foerageren	Graseters	Rotgans	Slapen	N.V.T.
Rotgans	Foerageren	Graseters	Toendrarietgans	Slapen	N.V.T.
Smient	Foerageren	Graseters	Zwarte Stern	Slapen	N.V.T.
Slechtvalk	Foerageren	Roofvogels			

5.4.2 Trends en patronen

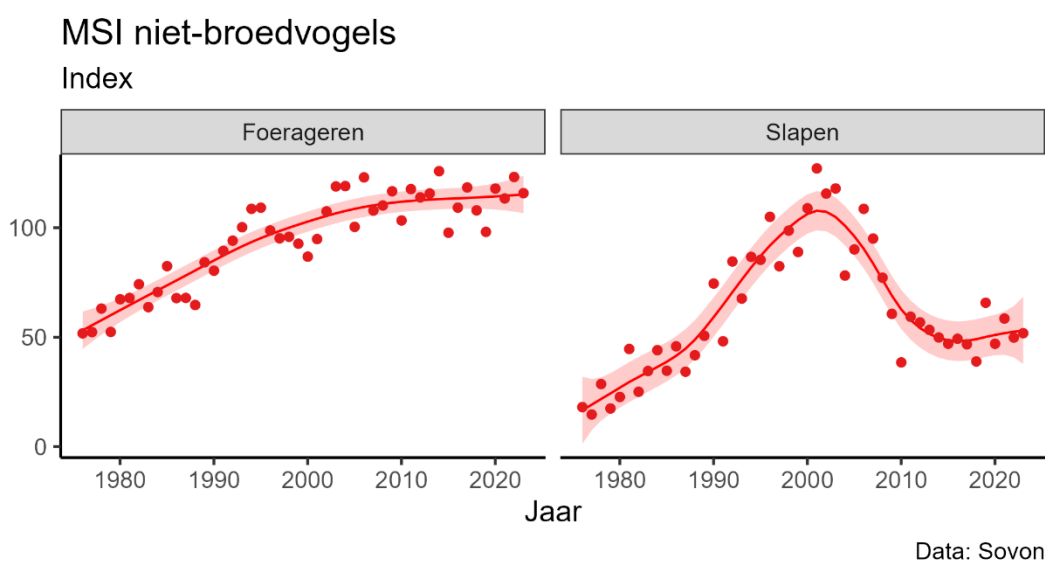
Trends van de vogels zijn gecombineerd tot verschillende MSI's, en de resultaten zijn gepresenteerd voor broedvogels in Figuur 160 en voor niet-broedvogels uitsplitst naar IHD in Figuur 161. Ook zijn er MSI's gemaakt per dieetklasse voor soorten met de IHD foerageren, waarbij er onderscheid is gemaakt tussen viseters, graseters, wormeneters, schelpdiereters, bodemdier-eters (gemengd dieet) en waterplanteters (Figuur 162). De slechtvalk is de enige soort in de groep van de roofvogels, en wordt dus niet getoond in de MSI figuren. Trends en bijbehorende trendklassen uitgesplitst per soort staan in Tabel 56, en zijn berekend voor de hele periode en de laatste twaalf jaar.

De MSI van de broedvogels laat over de gehele periode en de laatste twaalf jaar een stabiele trend zien. Daar liggen echter verschillende soort-specifieke trends onder ten grondslag (zeven afnemend, zes toenemend; Tabel 56). De MSI van de niet-broedvogels is over de gehele periode

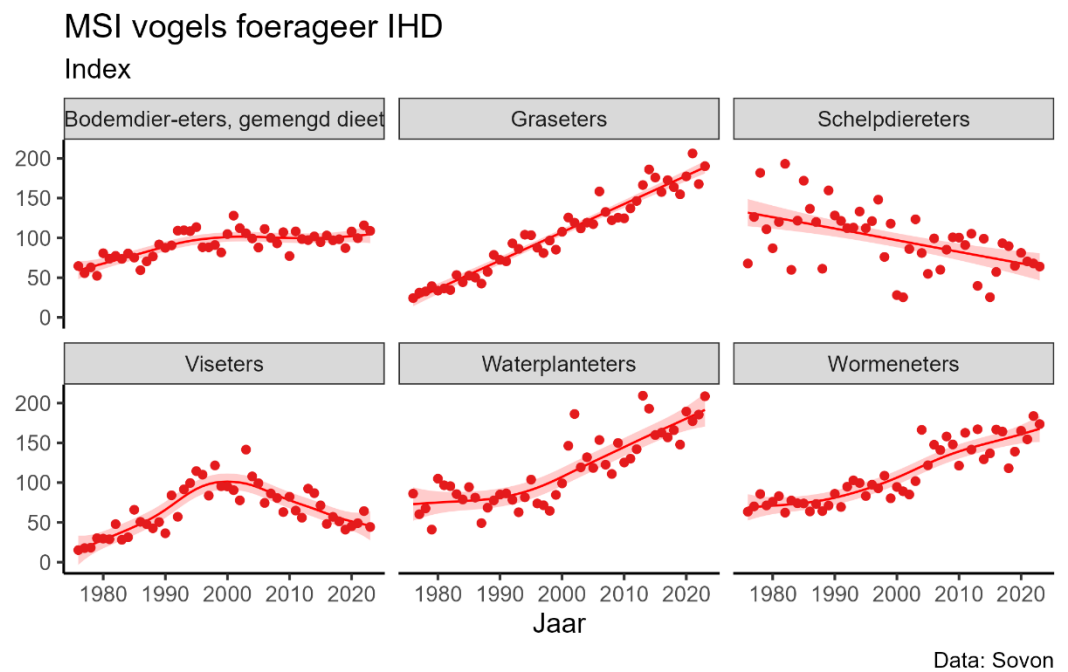
iets toegenomen, maar is de laatste twaalf jaar stabiel gebleven. De verdere uitsplitsing van soorten met een IHD foerageren naar dieetklasse laat zien dat hier binnen groepen wel verschillen zijn. Zo zijn graseters, waterplanteters en wormeneters over de gehele periode en de laatste twaalf jaar toegenomen, terwijl schelpdiereters over de gehele periode en de laatste twaalf jaar zijn afgenomen. Viseters zijn over de gehele periode toegenomen, maar laten de laatste twaalf jaar juist een afname zien. Bodemdiereters/gemengd dieet zijn ook over de gehele periode toegenomen, maar de laatste twaalf jaar stabiel gebleven (Tabel 56 en Tabel 58). In de groep van broedvogels bevinden zich bijvoorbeeld enkele kolonievogels, die kunnen zorgen voor sterkere schommelingen in het aantal broedparen. Daarom blijft het essentieel om ook de individuele trends te analyseren (Figuur 166 en Tabel 58).



Figuur 160. Index en trend (rode lijn) van de MSI voor dertien soorten broedvogels in de periode 1990–2023 in de Waddenzee. De index van de soorten is dusdanig geschaald dat de trendwaarde in 1998 op 100 gesteld is.



Figuur 161. Index en trend (rode lijn) van de MSI voor niet-broedvogels in de periode 1976–2023 in de Waddenzee, uitgesplitst naar IHD (slapen; zes soorten, foerageren; 36 soorten). De index van de soorten is dusdanig geschaald dat de trendwaarde in 1998 op 100 gesteld is.



Figuur 162. Index en trend (rode lijn) van de MSI voor vogels met een foerageer IHD in de periode 1976–2023 in de Waddenzee uitgesplitst naar dieetklasse (tien soorten bodemdiereters, gemengd dieet; vier soorten graseters; vijf soorten schelpdiereters; vijf soorten viseters; vier soorten waterplanteters; zeven soorten wormeneters). De index van de soorten is dusdanig geschaald dat de trendwaarde in 1998 op 100 gesteld is

Tabel 56 (volgende pagina). Resultaten van Trendspotter per vogelsoort en per MSI voor de periodes 1975/1980 tot 2023 en de laatste twaalf jaar met standaardfout (SE) (zie Tabel 2 en Figuur 7 voor definities trendklassen).

Soort	Functie	Dieet	Trend		Vanaf Laatste 12 jaar		
			Hele periode				
		Bodemdier-eters,					
MSI		gemengd dieet	1,2 ±	0,2 Matige toename	1976	0,4 ±	0,6 Stabiel
MSI		Graseters	4,7 ±	0,1 Matige toename	1976	2,1 ±	0,1 Matige toename
MSI		Roofvogels	0,7 ±	1,0 Stabiel	1998	-4,9 ±	1,7 Matige afname
MSI		Schelpdiereters	-1,5 ±	0,6 Matige afname	1976	-2,0 ±	0,7 Matige afname
MSI		Viseters	2,4 ±	0,9 Matige toename	1976	-4,1 ±	2,8 Matige afname
MSI		Waterplanteters	2,1 ±	0,2 Matige toename	1976	2,1 ±	0,6 Matige toename
MSI		Wormeneters	1,9 ±	0,2 Matige toename	1976	1,4 ±	0,5 Matige toename
MSI	Broeden		-0,6 ±	0,5 Stabiel	1990	-0,3 ±	1,2 Stabiel
MSI	Foerageren		1,7 ±	0,1 Matige toename	1976	0,2 ±	0,4 Stabiel
MSI	Slapen		2,5 ±	0,6 Matige toename	1976	-0,2 ±	1,9 Stabiel
Blauwe kiekendief	Broeden		-2,5 ±	0,5 Matige afname	1990	0,2 ±	1,2 Stabiel
Bruine kiekendief	Broeden		6,2 ±	0,3 Sterke toename	1981	-2,4 ±	1,0 Matige afname
Velduil	Broeden		12,0 ±	-1,2 Sterke toename	1990	-2,6 ±	5,7 Onzeker
Eider	Broeden		0,8 ±	8,0 Onzeker	1980	-4,1 ±	21,7 Onzeker
Dwergstern	Broeden		5,6 ±	0,3 Sterke toename	1980	6,1 ±	0,9 Matige toename
Grote stern	Broeden		-0,2 ±	1,2 Stabiel	1980	-4,5 ±	3,3 Matige afname
Kleine mantelmeeuw	Broeden		6,6 ±	-0,4 Sterke toename	1980	-2,0 ±	1,9 Onzeker
Lepelaar	Broeden		9,8 ±	0,2 Sterke toename	1980	0,4 ±	0,5 Stabiel
Noordse stern	Broeden		-2,3 ±	1,5 Matige afname	1990	-4,6 ±	3,2 Matige afname
Visdief	Broeden		0,1 ±	0,6 Stabiel	1980	0,9 ±	1,8 Stabiel
Bontbekplevier	Broeden		0,4 ±	0,4 Stabiel	1990	2,5 ±	0,9 Matige toename
Kluut	Broeden		-2,5 ±	0,8 Matige afname	1983	3,8 ±	2,0 Onzeker
Strandplevier	Broeden		-1,7 ±	1,4 Matige afname	1991	3,3 ±	2,8 Onzeker
		Bodemdier-eters,					
Bergeend	Foerageren	gemengd dieet	1,2 ±	0,3 Matige toename	1976	0,9 ±	0,8 Stabiel
		Bodemdier-eters,					
Goudplevier	Foerageren	gemengd dieet	1,9 ±	0,4 Matige toename	1976	1,0 ±	1,4 Stabiel
		Bodemdier-eters,					
Groenpootruiter	Foerageren	gemengd dieet	-0,2 ±	0,9 Stabiel	1976	-3,9 ±	2,6 Matige afname
		Bodemdier-eters,					
Grutto	Foerageren	gemengd dieet	3,9 ±	0,5 Matige toename	1976	4,0 ±	1,8 Matige toename
		Bodemdier-eters,					
Kievit	Foerageren	gemengd dieet	3,4 ±	0,5 Matige toename	1976	0,1 ±	1,2 Stabiel
		Bodemdier-eters,					
Slobeend	Foerageren	gemengd dieet	1,7 ±	0,4 Matige toename	1976	4,6 ±	1,4 Matige toename
		Bodemdier-eters,					
Steenloper	Foerageren	gemengd dieet	0,2 ±	0,3 Stabiel	1976	6,4 ±	1,0 Matige toename
		Bodemdier-eters,					
Tureluur	Foerageren	gemengd dieet	-0,3 ±	0,3 Stabiel	1976	0,8 ±	1,1 Stabiel
		Bodemdier-eters,					
Wulp	Foerageren	gemengd dieet	0,5 ±	0,3 Stabiel	1976	-1,9 ±	0,8 Matige afname
		Bodemdier-eters,					
Zwarte ruiter	Foerageren	gemengd dieet	-0,9 ±	2,0 Stabiel	1976	-3,9 ±	5,2 Onzeker
Brandgans	Foerageren	Graseters	6,2 ±	0,3 Sterke toename	1976	0,6 ±	1,0 Stabiel
Grauwe gans	Foerageren	Graseters	10,3 ±	0,1 Sterke toename	1976	4,8 ±	0,4 Matige toename
Rotgans	Foerageren	Graseters	1,3 ±	0,3 Matige toename	1976	-0,4 ±	0,9 Stabiel
Smient	Foerageren	Graseters	0,2 ±	0,4 Stabiel	1976	3,3 ±	1,5 Matige toename
Slechtvalk	Foerageren	Roofvogels	0,7 ±	1,0 Stabiel	1998	-4,9 ±	1,7 Matige afname
Brilduiker	Foerageren	Schelpdiereters	-2,8 ±	5,6 Matige afname	1976	-4,5 ±	1,7 Matige afname
Eider	Foerageren	Schelpdiereters	-1,7 ±	0,8 Matige afname	1978	-2,3 ±	0,8 Matige afname
Kanoet	Foerageren	Schelpdiereters	0,3 ±	0,8 Stabiel	1976	-2,5 ±	2,7 Onzeker
Scholekster	Foerageren	Schelpdiereters	-1,3 ±	0,3 Matige afname	1976	-1,8 ±	1,0 Matige afname
Topper	Foerageren	Schelpdiereters	-2,4 ±	5,7 Matige afname	1976	-2,3 ±	6,2 Onzeker
Aalscholver	Foerageren	Viseters	6,8 ±	-0,3 Sterke toename	1976	-2,0 ±	1,4 Stabiel
Fuut	Foerageren	Viseters	-0,3 ±	7,0 Onzeker	1977	-3,9 ±	21,8 Onzeker
Grote zaagbek	Foerageren	Viseters	-12,5 ±	0,6 Matige afname	1976	-35,9 ±	5,5 Sterke afname
Lepelaar	Foerageren	Viseters	8,8 ±	0,1 Sterke toename	1976	5,3 ±	0,4 Matige toename
Middelste zaagbek	Foerageren	Viseters	-1,5 ±	3,9 Matige afname	1976	0,2 ±	7,6 Onzeker
Krakeend	Foerageren	Waterplanteters	7,6 ±	0,1 Sterke toename	1976	9,4 ±	0,4 Sterke toename
Pijlstaart	Foerageren	Waterplanteters	1,5 ±	0,3 Matige toename	1976	2,1 ±	1,0 Matige toename
Wilde eend	Foerageren	Waterplanteters	-1,0 ±	0,8 Matige afname	1976	-4,4 ±	2,3 Matige afname
Wintertaling	Foerageren	Waterplanteters	-0,1 ±	0,3 Stabiel	1976	2,1 ±	1,1 Stabiel
Bontbekplevier	Foerageren	Wormeneters	3,4 ±	0,2 Matige toename	1976	4,9 ±	0,7 Matige toename
Bonte strandloper	Foerageren	Wormeneters	0,8 ±	0,2 Matige toename	1976	1,1 ±	0,6 Stabiel
Drieteenstrandloper	Foerageren	Wormeneters	3,8 ±	0,2 Matige toename	1976	3,2 ±	0,6 Matige toename
Kluut	Foerageren	Wormeneters	0,1 ±	0,3 Stabiel	1976	-1,3 ±	1,1 Stabiel
Krombekstrandloper	Foerageren	Wormeneters	2,3 ±	1,7 Stabiel	1976	1,4 ±	1,2 Stabiel
Rosse grutto	Foerageren	Wormeneters	1,2 ±	0,2 Matige toename	1976	0,1 ±	0,7 Stabiel
Zilverplevier	Foerageren	Wormeneters	2,2 ±	0,2 Matige toename	1976	0,8 ±	0,5 Stabiel
Grutto	Slapen		2,0 ±	0,6 Matige toename	1976	1,4 ±	0,6 Matige toename
Brandgans	Slapen		5,8 ±	0,2 Sterke toename	1976	0,1 ±	0,7 Stabiel
Kleine zwaan	Slapen		1,1 ±	7,5 Onzeker	1976	-8,4 ±	19,5 Onzeker
Rotgans	Slapen		0,9 ±	0,5 Stabiel	1976	-2,0 ±	1,6 Onzeker
Teendrarietgans	Slapen		8,7 ±	0,4 Sterke toename	1976	2,3 ±	0,5 Matige toename
Zwarte stern	Slapen		-9,1 ±	5,6 Matige afname	1992	0,6 ±	24,1 Onzeker

5.4.3 Referentiewaarden

De referentiewaarden waaraan de aantallen/broedparen getoetst zijn, zijn afkomstig van de IHD voor de Waddenzee van N2000⁹⁷. Referentiewaarden omvatten aantal broedparen, en de gemiddelde of maximale aantallen van niet-broedvogels. Voor de toendrarietgans was er geen exacte referentiewaarde, maar 'behoud' opgegeven, dus is hiervoor de trendwaarde uit 2009 gebruikt. Dit was het jaar waarin de N2000-doelen werden opgesteld. Voor soorten waar een range voor is opgegeven is de ondergrens genomen als referentiewaarde. Een overzicht van de IHD volgens N2000 is te vinden in Tabel 57, met een toegevoegde uitsplitsing naar dieet. Indien er bij dieet niets is ingevuld, is de soort niet meegenomen in de indicator.

Om de data te schalen en per dieetklasse/type een indicator te kunnen berekenen, wordt gebruik gemaakt van de ecologische kwaliteitsratio (EKR, zie paragraaf 2.3.3), die varieert tussen 0 (laagste kwaliteit) tot 1 (hoogste kwaliteit), ingedeeld in 5 klassen A (hoogste) tot E (laagst). De IHD grenswaarden uit Tabel 57 vertalen zich hierbij naar een EKR waarde van 0,6, de grens tussen klassen B en C.

Na het berekenen van de EKR-waarden en een eventuele aggregatie, wordt de trend bepaald met Trendspotter.

Tabel 57. Instandhoudingsdoelstelling (IHD) per soort⁹⁷, met uitsplitsing naar dieet, in aantal broedparen (broedvogels) en aantal individuen (niet-broedvogels) (Bron: Natura2000).

Soort	Instandhoudingsdoelstelling voor			Dieet	Aantal in	IHD grenswaarde
	Broedplaats	Foerageergebied	Slaap en rustplaats			Good-Moderate
Blauwe Kiekendief	x			N.V.T	broedparen	3
Bontbekplevier	x			N.V.T	broedparen	60
Bruine Kiekendief	x			N.V.T	broedparen	30
Dwergstern	x			N.V.T	broedparen	200
Eidereend	x			N.V.T	broedparen	5.000
Grote Stern	x			N.V.T	broedparen	16.000
Kleine Mantelmeeuw	x			N.V.T	broedparen	19.000
Kluut	x			N.V.T	broedparen	3.800
Lepelaar	x			N.V.T	broedparen	430
Noordse Stern	x			N.V.T	broedparen	1.500
Strandplevier	x			N.V.T	broedparen	50
Velduil	x			N.V.T	broedparen	5
Visdief	x			N.V.T	broedparen	5.300
Eidereend		x		Schelpdieren	midwinter	90.000–115.000
Bergeend		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	38.400
Goudplevier		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	19.200
Groenpootruiter		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	1.900
Grutto		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	1.100
Kievit		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	10.800
Slobeend		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	750
Steenloper		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	2.300–3.000
Tureluur		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	16.500
Wulp		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	96.200
Zwarte Ruiter		x		Bodemdier-eter	seiz.gem.	1.200
Brandgans		x		Graseter	seiz.gem.	36.800
Grauwe Gans		x		Graseter	seiz.gem.	7.000
Rotgans		x		Graseter	seiz.gem.	26.400
Smient		x		Graseter	seiz.gem.	33.100
Brilduiker		x		Schelpdiereter	seiz.gem.	100
Kanoet		x		Schelpdiereter	seiz.gem.	44.400
Scholekster		x		Schelpdiereter	seiz.gem.	140.000–160.000
Topper		x		Schelpdiereter	seiz.gem.	3.100
Aalscholver		x		Viseter	seiz.gem.	4.200
Fuut		x		Viseter	seiz.gem.	310
Grote Zaagbek		x		Viseter	seiz.gem.	70
Lepelaar		x		Viseter	seiz.gem.	520
Middelste Zaagbek		x		Viseter	seiz.gem.	150
Krakeend		x		Waterplanteter	seiz.gem.	320
Pijlstaart		x		Waterplanteter	seiz.gem.	5.900
Wilde Eend		x		Waterplanteter	seiz.gem.	25.400
Wintertaling		x		Waterplanteter	seiz.gem.	5.000
Bontbekplevier		x		Wormeneter	seiz.gem.	1.800
Bonte Strandloper		x		Wormeneter	seiz.gem.	206.000
Drieteenstrandloper		x		Wormeneter	seiz.gem.	3.700
Kluut		x		Wormeneter	seiz.gem.	6.700
Rosse Grutto		x		Wormeneter	seiz.gem.	54.400
Zilverplevier		x		Wormeneter	seiz.gem.	22.300
Krombekstrandloper		x		Wormeneter	seiz.max.	2.000
Slechtvalk		x		Roofvogel	seiz.max.	40
Kleine Zwaan			x	N.V.T	seiz.max.	1.600
Toendrarietgans			x	N.V.T	seiz.max.	behoud
Zwarte Stern			x	N.V.T	seiz.max.	23.000
Rotgans			x	N.V.T	seiz.max.	26.400
Brandgans			x	N.V.T	seiz.max.	36.800
Grutto			x	N.V.T	seiz.max.	1.100

5.4.4 Indicator

In het berekenen van EKR indicatoren is er dus onderscheid gemaakt in de verschillende IHD's, waaronder broeden, slapen en foerageren (Figuur 163). Vogels met een IHD slapen of foerageren laten over het algemeen een verbetering zien sinds 1980 met een goede status in 2023. Vogels met een IHD broeden hebben vrijwel de gehele periode gemiddeld een matige status.

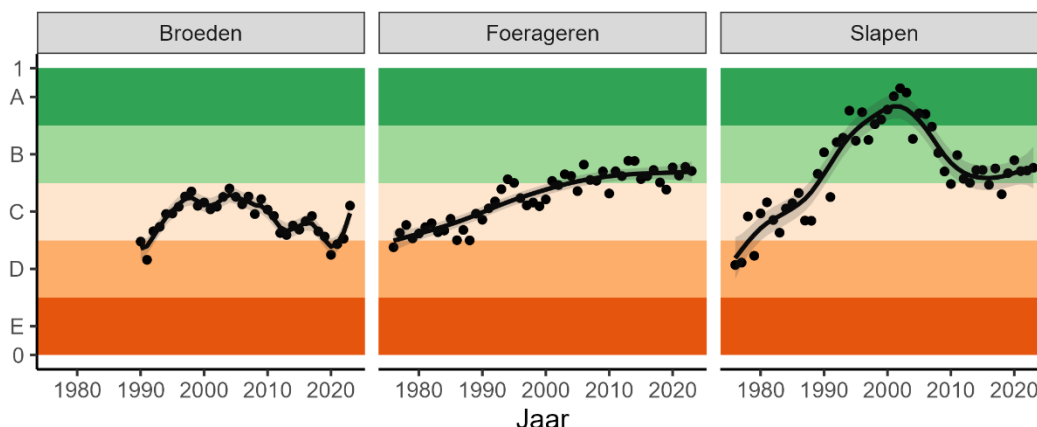
De EKR uitsplitsing naar dieet voor vogels met foerageren als IHD laat verschillende patronen zien (Figuur 164), waarbij de wormeneters, waterplanteters en bodemdier-eters/gemengd dieet de

laatste jaren een goede status hebben, en graseters zelfs een zeer goede status. Schelpdiereters en viseters zijn afgenomen en hebben de laatste jaren een matige status.

EKR waarden van alle soorten vogels zijn gecombineerd tot één vogel indicator voor de Waddenzee in Figuur 165 voor 1990-2023, met een matig/goede grensstatus de laatste jaren. Onder deze gecombineerde indicator liggen de soort-specifieke ontwikkelingen ten opzichte van de respectievelijke IHD's. De status van individuele soorten is te vinden in Tabel 58.

Vogels IHD

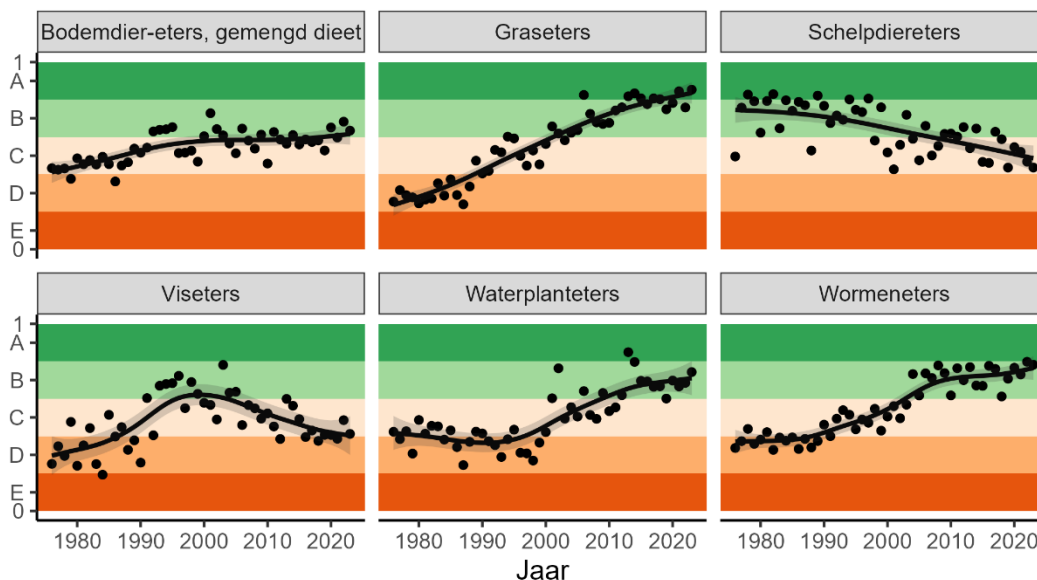
EKR



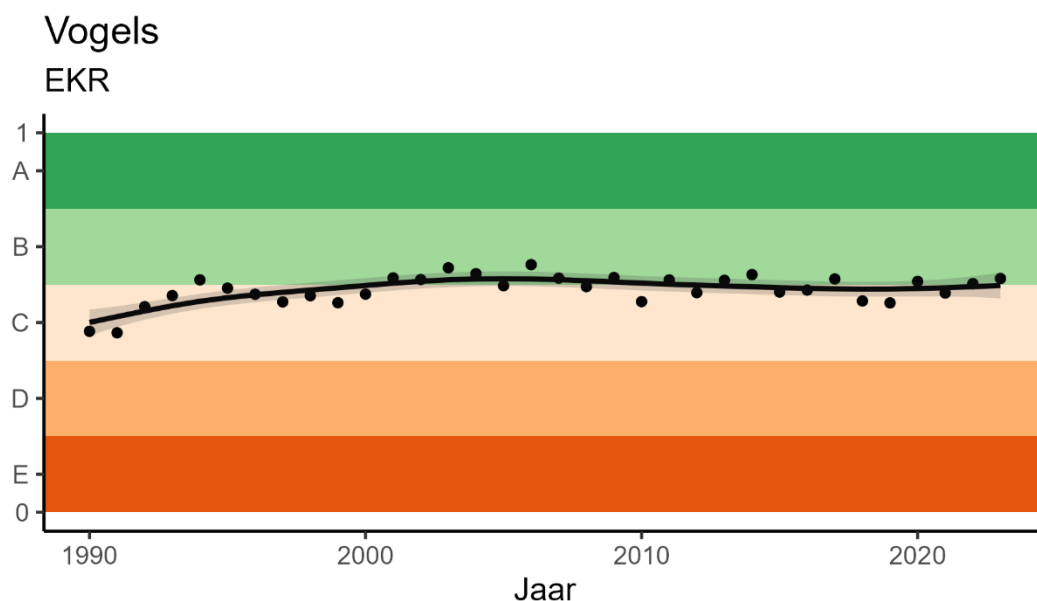
Figuur 163. EKR geschaalde trend voor vogels uitgesplitst naar IHD ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1976-2023 in de Waddenzee (dertien soorten broedvogels; zes soorten IHD slapen, en 36 soorten IHD broeden).

Vogels foerageer IHD

EKR



Figuur 164. EKR geschaalde trend van niet-broedvogelaantallen met als IHD foerageren uitgesplitst naar dieetklasse (tien soorten bodemdiereters, gemengd dieet; vier soorten graseters; vijf soorten schelpdiereters; vijf soorten viseters; vier soorten waterplanteters; zeven soorten wormeneters) ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1976-2023 in de Waddenzee.



Figuur 165. EKR geschaalde trend van aantal broedparen en niet-broedvogelaantallen gecombineerd ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1990-2023 in de Waddenzee.

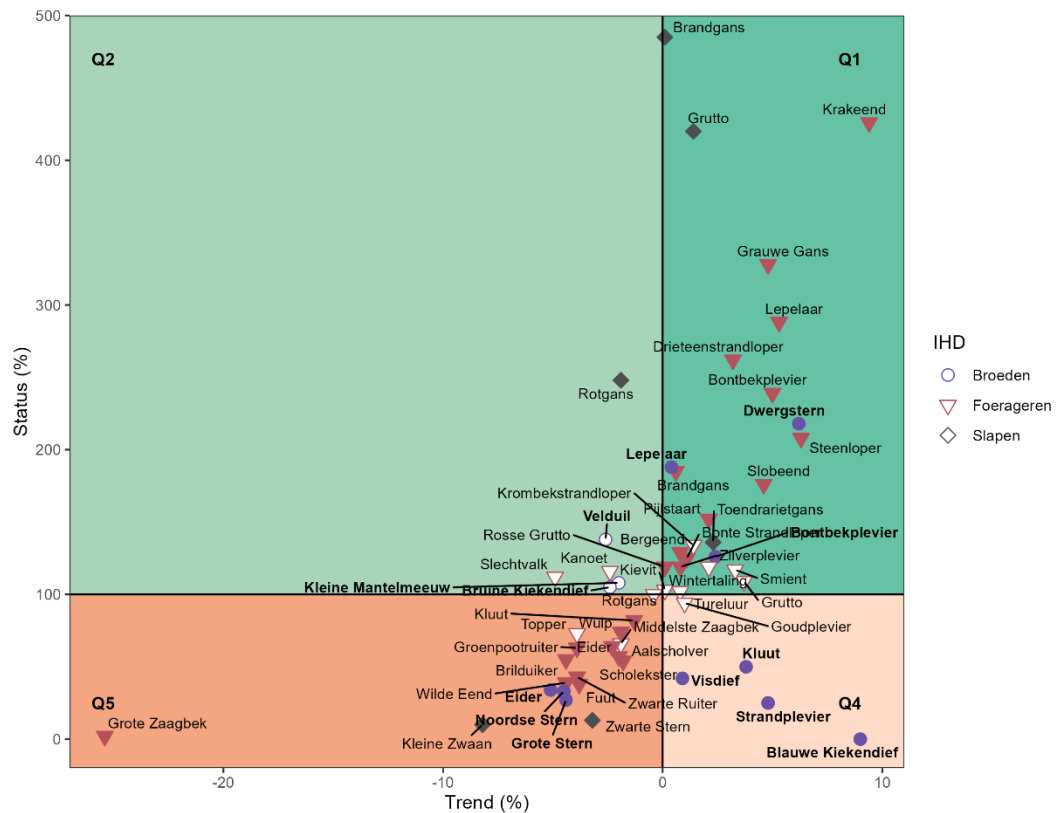
5.4.5 Samenvatting, conclusies, discussie

Om een beeld te krijgen hoe de geselecteerde soorten vogels zich in het Waddengebied hebben ontwikkeld de afgelopen twaalf jaar, zijn de resultaten van de trendanalyse en de trendwaarde ten opzichte van de referentie gecombineerd in Figuur 166 en in Tabel 58. Hierbij is de trendwaarde (Trendspotter) uit het laatste analysejaar gebruikt om de 'status' van de vogels ten opzichte van de referentiewaarde te bepalen (percentage ten opzichte van de referentie, met referentie als 100%). De aantalstrends voor vogels zijn gebruikt om de relatieve veranderingen (trend in % toename of afname per jaar) over de afgelopen twaalf jaar per soort te bepalen (Tabel 56).

Er zijn in totaal twintig soort-functie combinaties met een Q1 indeling volgens het kwadrant (gunstige status met een positieve/stabiele/onzekere trend), één combinatie met de indeling Q4 (ongunstige status met positieve trend), negentien met een Q5 indeling (ongunstige status met een negatieve/stabiele/onzekere trend), en vijftien met een onzekere Q3 indeling, met een status rondom de referentiewaarde.

Tabel 58 (volgende pagina). Status van de aantallen vogels/broedparen uit 2023 ten opzichte de referentiewaarde en trend over de laatste twaalf jaar per soort (met 95% betrouwbaarheidsinterval) en de indeling volgens het kwadrant.

Soort	IHD	Dieet	Eenheid	Status (%)	Statusklasse	Trend (%)	Trendklasse	Kwadrant
Bontbekplevier	Foerageren	Wormeneters	Aantal	239 ±	28 Gunstig	5 ±	1,2 Toenemend	Q1
Bonte Strandloper	Foerageren	Wormeneters	Aantal	125 ±	11 Gunstig	1,1 ±	1 Toenemend	Q1
Drieteenstrandloper	Foerageren	Wormeneters	Aantal	262 ±	26 Gunstig	3,2 ±	1,1 Toenemend	Q1
Gauwe Gans	Foerageren	Graseters	Aantal	328 ±	23 Gunstig	4,8 ±	0,8 Toenemend	Q1
Grutto	Slapen	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	420 ±	107 Gunstig	1,4 ±	1,2 Toenemend	Q1
Krakeend	Foerageren	Waterplanteters	Aantal	426 ±	25 Gunstig	9,4 ±	0,7 Toenemend	Q1
Lepelaar	Foerageren	Viseters	Aantal	288 ±	18 Gunstig	5,3 ±	0,7 Toenemend	Q1
Pijlstaart	Foerageren	Waterplanteters	Aantal	152 ±	26 Gunstig	2,1 ±	1,7 Toenemend	Q1
Slobeend	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	176 ±	36 Gunstig	4,6 ±	2,1 Toenemend	Q1
Steenloper	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	208 ±	32 Gunstig	6,3 ±	1,6 Toenemend	Q1
Toendrarietgans	Slapen	Graseters	Aantal	136 ±	23 Gunstig	2,3 ±	0,8 Toenemend	Q1
Bontbekplevier	Broeden	Wormeneters	Aantal	126 ±	22 Gunstig	2,4 ±	1,7 Toenemend	Q1
Dwergstern	Broeden	Viseters	Aantal	218 ±	30 Gunstig	6,2 ±	1,5 Toenemend	Q1
Bergeend	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	129 ±	19 Gunstig	0,8 ±	1,4 Stabiel	Q1
Brandgans	Foerageren	Graseters	Aantal	185 ±	28 Gunstig	0,6 ±	1,5 Stabiel	Q1
Brandgans	Slapen	Graseters	Aantal	485 ±	59 Gunstig	0,1 ±	1,2 Stabiel	Q1
Rosse Grutto	Foerageren	Wormeneters	Aantal	119 ±	14 Gunstig	0,1 ±	1,2 Stabiel	Q1
Rotgans	Slapen	Graseters	Aantal	248 ±	61 Gunstig	-1,9 ±	2,4 Stabiel	Q1
Zilverplevier	Foerageren	Wormeneters	Aantal	119 ±	11 Gunstig	0,8 ±	0,9 Stabiel	Q1
Lepelaar	Broeden	Viseters	Aantal	188 ±	15 Gunstig	0,4 ±	0,9 Stabiel	Q1
Grutto	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	109 ±	29 Onzeker	3,7 ±	2,7 Toenemend	Q3
Smient	Foerageren	Graseters	Aantal	117 ±	27 Onzeker	3,3 ±	2,3 Toenemend	Q3
Kievit	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	103 ±	24 Onzeker	0,1 ±	1,9 Stabiel	Q3
Krombekstrandloper	Foerageren	Wormeneters	Aantal	134 ±	51 Onzeker	1,4 ±	1,9 Stabiel	Q3
Tureluur	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	102 ±	18 Onzeker	0,8 ±	1,7 Stabiel	Q3
Wintertaling	Foerageren	Waterplanteters	Aantal	119 ±	22 Onzeker	2,1 ±	1,7 Stabiel	Q3
Kanoet	Foerageren	Schelpdiereters	Aantal	116 ±	44 Onzeker	-2,4 ±	3,3 Onzeker	Q3
Kleine Mantelmeeuw	Broeden	Viseters	Aantal	108 ±	31 Onzeker	-2 ±	2,6 Onzeker	Q3
Velduil	Broeden	Roofvogels	Aantal	138 ±	86 Onzeker	-2,6 ±	5 Onzeker	Q3
Slechtvalk	Foerageren	Roofvogels	Aantal	112 ±	28 Onzeker	-4,9 ±	2,3 Afnemend	Q3
Bruine Kiekendief	Broeden	Roofvogels	Aantal	105 ±	16 Onzeker	-2,4 ±	1,6 Afnemend	Q3
Goudplevier	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	94 ±	20 Onzeker	1 ±	2,1 Stabiel	Q3
Rotgans	Foerageren	Graseters	Aantal	100 ±	15 Onzeker	-0,4 ±	1,5 Stabiel	Q3
Middelste Zaagbek	Foerageren	Viseters	Aantal	66 ±	52 Onzeker	-1,9 ±	5,9 Onzeker	Q3
Topper	Foerageren	Schelpdiereters	Aantal	73 ±	97 Onzeker	-3,9 ±	4,8 Onzeker	Q3
Kluut	Broeden	Wormeneters	Aantal	50 ±	14 Ongunstig	3,8 ±	2,8 Toenemend	Q4
Aalscholver	Foerageren	Viseters	Aantal	57 ±	14 Ongunstig	-2 ±	2,2 Stabiel	Q5
Kluut	Foerageren	Wormeneters	Aantal	82 ±	15 Ongunstig	-1,3 ±	1,8 Stabiel	Q5
Visdief	Broeden	Viseters	Aantal	42 ±	11 Ongunstig	0,9 ±	2,6 Stabiel	Q5
Fuut	Foerageren	Viseters	Aantal	38 ±	40 Ongunstig	-3,8 ±	7,4 Onzeker	Q5
Kleine Zwaan	Slapen	Graseters	Aantal	10 ±	60 Ongunstig	-8,2 ±	19,1 Onzeker	Q5
Zwarte Ruiter	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	43 ±	26 Ongunstig	-3,9 ±	4,9 Onzeker	Q5
Zwarte Stern	Slapen	Viseters	Aantal	13 ±	67 Ongunstig	-3,2 ±	18,8 Onzeker	Q5
Eider	Broeden	Schelpdiereters	Aantal	34 ±	43 Ongunstig	-5,1 ±	7,7 Onzeker	Q5
Strandplevier	Broeden	Wormeneters	Aantal	25 ±	11 Ongunstig	4,8 ±	4,1 Onzeker	Q5
Blauwe Kiekendief	Broeden	Roofvogels	Aantal	0 ±	22 Ongunstig	9 ±	74,3 Onzeker	Q5
Brilduiker	Foerageren	Schelpdiereters	Aantal	55 ±	35 Ongunstig	-4,4 ±	2,5 Afnemend	Q5
Eider	Foerageren	Schelpdiereters	Aantal	64 ±	17 Ongunstig	-2,3 ±	1,3 Afnemend	Q5
Groenpootruiter	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	63 ±	25 Ongunstig	-3,9 ±	3,3 Afnemend	Q5
Grote Zaagbek	Foerageren	Viseters	Aantal	2 ±	48 Ongunstig	-25,4 ±	19,3 Afnemend	Q5
Scholekster	Foerageren	Schelpdiereters	Aantal	54 ±	8 Ongunstig	-1,8 ±	1,5 Afnemend	Q5
Wilde Eend	Foerageren	Waterplanteters	Aantal	39 ±	14 Ongunstig	-4,4 ±	3 Afnemend	Q5
Wulp	Foerageren	Bodemdier-eters, gemengd dieet	Aantal	74 ±	11 Ongunstig	-1,9 ±	1,4 Afnemend	Q5
Grote Stern	Broeden	Viseters	Aantal	27 ±	12 Ongunstig	-4,4 ±	3,7 Afnemend	Q5
Noordse Stern	Broeden	Viseters	Aantal	33 ±	15 Ongunstig	-4,5 ±	3,8 Afnemend	Q5



Figuur 166. Waddenkwadrant van (een selectie aan) vogels in de Waddenzee op basis van afwijking t.o.v. referentiewaarde (status) en veranderingen over de afgelopen twaalf jaar (Trend; % per jaar). De namen van de broedvogels zijn vetgedrukt. Niet ingekleurde (witte) punten geven de soorten met een onzekere (Q3) kwadrantindeling weer.

Tabel 59. Samenvatting van indicatoren voor Vogels.

Indicator	Variant	Soort	Toestand (laatste jaar)		interpretatie	Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse		beoordeling	interpretatie
Vogels (Broeden)	Schelpdiereters	Eider	0.20 (0.00 – 0.46)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Wormeneters	0.76 (0.62 – 0.89)	B (A–B)	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	Viseters	Kluut	0.30 (0.22 – 0.38)	D	Onvoldoende	Toenemend	Verbeterend
		Strandplevier	0.15 (0.08 – 0.22)	E (D–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Dwergstern	1.31 (1.13 – 1.49)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Grote Stern	0.16 (0.09 – 0.23)	E (D–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
	Roofvogels	Kleine Mantelmeeuw	0.65 (0.46 – 0.83)	B (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Lepelaar	1.13 (1.03 – 1.22)	A	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Noordse Stern	0.20 (0.11 – 0.29)	E (D–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Visdief	0.25 (0.19 – 0.32)	D (D–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel
	Roofvogels	Blauwe Kiekendief	0.00 (0.00 – 0.13)	E	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Bruine Kiekendief	0.63 (0.53 – 0.73)	B (B–C)	Onzeker	Afnemend	Verslechterend
		Velduil	0.83 (0.31 – 1.34)	A (A–D)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
Vogels (Foerageren)	Graseters	Brandgans	1.11 (0.94 – 1.28)	A	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Gauwe Gans	1.97 (1.84 – 2.11)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Rotgans	0.60 (0.50 – 0.69)	B (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
		Smient	0.70 (0.55 – 0.86)	B (A–C)	Onzeker	Toenemend	Verbeterend
	Waterplanteters	Krakeend	2.56 (2.41 – 2.71)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Pijlstaart	0.91 (0.76 – 1.07)	A (A–B)	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Wilde Eend	0.23 (0.15 – 0.32)	D (D–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Wintertaling	0.71 (0.58 – 0.85)	B (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
	Bodemdier-eters gemengd dieet	Bergeend	0.77 (0.65 – 0.89)	B (A–B)	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Goudplevier	0.56 (0.44 – 0.68)	C (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
		Groenpootruiter	0.38 (0.23 – 0.53)	D (C–D)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Grutto	0.65 (0.47 – 0.83)	B (A–C)	Onzeker	Toenemend	Verbeterend
		Kievit	0.62 (0.47 – 0.76)	B (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
		Slobeend	1.06 (0.83 – 1.27)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Steenloper	1.25 (1.05 – 1.44)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Tureluur	0.61 (0.51 – 0.72)	B (B–C)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
		Wulp	0.44 (0.38 – 0.51)	C (C–D)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Zwarte Ruiter	0.26 (0.10 – 0.41)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
	Schelpdiereters	Brilduiker	0.33 (0.12 – 0.54)	D (C–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Eider	0.38 (0.28 – 0.49)	D (C–D)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Kanoet	0.70 (0.44 – 0.96)	B (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Scholekster	0.32 (0.27 – 0.37)	D	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
	Wormeneters	Topper	0.44 (0.00 – 1.02)	C (A–E)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Bontbekplevier	1.43 (1.27 – 1.60)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Bonte Strandloper	0.75 (0.68 – 0.82)	B (A–B)	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Drieteenstrandloper	1.57 (1.42 – 1.73)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Kluut	0.49 (0.40 – 0.58)	C (C–D)	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel
		Krombekstrandloper	0.80 (0.50 – 1.11)	A (A–C)	Onzeker	GeenTrend	Stabiel
	Viseters	Rosse Grutto	0.71 (0.63 – 0.80)	B	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Zilverplevier	0.71 (0.64 – 0.78)	B	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Aalscholver	0.34 (0.26 – 0.43)	D (C–D)	Onvoldoende	GeenTrend	Stabiel
		Fuut	0.23 (0.00 – 0.47)	D (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Grote Zaagbek	0.01 (0.00 – 0.30)	E (D–E)	Onvoldoende	Afnemend	Verslechterend
		Lepelaar	1.73 (1.63 – 1.84)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	Roofvogels	Middelste Zaagbek	0.40 (0.08 – 0.71)	D (B–E)	Onzeker	GeenTrend	Onzeker
		Slechtvalk	0.67 (0.50 – 0.84)	B (A–C)	Onzeker	Afnemend	Verslechterend
Vogels (Slapen)	Graseters	Brandgans	2.91 (2.56 – 3.26)	A	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Kleine Zwaan	0.06 (0.00 – 0.42)	E (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker
		Rotgans	1.49 (1.12 – 1.85)	A	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Toendrarietgans	0.82 (0.68 – 0.95)	A (A–B)	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	Bodemdier / gemengd	Grutto	2.52 (1.87 – 3.16)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	Viseters	Zwarte Stern	0.08 (0.00 – 0.48)	E (C–E)	Onvoldoende	GeenTrend	Onzeker

Discussie

- Idealiter wordt broedsucces nog in deze indicator opgenomen, waarbij het aantal vliegvlugge jongen per broedpaar is bepaald voor dezelfde soorten broedvogels in de Waddenzee. De data was helaas niet op tijd beschikbaar voor het rapport.
- Op dit moment is alleen dieetklasse uitgesplitst voor vogels met als IHD foerageren. Hierdoor is het aantal soorten in sommige categorieën (zoals roofvogels) erg beperkt. Dit zou nog uitgebreid kunnen worden. Data van broedvogels en niet-broedvogels is niet gecombineerd omdat aantallen en aantal broedparen niet helemaal vergelijkbaar zijn. Metingen vinden bijvoorbeeld in verschillende seizoenen plaats, waardoor metingen van broedvogelaantallen niet representatief zijn voor (voedsel)condities buiten het broedseizoen.
- Instandhoudingsdoelen dienen voor iedere soort-functie combinatie gehaald te worden, waardoor het belangrijk blijft om dit ook per soort-functie combinatie te evalueren.

5.5 Zeezoogdieren

In de Waddenzee komen drie soorten zeezoogdieren voor: gewone en grijze zeehonden, en bruinvissen. Hoewel in de Duitse en Deense Waddenzee een eigen populatie bruinvissen voorkomt⁹⁸, is dat in de Nederlandse Waddenzee niet het geval. In de Staat van de Waddenzee kijken we daarom enkel naar toestand en trends van beide soorten zeehonden.

5.5.1 Data en methodologie

Dataselectie

Gewone zeehonden maken deel uit van de Waddenzee populatie (die tevens de grootste is van de Noordzee) en worden als zodanig in samenwerking met Duitsland en Denemarken geteld. Grijze zeehonden maken deel uit van een Noordzee populatie waarvan verreweg de meeste dieren in het Verenigd Koninkrijk (VK) geteld worden. Sinds ~1980 zijn de dieren vanuit het VK de continentale kusten gaan koloniseren. Omdat er zoveel uitwisseling is, is het moeilijk de populatie dynamiek hier los van te zien.

Monitoring van deze twee soorten zeehonden in de Waddenzee wordt elk jaar uitgevoerd door WMR middels vliegtuigtellingen⁹⁹. De tellingen vinden plaats sinds 1960, waarbij de grijze zeehond voor het eerst is gezien in 1979. Vanaf 1974 vindt er regelmatige monitoring per vliegtuig plaats, grijze zeehonden werden tussen 1980 en 2000, per boot geteld.

Hierbij worden voor de internationale Waddenzee de aantallen volwassen zeehonden geteld in de verharingsperiode, voor gewone en grijze zeehonden respectievelijk in augustus en in maart/april. Deze aantallen worden gebruikt als index voor de totaal aanwezige dieren. Tijdens de zoogperiode worden ook zeehonden geteld. Daarbij wordt het aantal pups als index voor de pupproductie gebruikt. Bij gewone zeehonden wordt dit in juni/juli bepaald, voor de grijze zeehonden is dit december/januari.

Data van volwassen zeehonden is te downloaden via het Compendium voor de leefomgeving¹⁰⁰, en de data van de pups wordt trilateraal gerapporteerd¹⁰¹. Data van de pups werd ook voor 2009 gerapporteerd, maar in dit rapport hebben we alleen de beschikbare data vanaf 2009 verkregen.

Methodologie

Trendspotter kan worden gebruikt om de verandering in aantallen zeehonden in beeld te brengen. Hiermee kunnen niet-lineaire trends worden gedetecteerd en geschat, waarbij ook standaardfouten en bijbehorende betrouwbaarheidsintervallen worden berekend op basis van een Kalman-filter (Visser *et al.*, 2004; Soldaat *et al.*, 2007).

Ook kunnen de trends geaggregeerd worden voor de verschillende soorten en leeftijdsgroepen. Eerst zijn de aantallen per soort geïndexeerd alvorens de aggregatie kon plaatsvinden, aangezien soorten verschillende populatiegroottes kunnen hebben, en halveringen en verdubbelingen per soort even zwaar gewogen dienen te worden. De aggregatie is uitgevoerd per leeftijdsgroep en voor alle soorten/leeftijdsgroepen samen.

⁹⁸ <https://www.waddenacademie.nl/wetenschap/wadweten/wadweten-2024/heeft-de-waddenzee-een-eigen-populatie-bruinvissen>

⁹⁹ <https://edepot.wur.nl/279714>

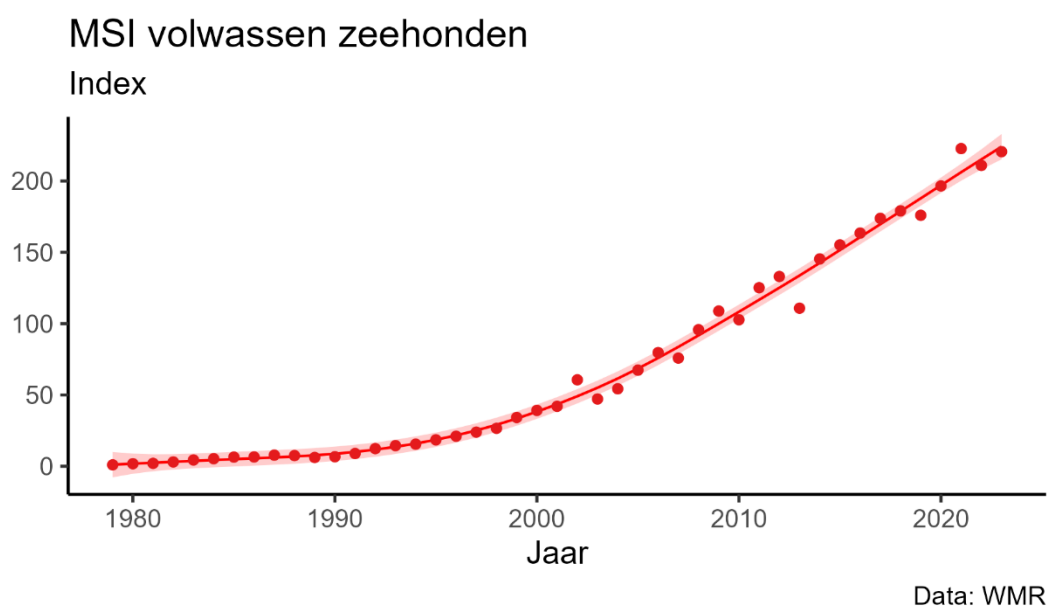
¹⁰⁰ <https://www.clo.nl/indicatoren/nl123121-gewone-en-grijze-zeehond-in-waddenzee-en-deltagebied-1960-2024>

¹⁰¹ https://www.waddensea-worldheritage.org/sites/default/files/2024_grey%20seal%20report.pdf

5.5.2 Trends en patronen

Trends van de zeehonden zijn gecombineerd tot verschillende MSI's, en de resultaten zijn gepresenteerd voor volwassen zeehonden in Figuur 167 en voor pups in Figuur 168. Trends en bijbehorende trendklassen uitgesplitst per soort/leeftijdsklasse en per MSI staan in Tabel 60, en zijn berekend voor de hele periode en de laatste twaalf jaar. De tijdsreeks van volwassen gewone zeehonden is gestart in 1960, grijze zeehonden in 1979, en voor de pups van de gewone en grijze zeehond in 2009.

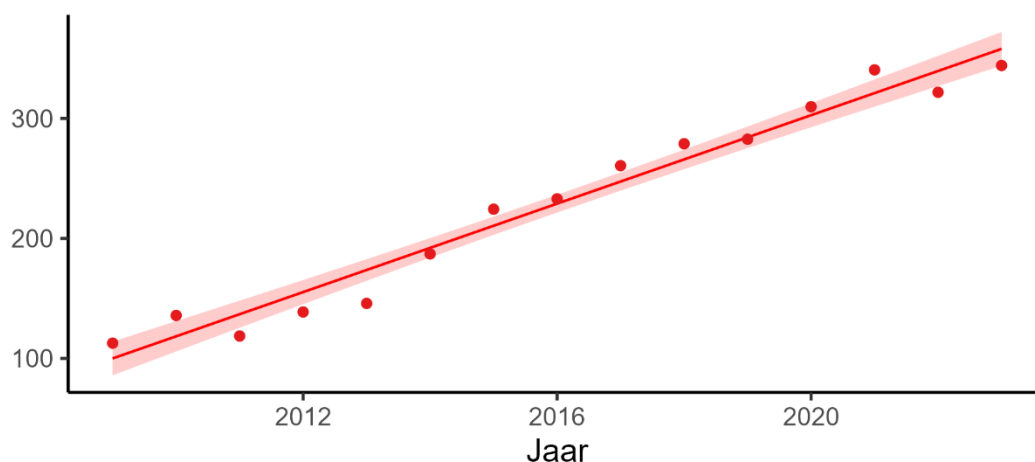
Zowel de pups als de volwassen zeehonden zijn over de gehele periode en de laatste twaalf jaar sterk toegenomen. Al zijn de aantallen van de gewone zeehond de laatste twaalf jaar niet meer toegenomen.



Figuur 167. Index en trend (rode lijn) van de MSI voor twee soorten volwassen zeehonden in de periode 1979–2023 in de Waddenzee. De index van de soorten is dusdanig geschaald dat de trendwaarde in 2009 op 100 gesteld is.

MSI pups zeehonden

Index



Data: WMR

Figuur 168. Index en trend (rode lijn) van de MSI voor twee soorten zeehonden pups in de periode 2009–2023 in de Waddenzee. De index van de soorten is dusdanig geschaald dat de trendwaarde in 2009 op 100 gesteld is.

Tabel 60. Resultaten van Trendspotter per soort/MSI en leeftijdsklasse voor de gehele periode tot 2023 en tot 2024 voor volwassen grijze zeehonden en de laatste twaalf jaar met standaardfout (SE) (zie Tabel 2 en Figuur 7 voor definities trendklassen).

Soort	Groep	Trend		Vanaf	Laatste 12 jaar	
		Hele periode				
MSI	Pups	9,5 ±	0,3 Sterke toename	2009	7,9 ±	0,3 Sterke toename
MSI	Volwassen	12,8 ±	0,1 Sterke toename	1979	5,4 ±	0,2 Matige toename
Gewone zeehond	Pups	4,6 ±	0,8 Matige toename	2009	3,8 ±	0,9 Matige toename
Grijze zeehond	Pups	16,2 ±	0,5 Sterke toename	2009	11,8 ±	0,5 Sterke toename
Gewone zeehond	Volwassen	2,8 ±	0,1 Matige toename	1960	0,7 ±	0,4 Stabiel
Grijze zeehond	Volwassen	20,8 ±	-0.1 Sterke toename	1979	10,0 ±	0,3 Sterke toename

5.5.3 Referentiewaarden

In de instandhoudingsdoelstellingen van N2000 voor de Waddenzee¹⁰² wordt voor de grijze zeehond ‘Behoud’ opgegeven en voor de gewone zeehond ‘Uitbreiding’. In tegenstelling tot de vogels zijn er dus geen exacte aantallen als doelstelling.

Sinds de N2000-doelen definitief opgesteld in 2009, is voor de doelstelling ‘Behoud’ de gemiddelde trendwaarde van 2009 -2023 van de aantallen volwassen grijze zeehonden en zeehondenpups gebruikt als referentiewaarde. Voor de doelstelling ‘Uitbreiding’ is de trendwaarde uit 2009 van de aantallen volwassen gewone zeehonden en zeehondenpups vermenigvuldigt met 1% per jaar voor veertien jaar (tot 2023). Een overzicht van de referentiewaarden is te vinden in Tabel 61.

Om de data te schalen en per leeftijdsgroep een indicator te kunnen berekenen, wordt gebruikt gemaakt van de ecologische kwaliteitsradio (EKR), die varieert tussen 0 (laagste kwaliteit) tot 1 (hoogste kwaliteit), ingedeeld in vijf klassen A (hoogste) tot E (laagst). De referentiewaarde vertaalt zich hierbij naar een EKR waarde van 0,6, de grens tussen klassen B en C.

¹⁰² <https://www.natura2000.nl/gebieden/friesland/waddenzee/waddenzee-doelstelling>

Na het berekenen van de EKR-waarden en een eventuele aggregatie, wordt de trend bepaald met Trendspotter.

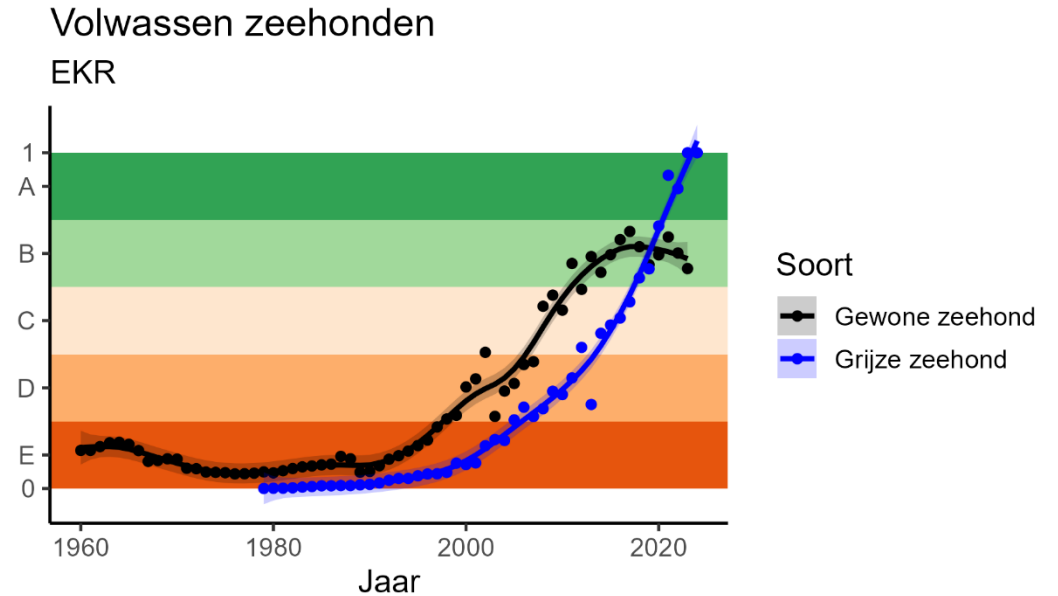
Tabel 61. Referentiewaarden voor aantal zeehonden op basis van ‘Behoud van de populatie’ en ‘Uitbreiding van de populatie’ (Bron: N2000; gemiddelde trendwaarde 2009-2023; gemiddelde trendwaarde 2009 × 1% p.j.).

Soort	Leeftijd	Referentiewaarde
Gewone zeehond	Volwassen	6604
Grijze zeehond	Volwassen	4366
Gewone zeehond	Pups	1434
Grijze zeehond	Pups	769

5.5.4 Indicator

In het berekenen van EKR indicatoren is er onderscheid gemaakt in tussen volwassen zeehonden (Figuur 169) en pups (Figuur 170). Bij beide groepen is sterke verbetering sinds de start van de monitoring, waarbij pups en volwassen grijze zeehonden een A status hebben vanaf 2018/2020, en gewone zeehondenpups een A status vanaf 2016. Volwassen gewone zeehonden hebben een B status en vertonen geen verdere groei de afgelopen jaren.

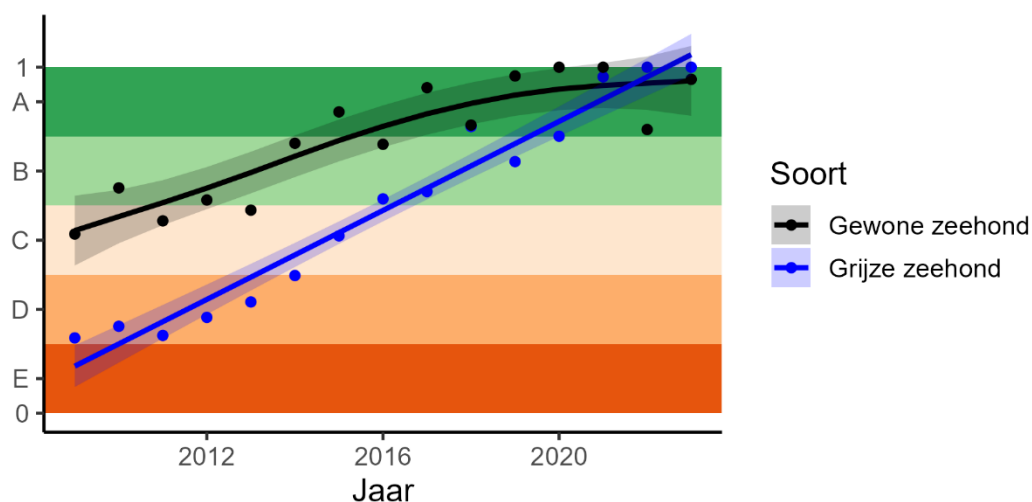
EKR waarden van alle soorten/leeftijdsklassen zeehonden zijn gecombineerd tot één zeehond indicator voor de Waddenzee in Figuur 171 voor 1979-2023, met gemiddelde een A status sinds 2018.



Figuur 169. EKR geschaalde trend van aantal volwassen gewone en grijze zeehonden ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1960-2024 in de Waddenzee.

Zeehondenpups

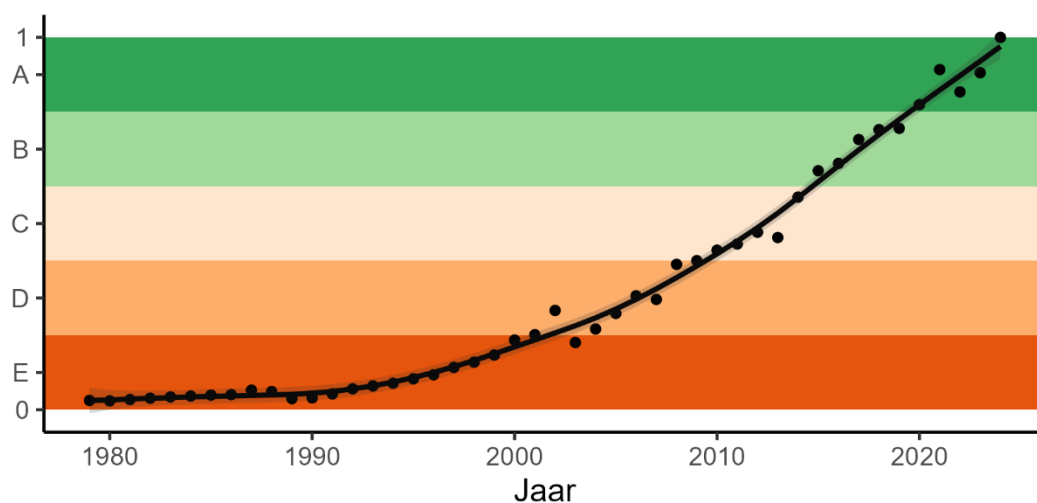
EKR



Figuur 170. EKR geschaalde trend van aantal gewone en grijze zeehondenpups ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 2009-2023 in de Waddenzee.

Zeehonden

EKR



Figuur 171. EKR geschaalde trend van zeehonden (volwassen & pups) ten opzichte van de referentiewaarde in de periode 1979-2023 in de Waddenzee.

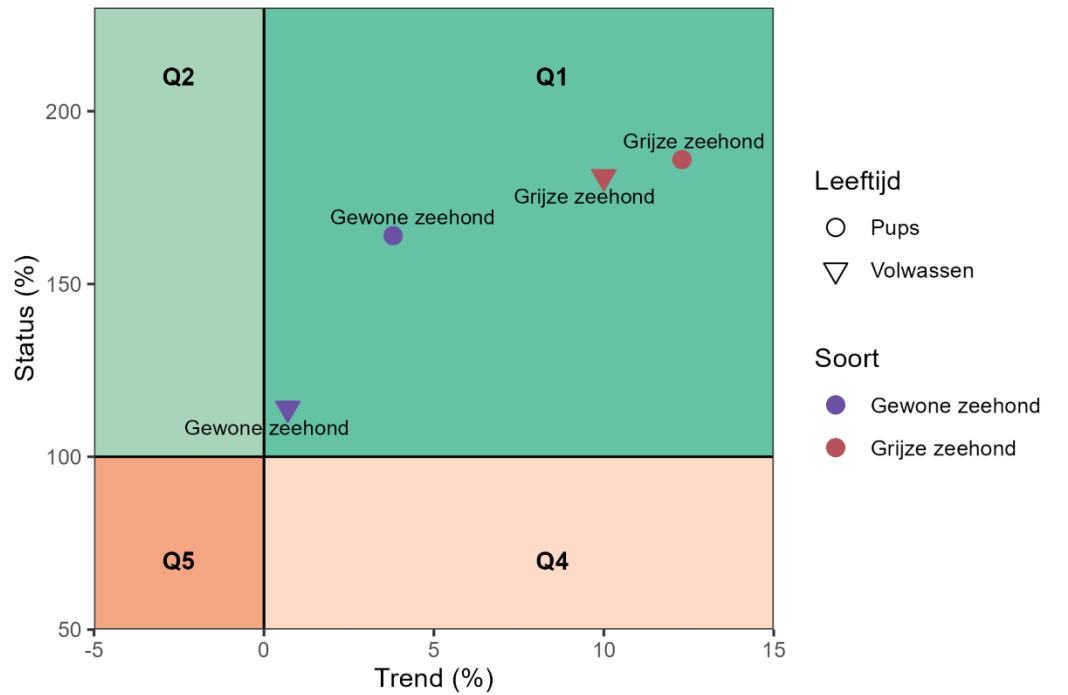
5.5.5 Samenvatting, conclusies, discussie

Om een beeld te krijgen hoe de zeehonden zich in het Waddengebied hebben ontwikkeld de afgelopen twaalf jaar, zijn de resultaten van de trendanalyse en de trendwaarde ten opzichte van de referentie gecombineerd in Figuur 172 en in Tabel 62. Hierbij is de trendwaarde (Trendspotter) uit het laatste analysejaar gebruikt om de 'status' van de zeehonden ten opzichte van de referentiewaarde te bepalen (percentage ten opzichte van de referentie, met referentie als 100%). De aantaltrends voor zeehonden zijn gebruikt om de relatieve veranderingen (trend in % toename of afname per jaar) in aantallen per soort over de afgelopen twaalf jaar te bepalen (Tabel 60 en Tabel 62), wederom met Trendspotter. Alle soort/leeftijd combinaties van

zeehonden hebben een Q1 kwadrant beoordeling (Gunstige status met toenemende/stabiele trend).

Tabel 62. Status van de aantallen zeehonden ten opzichte de referentiewaarde en trend over de laatste 12 jaar per uitsplitsing, en de indeling volgens het kwadrant.

Soort	Leeftijd	Eenheid	Status (%)	Statusklasse	Trend (%)	Trendklasse	Kwadrant
Grijze zeehond	Volwassen	Aantal	181 ± 8	Gunstig	10 ± 0,5	Toenemend	Q1
Grijze zeehond	Pups	Aantal	186 ± 14	Gunstig	12,3 ± 0,9	Toenemend	Q1
Gewone zeehond	Pups	Aantal	164 ± 19	Gunstig	3,8 ± 1,3	Toenemend	Q1
Gewone zeehond	Volwassen	Aantal	114 ± 8	Gunstig	0,7 ± 0,7	Stabiel	Q1



Figuur 172. Waddenkwadrant van zeehonden in de Waddenzee op basis van afwijking t.o.v. referentiewaarde (status) en veranderingen over de afgelopen twaalf jaar (Trend; % per jaar).

Tabel 63. Samenvatting van indicatoren voor Zeezoogdieren.

Indicator	Variant	Soort	Toestand (laatste jaar)			Trend (laatste 12 jaar)	
			EKR	klasse	interpretatie	beoordeling	interpretatie
Zeezoogdieren	Volwassen	Gewone zeehond	0.68 (0.64 – 0.73)	B	Voldoende	GeenTrend	Stabiel
		Grijze zeehond	1.09 (1.04 – 1.13)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
	Pups	Gewone zeehond	0.98 (0.88 – 1.10)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend
		Grijze zeehond	1.12 (1.04 – 1.20)	A	Voldoende	Toenemend	Verbeterend

Discussie

- De gebruikte referentiewaarden uit N2000 geven geen exacte aantallen weer, waardoor deze in dit rapport op de beschreven manier zijn geïnterpreteerd. Hier is nog wel discussie over mogelijk. In OSPAR worden ook referentiewaarden voor zeehonden beschreven¹⁰³, maar deze zijn niet specifiek voor de Waddenzee en daarom zijn de N2000 doelstellingen als uitgangspunt gebruikt. Bij het gebruikte ijkpunt waarin de

¹⁰³ <https://oap.ospar.org/en/ospar-assessments/quality-status-reports/qsr-2023/indicator-assessments/seal-abundance-and-distribution/>

doelen zijn opgesteld (2009) zijn beide soorten nog in hun exponentiele groeifase, dus de beoordeling kan te positief zijn ingeschat.

- De MSI methode wordt gebruikt om de trends te combineren, maar dit is niet altijd zinvol als het maar om twee soorten gaat, en kunnen de trends in dit soort gevallen beter los gepresenteerd worden.
- De populaties van de grijze en de gewone zeehond zijn onderdeel van grotere populaties in de Noordzee en de trilaterale Waddenzee. Om goed te begrijpen hoe de populaties zich ontwikkelen kan ook breder gekeken worden dan alleen het Nederlandse deel van de Waddenzee¹⁰⁴.

¹⁰⁴ <https://qsr.waddensea-worldheritage.org/reports/marine-mammals>

6. Algemene discussie, aanbevelingen, vervolgstappen

Naast de onderwerp- en indicator-specifieke discussiepunten die genoemd zijn in de voorgaande hoofdstukken is er een aantal meer generieke discussiepunten te benoemen.

6.1 Indicatorselectie

Abiotische indicatoren zijn over het algemeen gekozen vanuit het standpunt dat ze mede bepalend zijn voor de condities van biota (landschapsecologische benadering). Verschillende soorten reageren bijvoorbeeld op watertemperatuur, en de extremen daarin, maar de precieze relaties tussen (drempelwaarden in) temperatuur en het functioneren van soorten is niet goed bekend, wat de selectie van indicatoren op basis van watertemperatuur lastig maakt. Voor andere abiotische kenmerken, zoals troebelheid, geldt hetzelfde.

Voor biota geldt dat er vanuit verschillende perspectieven naar gekeken kan worden. Voor vogels zijn bijvoorbeeld expliciete beleidsdoelen geformuleerd op basis van hun intrinsieke waarde. De bijbehorende indicatoren, die gebaseerd zijn op aantallen, en de trendmatige ontwikkeling daarin, drukken dit ook uit. Elke soort telt in principe even zwaar mee in een multi-species indicator (MSI).

Bij andere soortgroepen speelt dit in mindere mate, en zij worden vooral gewaardeerd vanuit een meer instrumenteel perspectief. Hun aanwezigheid wordt met name gezien als voedsel voor hogere trofische niveaus, of vanwege de ecologische functies die ze vervullen. Dit geldt vooral voor fytoplankton en in mindere mate voor bodemdieren. Voor deze soortgroepen ligt het ook voor de hand om indicatoren te gebruiken die gebaseerd zijn op (totale) biomassa, in plaats van aantallen.

Soortgroepen zoals vissen zitten hier tussenin. Zij worden zowel vanuit een intrinsiek als vanuit instrumenteel perspectief gewaardeerd.

Nog niet alle oorspronkelijk bedachte indicatoren zijn reeds opgenomen; zo missen bijvoorbeeld verschillende functionele toestandsvariabelen, zoals de verblijftijd van zeewater en uitwisseling met de Noordzee; specifieke uitsplitsingen van bodemdieren en vissen op dieet; connectiviteit van biota tussen de kombergingen onderling, en met de kust en Noordzee; en het voedselweb. Daarnaast missen ook nog drukfactoren zoals verschillende vormen van vervuiling en verstoring, maar ook beschermingsmaatregelen en informatie over de menselijke invloed op populatiedynamica. Waar wenselijk en mogelijk zullen deze in een toekomstige versie van de *Staat* worden opgenomen.

6.2 Databronnen

Voor sommige indicatoren zijn meerdere databronnen beschikbaar. Zo worden bijvoorbeeld bodemdieren en watertemperatuur zowel door Rijkswaterstaat (MWTL) gemonitord en door het NIOZ (bijv. SIBES). Tussen deze datasets bestaan soms systematische verschillen die (door ons) niet altijd even goed worden begrepen. Dit geldt bijvoorbeeld voor watertemperatuur (NIOZ vs MWTL, zie paragraaf 3.5.5). Voor bodemdieren geldt dat de datasets (SIBES en WOt) door verschillen in bemonsteringsperiode, -techniek, en -locatie op dit moment nog niet goed kunnen worden gecombineerd. Ook bestaan er fundamentele verschillen in meetmethodiek tussen bijvoorbeeld de mossels als onderdeel van hard substraat (biogene structuren; obv karteringen) en bemonsteringen in zacht substraat (SIBES en WOt). Om interpretatie voor nu te

vergemakkelijken is de mossel als indicator alleen opgenomen in het hoofdstuk over biogene structuren, maar zou deze ook beoordeeld kunnen worden in het hoofdstuk over bodemdieren.

Dataselecties

Voor verschillende indicatoren was er discussie welke data wel of niet worden meegenomen in de analyse. Voor “biogene structuren” bijvoorbeeld, wordt naar het areaal schelpdierbanken gekeken, dat als hard substraat een belangrijke rol speelt in de Waddenzee. Alle aanwezige oesterbanken in de Waddenzee bestaan echter uit Japanse oesters, een exoot. Gezien de constructieve rol als biobouwer wordt deze soort in de *Staat* als positief beoordeeld, maar de soort heeft ook negatieve effecten omdat de Japanse oester niet als voedselbron voor veel vogels dient en de platte oester verdringt.

Voor de samenstelling van de kwelders geldt een soortgelijke discussie. Volgens de KRW-voorschriften wordt het areaal climaxvegetatie “met riet” alleen meegewogen in KRW waterlichaam Eems-Dollard, en worden brakke kwelders niet meegewogen in de vastelandkust van Friesland en Groningen. Na kritische opmerkingen daarover hebben we besloten om voor dit rapport de analyse gelijk te trekken voor elk deelgebied.

6.3 Referentiewaarden

Eén van de functies van de *Staat* is om beleidsrelevant te zijn. Hoe gaat het met de verschillende aspecten van de Waddenzee? Wat is de ecologische opgave? Om deze functie te kunnen vervullen is het noodzakelijk om de verschillende indicatoren te kunnen vergelijken met referentiewaarden, en dan specifiek daarop gebaseerde drempelwaarden die een binaire classificatie (goed/slecht; voldoet wel/niet) mogelijk maken. Voor verschillende indicatoren zijn deze drempelwaarden (wettelijk) vastgelegd. Voor meerdere soorten zijn bijvoorbeeld vanuit de Habitat- en Vogelrichtlijn instandhoudingsdoelstellingen vastgelegd. Deze zijn uitgedrukt in aantallen dieren of paren. Voor de Kaderrichtlijn Water (KRW) wordt een groot aantal indicatoren beoordeeld door middel van de EKR systematiek (zie paragraaf 2.3.3) waarbij geldt dat *alle* indicatoren minstens een “Voldoet” of “Goed” score moeten halen. De bijbehorende drempelwaarden zijn in deze gevallen de grenzen tussen “Voldoet” en “Voldoet niet” (voor chemische kwaliteit) en “Goed” en “Matig” (voor ecologische kwaliteit).

De beoordeling of de waarde van een indicator leidt tot een ecologische opgave is dus afhankelijk van de gebruikte drempelwaarde en referentiesystematiek.

Voor de indicatoren die zijn opgenomen in wettelijk of anderszins vastgelegde regelingen, zoals de Vogel- en Habitatrichtlijn en de KRW is daar in beginsel geen discussie over (tenzij verschillende regelingen andere drempelwaarden hanteren, maar dan zou de strengste grens kunnen gelden).

Voor alle andere indicatoren geldt dat er per definitie altijd discussie mogelijk is over de te hanteren referentie- en drempelwaarden.

In deze versie van de *Staat* is in principe een voorkeursstrategie gehanteerd om tot een zoveel mogelijk navolgbare strategie te komen, zie paragraaf 2.3.2. Als er geen wettelijk vastgelegde referentiewaarden zijn, dan gaat de eerste voorkeur uit naar extern in de wetenschappelijke literatuur vastgelegde referenties, gevolgd door data-gebaseerde historische of ruimtelijke referenties.

Gedurende het werk aan de *Staat* bleek dit echter makkelijker gezegd dan gedaan. Ook experts zijn vaak nog zoekende naar referentiewaarden of methoden om deze bepalen¹⁰⁵.

Historische en ruimtelijke referenties worden op basis van de data zelf geïdentificeerd. Bijvoorbeeld door te veronderstellen dat “vroeger alles beter was”, of in ieder geval “natuurlijker”. In enkele gevallen is deze strategie toegepast, bijvoorbeeld bij abiotische indicatoren zoals lucht- en watertemperatuur. Deze strategie vereist echter wel dat er afdoende data beschikbaar is uit die vroegere betere of natuurlijkere periode. Dat is niet bij alle indicatoren het geval, ook omdat meetprogramma’s op zeer wisselende wijze teruggaan in de tijd. In het geval van zeespiegelstijging beginnen de metingen bijvoorbeeld ver ná het begin van antropogene klimaatverandering en zeespiegelstijging.

In sommige gevallen worden historische ecologische referenties, zoals bijvoorbeeld voor zeegrassen zijn vastgelegd in de KRW, onder de huidige omstandigheden “onrealistisch” beschouwd door experts en stakeholders. De discussie in hoeverre zo’n referentie bruikbaar is in de beoordeling van het areaal zeegras is belangrijk, maar niet per se voorbehouden aan de opstellers van de *Staat*. Als een historische of ecologische referentie aangepast dient te worden aan een onwrikbaar geachte recentere of beleidstechnische situatie, dan kan dat in principe, maar dan dient die aanpassing door wetenschap en beleid te worden vastgesteld. In andere gevallen, zoals bij vissen en bodemdieren, worden referenties ook uit data afgeleid. Bij vissen is gekozen voor de maximale indexwaarden als referentiewaarde, omdat dit aansluit bij de KRW beoordeling van twee soorten (slakdolf en bot) in de Eems-Dollard, maar voor bodemdieren was er geen eenduidige aanwijzing voor referentiewaarde en zijn de gemiddelde indexwaarden gebruikt. Het spreekt vanzelf dat een keuze voor het een of voor het ander tot een andere uitkomst en beoordeling leidt (zie ook Figuur 157). Dit speelt bij meerdere indicatoren (zie Tabel 1), en ook in door anderen gehanteerde indicatoren zoals de BISI (Wijnhoven en Bos, 2017; Wijnhoven 2023).

Binnen de Waddenzee is in 2005 een gebied bij Rottum aangewezen als “Referentiegebied”, waar geen potentiële schadelijke menselijke activiteiten meer worden toegestaan¹⁰⁶. Aanbevolen wordt om te bekijken in hoeverre metingen uit dit gebied gebruikt kunnen worden om referentiewaarden voor indicatoren voor de gehele (oostelijke) Waddenzee te formuleren of aan te scherpen.

Een in deze context relevante vraag is in hoeverre het nuttig is om indicatoren op te nemen in de *Staat* waarvan de referentiewaarde onzeker of zelfs discutabel is, gezien de impact die deze individuele indicatoren op de *Staat* in geheel mogelijk kunnen hebben. Beoordelingskaders

We constateren dat er een groot aantal verschillende rapportages, analyses en beoordelingskaders in omloop zijn die zich (mede) op het Waddengebied richten: Vogelrichtlijn; Habitatrichtlijn¹⁰⁷; Kaderrichtlijn Water; Programmatische Aanpak Grote Wateren; Quality Status report; Digitale Systeemrapportage. Het verdient aanbeveling zoveel mogelijk harmonisatie tussen deze kaders na te streven, qua data, indicatoren, referenties en aggregatiesystematiek

¹⁰⁵ Tekenend is een bijeenkomst op 11 november 2024 in het kader van het Streefbeeld onderwaternatuur van de Programmatische Aanpak Grote Wateren (PAGW). Enkel van ons (PB en KB) woonden deze “expertsessie” bij, in de hoop cruciale informatie over referentiewaarden op te halen. De crème de la crème van de marien biologen waren hier immers aanwezig. Ter plekke bleek dat deze community zelf ook nog zoekende was (ondanks de vele illustratieve inleidingen waarin ook vooruitgang op dit vlak werd gepresenteerd)

¹⁰⁶ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/kennisonline-onderzoeksprojecten-lvvn/kennisonline/tmap-referentiegebied-rottum.htm>

¹⁰⁷ Zie ook: Escaravage *et al.*, 2024.

Pogingen om tot zo’n harmonisatie te komen genereren echter weer nieuwe uitdagingen. Om een voorbeeld te noemen: voor het onderdeel (chemische) waterkwaliteit maken we zoveel mogelijk gebruik van de systematiek van de KRW. Voor enkele stoffen geldt echter dat er vanuit de KRW wordt gekeken naar concentraties in bijvoorbeeld het vlees van schelpdieren, niet in water. Dat maakt het lastig om zo’n stof aan waterkwaliteit te koppelen vergelijkbaar met andere stoffen.

6.4 Aggregatie

De ambitie achter de *Staat* is dat indicatoren (groepsgewijs) in het ideale geval kunnen worden geaggregeerd tot een enkelvoudige indicator, de letterlijke enkelvoudige “*Staat van de Waddenzee*”.

Zoals beschreven in Paragraaf 2.3.4 in de Methodologie worden in de Staat twee varianten gebruikt: *turven*, uitgewerkt in de Samenvatting, zoals gepubliceerd door de Waddenacademie (Philippart et al., 2025), en *middeling*, zoals hieronder uitgewerkt.

Per afzonderlijke indicator is, vaak per locatie of soort, een ecologische kwaliteitsratio (EKR) bepaald. Deze EKR’s kunnen stapsgewijs worden geaggregeerd. In Tabel 64 t/m Tabel 67 is dit steeds per thema gedaan. In Tabel 68 worden de afzonderlijke thema’s vervolgens geaggregeerd tot één overall EKR welke de Staat van de Waddenzee representeert.

Tabel 64. Stapsgewijze aggregatie van ecologische kwaliteitsratio’s voor het thema ‘Weer & Klimaat’.

Indicator Groep	Variabele	Sub-var.	Locatie	Ecologische kwaliteitsratio (EKR)			Groep	Thema	
				Loc	Sub	Var			
Atmosfeer	Luchttemperatuur	Gemiddeld	De Kooy		0,39	0,59	0,59		
		Warme dagen		0,85					
		Zomerse dagen		0,45					
		Vorstdagen		0,69					
	Neerslag	Jaarsom ≥ 20mm ≥ 50mm	De Kooy		0,79 0,73 0,03	0,52			
	Wind	Gemiddeld	Eelde		0,52	0,66			
		≥ 8 Bfts	Eelde	0,95	0,96				
	≥ 8 Bfts	Vlieland	0,97						
	Zonnestraling	Gemiddeld	De Kooy		0,51	0,51			
Water	Temperatuur	Gemiddeld	Marsdiep		0,47	0,70	0,52	0,56	
		≥ 18 °C		Marsdiep					0,70
		≥ 21 °C		Marsdiep					0,93
	Saliniteit	Gemiddeld	Marsdiep		0,33	0,33			
	Zeespiegel	Gemiddeld	Den Helder	0,22	0,21	0,27			
			Harlingen	0,21					
			Delfzijl	0,20					
		GHW	Den Helder	0,12					0,06
			Harlingen	0,03					
		Delfzijl	0,04						
		GLW	Den Helder	0,55					0,54
	Harlingen	0,32							
	Zoetwaterafvoer	Jaargemiddeld	Den Oever	0,74	0,79	0,80			
			Kornwerderzand	0,68					
			Cleveringsluizen	0,90					
Ems			0,69						
Groei seizoen		Den Oever	0,87	0,81					
			Kornwerderzand		0,73				
			Cleveringsluizen		0,98				
Ems	0,65								
				0,88					

Tabel 65. Stapsgewijze aggregatie van ecologische kwaliteitsratio's voor het thema 'Leefomgeving'.

Indicator Groep	Variabele	Sub-var.	Locatie	Loc	Sub	Var	Groep	Thema		
Vervuiling	Ubiquitair	Kwik	Doove Balg west	0,21	0,08	0,46	0,52	0,53		
			Dantziggat	0,02						
			Bocht van Watum	0,00						
		Tributyltin	Doove Balg west	1,00	0,84					
			Dantziggat	0,95						
			Bocht van Watum	0,59						
	Niet-ubiquitair	Cadmium	Doove Balg west	0,97	0,95	0,80				
			Dantziggat	0,96						
			Bocht van Watum	0,92						
		Lood	Doove Balg west	0,99	0,99					
			Bocht van Watum	0,99						
			Dantziggat	0,99						
		Fluorantheen	Doove Balg west	0,71	0,46					
			Dantziggat	0,49						
			Bocht van Watum	0,41						
		Specifiek	Arseen	Doove Balg west	0,27				0,24	0,30
				Doove Balg west	0,26					
				Bocht van Watum	0,19					
	Imidacloprid		Doove Balg west	0,69	0,66					
			Dantziggat	0,63						
			Bocht van Watum	0,68						
	Benzo(a)antraceen		Doove Balg west	0,01	0,00					
			Dantziggat	0,00						
			Bocht van Watum	0,00						
Groote Gat noord	0,00									
	Chryseen		Doove Balg west	0,45	0,28					
			Dantziggat	0,28						
Bocht van Watum		0,24								
Nutrienten	DIN		Marsdiep noord	1,00	0,72	0,57				
			Doove Balg west	1,00						
			Vlietstroom	1,00						
			Dantziggat	1,00						
			Bocht van Watum	0,23						
			Groote Gat noord	0,09						
	DIP		Marsdiep noord	1,00	1,00					
			Doove Balg west	1,00						
			Vlietstroom	1,00						
			Dantziggat	1,00						
			Bocht van Watum	1,00						
			Groote Gat noord	0,97						
	DIN:DIP		Marsdiep noord	0,00	0,00					
			Doove Balg west	0,00						
			Vlietstroom	0,00						
			Dantziggat	0,00						
			Bocht van Watum	0,00						
			Groote Gat noord	0,00						
Doorzicht	Extinctiecoefficient		Marsdiep noord	0,40	0,19					
			Doove Balg west	0,28						
			Vlietstroom	0,46						
			Dantziggat	0,00						
			Bocht van Watum	0,00						
			Groote Gat noord	0,00						
Areal habitats	Onderwater	H110A Permanent overstroomde zandbanken		0,61	0,61	0,74				
				H1130 Estuaria			0,60			
	Droogvallend	H1140A Slik- en zandplaten		0,58	0,58					
	Zilte begroeiing	H1310A Zilte pionierbegroeiingen/zeekraal		0,82	0,79					
				H1310B Zilte pionierbegroeiingen/zeevetmuur			0,98			
				H1320 Slijkgrasvelden			0,49			
				H1330A Schorren en zilte graslanden/buitendijks			0,64			
				H1330B Schorren en zilte graslanden/binnendijks			1,00			
	Duinen	H2110 Embryonale duinen		0,91	0,98					
				H2120 Witte duinen			1,00			
				H2130A Grijze duinen/kalkrijk			1,00			
				H2130B Grijze duinen/kalkarm			1,00			
				H2160 Duindoornstruwelen			1,00			
				H2190B Vochtige duinvalleien/kalkrijk			1,00			
Kenmerken	Sedimentsamenstelling	Slibgehalte	Waddenzee-West	0,96	0,88	0,86				
			Waddenzee-Oost	0,92						
			Eems_dollard	0,77						
		Mediane Korrelgrootte	Waddenzee-West	0,87	0,84					
			Waddenzee-Oost	0,95						
			Eems_dollard	0,71						
	Biogene structuren	Schelpdierbank	Oesters/gemengde banken	0,65	0,49	0,25				
			Oesterbanken	0,85						
			Mosselbanken	0,16						
			Mossel/gemengde banken	0,31						
			Zeegras	0,00						
	Zonering kwelders		Zeegrasvelden	0,00	0,00					
			Waddenzee-West	0,64		0,71				
			Waddenzee-Oost	0,80						
		Eems-Dollard	0,70							

Tabel 66. Stapsgewijze aggregatie van ecologische kwaliteitsratio's voor het thema 'Soorten'.

Indicator Groep	Variabele	Sub-var.	Locatie / Soort	Ecologische kwaliteitsratio (EKR)			Groep	Thema			
				Loc / Srt	Sub	Var					
Primaire producenten	Bloeien Chlorophyl-a	Phaeocystis Groei seizoen	NIOZ	0,46	0,46	0,46	0,57				
			Marsdiep noord	0,78	0,67						
			NIOZ	0,61							
			Doove Balg west	0,71							
			Dantziggat	0,46							
			Huibertgat oost	0,72							
			Bocht van Watum	0,73							
			Groote Gat noord	0,66							
		Jaargemiddelde	Marsdiep noord	0,80	0,69						
			NIOZ	0,67							
			Doove Balg west	0,76							
			Dantziggat	0,48							
			Huibertgat oost	0,74							
			Bocht van Watum	0,75							
			Groote Gat Noord	0,66							
Bodemdieren	Worm		Biomassa Dichtheid	Annelida_SIB			0,68	0,68	0,60	0,49	0,53
		Borstelworm_SIB		0,16	0,53						
		Groengele wadpier_SIB	0,62								
		Ringworm_SIB	0,77								
		Rode draadworm_SIB	0,79								
		Schelpkokerworm_SIB	0,58								
		Slangpier_SIB	0,49								
		Wadpier_SIB	0,56								
		Wapenworm_SIB	0,62								
		Zager_SIB	0,25								
		Zandkokerworm_SIB	0,47								
		Zeeduizendpoot_SIB	0,49								
		Schelpdier	Biomassa	Mollusca_SIB	0,52	0,44	0,40				
				Mollusca_WOt	0,35						
			Dichtheid	Kokkel_SIB	0,29	0,36					
				Kokkel_Wot	0,30						
				Nonnetje_SIB	0,42						
				Nonnetje_Wot	0,53						
				Platte slijkgaper_SIB	0,86						
				Platte slijkgaper_Wot	0,34						
				Strandgaper_SIB	0,22						
				Strandgaper_Wot	0,35						
		Wadslakje_SIB	0,37								
		Zwaardschede_SIB	0,04								
		Zwaardschede_Wot	0,22								
		Kreeftachtige	Dichtheid	Garnaal_SIB	0,35	0,47	0,47				
				Slijkgarnaal_SIB	0,65						
				Strandkrab_SIB	0,49						
				Strandkrab_Wot	0,40						
Vissen	Marien juveniel		Kabeljauw	0,01	0,06	0,11					
			Rode poot	0,19							
			Schar	0,00							
			Schol	0,17							
			Steenbolk	0,01							
			Tong	0,02							
			Wijting	0,04							
			Resident	Bot	0,10			0,17			
				Botervis	0,75						
				Grondels	0,06						
				Harnasmannetje	0,15						
				Puitaal	0,09						
				Slakdolf	0,02						
				Vijfdradige meun	0,17						
				Zeedonderpad	0,07						
				Zeenaalden	0,08						

Tabel 67. (vervolg).

Indicator Groep	Variabele	Sub-var.	Locatie / Soort	Ecologische kwaliteitsratio (EKR)			Groep	Thema
				Loc / Srt	Sub	Var		
Vogels	Broeden	Wormeneters	Bontbekplevier	0,76	0,40	0,41	0,58	0,53
			Kluut	0,30				
			Strandplevier	0,15				
		Schelpdiereters	Eider	0,20	0,20			
		Viseters	Dwergster	1,00	0,54			
			Grote Stern	0,16				
			Kleine Mantelmeeuw	0,65				
			Lepelaar	1,00				
			Noordse Stern	0,20				
			Visdief	0,25				
		Roofvogels	Blauwe Kiekendief	0,00	0,49			
			Bruine Kiekendief	0,63				
			Velduil	0,83				
	Foerageren	Graseters	Brandgans	1,00	0,83	0,64		
			Grauwe Gans	1,00				
			Rotgans	0,60				
			Smient	0,70				
		Waterplanteters	Krakeend	1,00	0,72			
			Pijlstaart	0,91				
			Wilde Eend	0,23				
			Wintertaling	0,71				
		Bodemdier-eters, gemengd dieet	Bergeend	0,77	0,63			
			Goudplevier	0,56				
			Groenpootruiter	0,38				
			Grutto	0,65				
			Kievit	0,62				
			Slobeend	1,00				
			Steenloper	1,00				
			Tureluur	0,61				
			Wulp	0,44				
			Zwarte Ruiter	0,26				
		Schelpdiereters	Brilduiker	0,33	0,43			
			Eider	0,38				
			Kanoet	0,70				
			Scholekster	0,32				
			Topper	0,44				
		Wormeneters	Bontbekplevier	1,00	0,78			
			Bonte Strandloper	0,75				
			Drieteenstrandloper	1,00				
			Kluut	0,49				
			Krombekstrandloper	0,80				
		Viseters	Rosse Grutto	0,71	0,40			
			Zilverplevier	0,71				
			Aalscholver	0,34				
			Fuut	0,23				
			Grote Zaagbek	0,01				
		Roofvogels	Lepelaar	1,00	0,67			
			Middelste Zaagbek	0,40				
	Slechtvalk		0,67					
	Slapen	Graseters	Brandgans	1,00	0,69			
			Kleine Zwaan	0,06				
			Rotgans	1,00				
			Toendrarietgans	0,82				
		Bodemdier-eters, gemengd dieet	Grutto	1,00		1,00		
Viseters			Zwarte Stern	0,08		0,08		
Zeezoogdieren	Zeehonden	Pups	Gewone zeehond_pup	0,98	0,99	0,92	0,92	
			Grijze zeehond_pup	1,00				
		Volwassen	Gewone zeehond_adult	0,68	0,84			
			Grijze zeehond_adult	1,00				

Tabel 68. Stapsgewijze aggregatie van ecologische kwaliteitsratio's voor de gehele Staat van de Waddenzee, vanaf het niveau van Variabele.

Indicator			Ecologische kwaliteitsratio (EKR)			
Thema	Groep	Variabele	Var.	Groep	Thema	Staat
Weer & Klimaat	Atmosfeer	Luchttemperatuur	0,59	0,57	0,55	0,53
		Neerslag	0,52			
		Wind	0,66			
		Zonnestraling	0,51			
	Water	Temperatuur	0,70	0,52		
		Saliniteit	0,33			
		Zeespiegel	0,27			
	Zoetwaterafvoer	0,80				
Leefomgeving	Vervuiling	Ubiquitair	0,46	0,52	0,51	
		Niet-ubiquitair	0,80			
		Specifiek	0,30			
	Nutrienten	DIN	0,72	0,48		
		DIP	1,00			
		DIN:DIP	0,00			
	Doorzicht	Extinctiecoëfficiënt	0,19	0,19		
	Areaal habitats	Onderwater	0,61	0,74		
		Droogvallend	0,58			
		Zilte begroeiing	0,79			
		Duinen	0,98			
	Kenmerken	Sedimentsamenstelling	0,86	0,61		
		Biogene structuren	0,25			
		Zonering kwelders	0,71			
	Soorten	Primaire productie	Chlorofyl-a	0,68		0,57
Phaeocystis			0,46			
Bodemdieren		Worm	0,60	0,49		
		Schelpdier	0,40			
		Kreeftachtige	0,47			
Vissen		Marien juveniel	0,06	0,11		
		Resident	0,17			
Vogels		Broeden	0,41	0,58		
		Foerageren	0,64			
	Slapen	0,69				
	Zeezoogdieren	Zeehonden	0,92	0,92		

Hier kunnen de volgende opmerkingen bij gemaakt worden:

- De meerderheid (n=9) van de twaalf hier onderscheiden groepen valt in EKR klasse C of lager, welke onder de kritische EKR grens van 0.6 ligt.
- De groepen 'areaal' habitats' en 'kenmerken leefomgeving' scoren relatief hoog (EKR klasse B), terwijl de scores voor zowel Soorten als abiotiek veel lager zijn. Dit fenomeen staat niet op zichzelf, maar is kenmerkend voor de natuur in Nederland, zoals beschreven in Janssen et al., (2020; par. 4.4.1): *“Voor steeds meer ecosystemen, zowel korte vegetaties als bossen, lijkt de structuur op gebiedsniveau op orde maar is sprake van zeer slecht functioneren: het decor is mooi maar steeds meer spelers haken af. ... De conclusie uit bovenstaande is dat tal van habitattypen door combinaties van factoren (structuur, condities, processen) waarschijnlijk niet meer goed functioneren als leefgebied voor karakteristieke soorten.”*
- Elk van de drie thema's scoort matig, EKR categorie C. De reden hierachter wisselt echter per thema. Voor Weer & Klimaat scoren elk van de samenstellende Groepen ook klasse C, maar voor zowel Leefomgeving als Soorten is de variatie binnen het thema aanzienlijk, met scores variërend tussen A en B en E, die elkaar compenseren.

- Het algehele beeld is dat op het niveau van de individuele indicatoren de spreiding zeer groot is, met een spreiding (standaarddeviatie) van 0,34. Bij aggregatie middelen hoge en lage EKR-waarden elkaar uit, verandert de gemiddelde waarde logischerwijze niet wezenlijk, maar neemt de spreiding wel af. Van de al genoemde 0,34 voor de indicatoren via 0,25 voor de Variabelen, 0,21 voor de Groepen, 0,01 voor de Thema's, en 0,0 (per definitie) voor de *Staat*. Er is dus een aanzienlijk verlies aan informatie indien alleen naar de EKR-scores voor de Thema's of de *Staat* wordt gekeken.
- Hoe dan ook blijft er behoefte aan informatie op indicator- en lager niveau. Bij vogels zijn voor Natura 2000-beoordelingen de instandhoudingsdoelstellingen bijvoorbeeld per combinatie van soort en functie opgesteld (broeden, slapen of foerageren) en deze doelen dienen ook per soort-functie combinatie gehaald te worden.
- Verder zijn er verschillende manieren om indicatoren te combineren, zoals *one out – all out* (gebruikt binnen de KRW); rekenkundig gemiddeld; meetkundig gemiddelde (gebruikt in MSI's) of gewogen gemiddelden (om recht te doen aan verschillen in relevantie van afzonderlijke indicatoren). Er is nog niet genoeg ervaring opgedaan met het testen van verschillende benaderingen om uitsluitsel te geven welke aanpak het best passend zou zijn voor de *Staat* en haar toepassingen. Een eerste experimentele toepassing, waarbij in de geest van de KRW (*one out – all out*) laat zien dat het resultaat hiervan vooral nuttig zou kunnen zijn om te visualiseren waar de grootste knelpunten zitten (Tabel 69).
- Bij het samenstellen van MSI's rees bij meelezers de vraag hoeveel soorten er minimaal in een MSI zouden moeten zitten. In een specifiek geval (zeezoogdieren) is dat namelijk het kleinst mogelijke aantal: twee. De toegevoegde waarde om hier een MSI voor samen te stellen lijkt dan klein. Omwille van een onderlinge vergelijking van verschillende soortgroepen, zoals vogels, vissen en zoogdieren, door middel van MSI's per soortgroep, valt dit nadeel echter weg.
- Voor veel indicatoren kan een betrouwbaarheidsinterval worden bepaald. Het verdient aanbeveling te onderzoeken in hoeverre deze kunnen worden gebruikt om de onzekerheid in de geaggregeerde *Staat* te bepalen. Hierbij zou óók rekening gehouden kunnen (of moeten) worden met onzekerheden die gerelateerd zijn aan onzekere of onbepaalde referentiewaarden.

Tabel 69. Variant op de stapsgewijze aggregatie van ecologische kwaliteitsratio's voor de gehele Staat van de Waddenzee, vanaf het niveau van variabele, waarbij voor de aggregatie steeds de *laagste* waarde van de samenstellende indicatoren wordt genomen.

Indicator			Ecologische kwaliteitsratio				
Thema	Groep	Variabele	Var.	Groep	Thema	Staat	
Weer & Klimaat	Atmosfeer	Luchttemperatuur	0,59	0,51	0,27	0,00	
		Neerslag	0,52				
		Wind	0,66				
		Zonnestraling	0,51				
	Water	Temperatuur	0,70	0,27			
		Saliniteit	0,33				
		Zeespiegel	0,27				
		Zoetwaterafvoer	0,80				
Leefomgeving	Vervuiling	Ubiquitair	0,46	0,30	0,00		
		Niet-ubiquitair	0,80				
		Specifiek	0,30				
	Nutrienten	DIN	0,72	0,00			
		DIP	1,00				
		DIN/DIP	0,00				
	Doorzicht	Extinctiecoefficient	0,19	0,19			
	Areaal habitats	Onderwater	0,61	0,58			
		Droogvallend	0,58				
		Zilte begroeing	0,79				
		Duinen	0,98				
	Kenmerken	Sedimentsamenstelling	0,86	0,25			
		Biogene structuren	0,25				
		Zonering kwelders	0,71				
	Soorten	Primaire productie	Chlorofyl-a	0,68		0,46	0,06
			Phaeocystis	0,46			
Bodemdieren		Worm	0,60	0,40			
		Schelpdier	0,40				
		Kreeftachtige	0,47				
Vissen		Marien juveniel	0,06	0,06			
		Resident	0,17				
Vogels		Broeden	0,41	0,41			
		Foerageren	0,64				
		Slapen	0,69				
	Zeezoogdieren	Zeehonden	0,92	0,92			

6.5 Ruimtelijke aspecten.

De Waddenzee is weliswaar één gebied, maar ook zeer variabel. In het ideale geval kent de *Staat* dan ook een ruimtelijke geneste schaal. Hierbij kunnen in ieder geval zes verschillende schaalniveaus worden onderscheiden: de internationale (trilaterale) Waddenzee; nationaal; Waddenzee in strikte zin versus Eems-Dollard estuarium; Westelijke en Oostelijke Waddenzee; Kombergingen, en een rasterbenadering. Niet alle data zijn echter op alle niveaus beschikbaar of nodig. Het verdient aanbeveling om nader te analyseren welke indicatoren op welk schaalniveau gewenst zijn, en wat haalbaar is qua data.

Hierbij dient zowel het oppervlak van de individuele metingen (*samples*), het aantal metingen, en de ruimtelijke variabiliteit van het betreffende fenomenen (soorten; kenmerken) expliciet betrokken te worden.

De Waddenzee is echter geen geïsoleerd systeem. Er is sprake van uitwisseling van stoffen of soorten met het vasteland en de Noordzee. De Staat van de Waddenzee kan dan ook niet worden beschouwd zonder deze bredere ruimtelijke context hierbij te betrekken.

Twee ontwikkelingen zouden hierbij kunnen helpen. Ten eerste kunnen aardobservatie een data(hulp)bron zijn bij het verzamelen van ruimtelijk gedistribueerde data. Voor de Noordzee blijkt bijvoorbeeld dat aardobservatie een betere bron is om chlorofyl-a concentraties te bepalen dan door middel van watermonsters vanwege de veel hogere ruimtelijke en temporele dekking (Brandenburg & Soldaat 2025)¹⁰⁸. Ten tweede zou Digital Twin technologie mogelijk kunnen worden gebruikt om reguliere data beter in een ruimtelijke context te combineren en analyseren.

¹⁰⁸ [Statistical combination of different types of chlorophyll-a measurements in the Dutch North Sea | CBS](#)

Dankwoord

We zijn de opdrachtgevers voor de Staat van de Waddenzee, de opdrachtnemers van de andere bouwstenen van het Beleidskader Natuur Waddenzee, de deelnemers aan diverse interne en externe bijeenkomsten, de Basismonitoring Wadden, en het LTER LIFE programma, en de domein experts die het technisch rapport hebben becommentarieerd, zeer erkentelijk voor hun bijdragen:

- Hoofdstuk 3 (Weer en klimaat): Pieter Siegmund (KNMI) voor luchttemperatuur, neerslag; wind en zonnestraling; Johan van der Molen (NIOZ) voor Watertemperatuur, zoutgehalte en troebelheid; Dewi le Bars (KNMI) en Riccardo Riva (TU Delft) voor Zeespiegelstijging) en Arjen Kok (WLN) voor zoetwaterafvoer;
- Hoofdstuk 4 (Leefomgeving): Marieke de Lange en Marcel Kotte (RWS) voor nutriëntenconcentraties en vervuilende stoffen; Martin Baptist (WMR) voor habitatypen; Marinka van Puijenbroek (WMR) voor kwelderzoning; Zheng Wang (Deltares) voor sedimentsamenstelling; Marieke van Katwijk (Radboud Universiteit) en Karin Troost (WMR) voor biogene structuren) en schelpdierbanken.
- Hoofdstuk 5 (Soorten): Pascale Jacobs (Hogeschool Zeeland) voor Primaire producenten; Allert Bijleveld, Oscar Franken en Roeland Blom (NIOZ) voor bodemdieren; Ingrid Tulp (WMR) voor vissen; Chiel Boom en Dirk Zoetebier (Sovon) voor vogels en Sophie Brasseur (WMR) voor zeezoogdieren;

Onze dank gaat met name ook uit naar diegenen die de in dit rapport besproken tijdreeksen zijn gestart, diegenen die langjarige observaties blijven volhouden of het werk van hun voorgangers hebben voortgezet, en de diverse overheidsinstanties en kennisinstellingen die deze meetprogramma's financieren.

Literatuur

- van Aken, H. M. (2008). Variability of the salinity in the western Wadden Sea on tidal to centennial time scales. *Journal of Sea Research*, 59 (3), 121-132.
- Baptist, M. J., Van Der Wal, J. T., Folmer, E. O., Gräwe, U., & Elschot, K. (2019). An ecotope map of the trilateral Wadden Sea. *Journal of sea research*, 152, 101761.
DOI: [10.1016/j.seares.2019.05.003](https://doi.org/10.1016/j.seares.2019.05.003)
- Bogaart, P., Brandenburg, K. & Philippart, K. (2024a). Staat van de natuur van de Waddenzee; Bouwsteen Beleidskader Natuur Waddenzee, Fase 1. Methodologie. Waddenacademie Rapport 2024-07.
- Bogaart, P.W., van der Loo, M., Pannekoek, J. (2024b). *rtrim: Trends and Indices for Monitoring Data*. Version 2.3.0. <https://cran.r-project.org/package=rtrim>
- Brandenburg, K. en Soldaat, L., 2025. Statistical combination of different types of chlorophyll-a measurements in the Dutch North Sea. Den Haag: Statistics Netherland CBS, <https://www.cbs.nl/nl-nl/achtergrond/2025/02/statistical-combination-of-different-types-of-chlorofyll-a-measurements-in-the-dutch-north-sea>
- Cash, D. W., Clark, W. C., Alcock, F., Dickson, N. M., Eckley, N., Guston, D. H., Jäger, J. and Mitchell, R. B. (2003). Knowledge systems for sustainable development. *Proceedings of the national academy of sciences*, 100 (14), 8086-8091. DOI: [10.1073/pnas.1231332100](https://doi.org/10.1073/pnas.1231332100)
- Dijkema, K. S., D. J. de Jong, M. J. Vreeken-Buijs, en W. E. van Duin (2005). *Kwelders en Schorren in de Kaderrichtlijn Water; Ontwikkeling van Potentiële Referenties en van Potentiële Goede Ecologische Toestanden*. Rijkswaterstaat-RIKZ/2005.020.
- Dillingh, D. (2013). *Veranderingen in gemiddelde zeeniveaus in de Nederlandse kustwateren*. Technisch rapport. Deltares, 86pp.
- Escaravage, V.L., M.J. Baptist, S. Wijnhoven (2024). *Indicatoren en maatlatten voor de beoordeling van structuur en functie van mariene habitattypen voor Natura 2000*. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 262
- Elschot K., M. E. B. Van Puijenbroek, D. D. G. Lagendijk, J-T. van der Wal, C. Sonneveld (2020). *Lange-termijnontwikkeling van kwelders in de Waddenzee (1960–2018)*. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 182/ Wageningen Marine Research rapport C023/20. 100 blz.
- Folmer, E. O., Bijleveld, A. I., Holthuijsen, S., van der Meer, J., Piersma, T., & van der Veer, H. W. (2023). Space–time analyses of sediment composition reveals synchronized dynamics at all intertidal flats in the Dutch Wadden Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 285, 108308.
- Gaalen, F. van, L. Osté & E. van Boekel (2020), *Nationale analyse waterkwaliteit. Onderdeel van de Delta-aanpak Waterkwaliteit*, Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Giesen, W.B.J.T., M.M. van Katwijk en C. den Hartog (1990). Eelgrass condition and turbidity in the Dutch Wadden Sea. *Aquatic Botany*, 37, 71–85. doi: [10.1016/0304-3770\(90\)90065-S](https://doi.org/10.1016/0304-3770(90)90065-S)
- Gregory, R. D., Van Strien, A., Vorisek, P., Gmelig Meyling, A. W., Noble, D. G., Foppen, R. P., & Gibbons, D. W. (2005). Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 360 (1454), 269–288. DOI: [10.1098/rstb.2004.1602](https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1602)

- Heidinga, D., B. Schilt, F. Versloot, W. Gotjé, W. Bijkerk en J.B. Latour (2023). *Ecologische evaluatie Natura 2000 beheerplannen; Natura 2000-beheerplan Waddenzee*. Witteveen+Bos in opdracht van Rijkswaterstaat, 312pp.
- Hijma, M.P., Bradley, S.L., Cohen, K.M. *et al.* (2025). Global sea-level rise in the early Holocene revealed from North Sea peats. *Nature*, 639, 652–657. <https://doi.org/10.1038/s41586-025-08769-7>
- Janssen, J.A.M. (red.), R.J. Bijlsma (red.), G.H.P. Arts, M.J. Baptist, S.M. Hennekens, B. de Knecht, T. van der Meij, J.H.J. Schaminée, A.J. van Strien, S. Wijnhoven, T.J.W. Ysebaert (2020). *Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen*. Achtergronddocument. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 171. 97 blz.
- Jentink, R. (2018). Ontwikkeling kweldervegetaties Waddengebied, in de verschillende KRW Waterlichamen, periode 1998-2015. Rijkswaterstaat. Rapportnummer: M170908699_01.
- Kers, A.S. en Zielman, J. B. (2022). *Toelichting op de habitattypenkaart Waddenzee T1. 2012–2019*.
- Kok, A. en Vollenbroek R. (2024). *Waterbeschikbaarheid Noord-Nederland; Analyse voor de periode 2010 - 2022*. Rapport 2024-03, Waddenacademie, Leeuwarden, 84pp.
- Korner-Nievergelt, F., Strebel, N., Buckland, S. T., Freeman, R., Gregory, R. D., Guélat, J., ... & Sattler, T. (2022). Multi-species population indices for sets of species including rare, disappearing or newly occurring species. *Ecological Indicators*, 140, 109005. DOI: [10.1016/j.ecolind.2022.109005](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109005)
- van der Molen, D. T., R. Pot, C. H. M. Evers, F. C. J. van Herpen en L. L. J. van Nieuwerburgh (red.) (2018). *Referenties en maatlatten voor natuurlijke watertypen voor de Kaderrichtlijn Water 2021–2027*. Stowa rapport; No. 2018-49. STOWA. ISBN 978.90.5773.813.5.
- Philippart, K., K. Bastmeijer, P. van Beukering, P. Hoekstra, H. van Londen, P. Bogaart, K. Brandenburg & F. Petersma (2025). *Staat van de Waddenzee 2025*. Waddenacademie rapport 2025-01, Leeuwarden.
- Soldaat, L., H. Visser, M. van Roomen en A. van Strien (2007). Smoothing and trend detection in waterbird monitoring data using structural time-series analysis and the Kalman filter. *J. Ornithol.* 148 (Suppl 2): 351–357. DOI: [10.1007/s10336-007-0176-7](https://doi.org/10.1007/s10336-007-0176-7)
- Stolte, W., F. Baart, S. Muis, M. Hijma, M. Taal, D. Le Bars, S. Drijfhout (2023), *Zeespiegelmonitor 2022*, Technisch rapport, Deltares en KNMI, 151pp.
- van Strien, A. J., Soldaat, L. L., & Gregory, R. D. (2012). Desirable mathematical properties of indicators for biodiversity change. *Ecological indicators*, 14 (1), 202-208. DOI: [10.1016/j.ecolind.2011.07.007](https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.07.007)
- United Nations, European Union, Food and Agriculture Organization of the United Nations, International Monetary Fund, Organisation for Economic Co-operation and Development, The International Bank for Reconstruction and Development/The World Bank (2024), *System of Environmental-Economic Accounting – Ecosystem Accounting*. New York: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Statistics Division. Statistical Papers Series F No. 124.
- Visser, H. (2004). Estimation and detection of flexible trends. *Atmospheric Environment*, 38 (25), 4135-4145. DOI: [10.1016/j.atmosenv.2004.04.014](https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2004.04.014)

- Visser, H., Dangendorf, S., & Petersen, A. C. (2015). A review of trend models applied to sea level data with reference to the “acceleration-deceleration debate”. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 120 (6), 3873-3895. DOI: [10.1002/2015JC010716](https://doi.org/10.1002/2015JC010716)
- Vroom, J. en B. van Maren (2024). De slibdynamiek in het Eems-estuarium; Een heldere beschrijving van veranderingen door de eeuwen heen. Deltares.
- Walker, J.S., Kopp, R.E., Little, C.M. *et al.* (2022). Timing of emergence of modern rates of sea-level rise by 1863. *Nature Communications*, 13, 966. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28564-6>
- Wijnhoven, S., Bos, O.G. (2017). Benthische Indicator Soorten Index (BISI): Ontwikkelingsproces en beschrijving van de Nationale Benthos Indicator Noordzee inclusief protocol voor toepassing. Ecoauthor Report Series 2017 - 02, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven (2023). Protocol Benthic Indicator Species Index (BISI): Protocol BISI for generic application (BISI v3). Version v170424. Ecoauthor Report Series 2023 – 01, Heinkenszand, the Netherlands.
- WWF (2024) *Living Planet Report 2024 – A System in Peril*. WWF, Gland, Switzerland.
- Zwarts, L., Dubbeldam, W., Van den Heuvel, H., Van de Laar, E., Menke, U., Hazelhoff, L., Smit, C.J., 2004. Bodemgesteldheid En Mechanische Kokkelvisserij in de Waddenzee. Technical Report 2004.028, RIZA, Lelystad.