

Beoordeling kwaliteitstoestand Nederlandse deel Noordzee op basis van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI)

Toestand en ontwikkelingen van benthische
habitats en HR-/KRM-gebieden gedurende 2016-
2021 in vergelijking tot voorgaande jaren

Sander Wijnhoven



Uitgevoerd in opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) in overleg met het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat (IenW).

Eindrapport, 28 mei 2024

Ecoauthor Report Series 2023 - 02

Ecoauthor
Scientific Writing & Ecological Expertise

KvK (CoC) number 65611330

info@ecoauthor.net
www.ecoauthor.net

Leeuwerikhof 16,
NL-4451 CW Heinkenszand,
the Netherlands

Dankwoord

Graag dank aan het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) en Sjaak Vonk (DG Natuur & Visserij) in het bijzonder voor het gunnen en mogelijk maken van de opdracht en het becommentariëren van het conceptrapport. Ook dank aan alle personen die betrokken zijn geweest bij de op- en aanlevering van de benthos-data en Serge Rotteveel, Alex Olivera (Informatiehuis Marien) en Joël Cuperus (RWS-CIV; nu Waardenburg Ecology) in het bijzonder en Suzanne Stuijzand (RWS-WVL) voor het bediscussiëren van de resultaten.

© Copyright, 2023. **Ecoauthor** – *Scientific Writing & Ecological Expertise*, Heinkenszand, the Netherlands.

This publication can be reproduced and/or printed or saved in a storage system, acknowledging the author and/or Ecoauthor (preferably using the citation as suggested).

Foto voorkant: Lanice conchilega (schelpkokerworm); een indicatorsoort voor diepe zandige en ondiepe zandige tot slibrijke habitattypes (Offshore circalitoraal zand, circalitoraal zand en circalitoraal slib). Foto O.G. Bos, afkomstig uit de Wageningen University & Research – Image Collections.

Report should be cited as:

Wijnhoven, S. (2023). Beoordeling kwaliteitstoestand Nederlandse deel Noordzee op basis van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Toestand en ontwikkelingen van benthische habitats en HR-/KRM-gebieden gedurende 2016-2021 in vergelijking tot voorgaande jaren. Ecoauthor Report Series 2023 – 02, Heinkenszand, the Netherlands.

Inhoud

Samenvatting.....	5
1. Introductie	10
2. Methoden	14
2.1 Benthos-data	14
2.2 BISI v3	15
2.3 Toetsen kwaliteitsverschillen	17
2.4 Visserijdruk	18
2.5 Brede habitattypes.....	19
2.6 Habitatrichtlijn habitattypes.....	20
3. Resultaten & discussie	21
3.1 Kwaliteitstoestand KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden).....	21
3.1.1. Centrale Oestergronden (COE).....	22
3.1.2. Friese Front (FF).....	24
3.1.3. Doggersbank (DB).....	26
3.1.4. Voordelta (VD).....	29
3.1.5. Noordzeekustzone (NZKZ).....	31
3.1.6. Vlake van de Raan (VvdR).....	33
3.1.7. Klaverbank (KB).....	35
3.1.8. Bruine Bank (BB).....	37
3.2 Kwaliteitstoestand EU MSFD Brede Habitattypes (BHTs).....	39
3.2.1. Diep zandig habitatype (Offshore circalitoraal zand).....	40
3.2.2. Diep slibrijk habitatype (Offshore circalitoraal slib).....	41
3.2.3. Diep grof sediment habitatype (Offshore circalitoraal grof sediment).....	42
3.2.4. Ondiep zandig habitatype (Circalitoraal & infralitoraal zand).....	42
3.2.5. Ondiep slibrijk habitatype (Circalitoraal & infralitoraal slib).....	43
3.2.6. Ondiep grof sediment habitatype (Circalitoraal & infralitoraal grof sediment).....	44
3.3 Kwaliteitstoestand habitatrichtlijn habitat(sub)typen.....	45
3.3.1. H1110b Permanent overstroomde zandbanken van de kustzone	45
3.3.2. H1110c Permanent overstroomde zandbanken van de offshore.....	46
3.3.3. H1170 Riffen van de open zee	47
3.4 Algemene discussie methodiek	47
4. Literatuur.....	48
Appendix 1. Resultaten specifieke beoordelingen	52
1.1 Oorzaken en effecten kwaliteit KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden).....	52
1.1.1. Centrale Oestergronden (COE).....	52

1.1.2. Friese Front (FF).....	54
1.1.3. Doggersbank (DB).....	56
1.1.4. Voordelta (VD).....	58
1.1.5. Noordzeekustzone (NZKZ).....	59
1.1.6. Vlakte van de Raan (VvdR).....	60
1.1.7. Klaverbank (KB).....	61
1.1.8. Bruine Bank (BB).....	63

Samenvatting

De huidige rapportage presenteert de kwaliteitstoestand en –ontwikkeling van de habitats van de zeebodem van de Nederlandse Noordzee op basis van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI) voor de periode 2016-2021. De huidige toestand en ontwikkeling wordt vergeleken met de situatie in en voor 2015. De nadruk ligt hierbij op de kwaliteitstoestand van Habitatrichtlijngebieden (HR-gebieden) en enkele KRM-zoekgebieden (zoekgebieden voor bodembeschermingsmaatregelen onder de Kaderrichtlijn Marien (KRM) ten behoeve van verbetering van de zeebodemkwaliteit). De KRM-zoekgebieden zijn ten tijde van de inrichting van het benthos-monitoringprogramma aangewezen als voorstellen voor bodembeschermingsgebieden, en omvatten tezamen met de HR-gebieden de kenmerkende en waardevolle habitattypen van de Nederlandse Noordzee. Inmiddels zijn en worden er ook KRM-gebieden (gebieden waar specifieke bodembeschermingsmaatregelen worden genomen zoals het weren van bodemberoerende visserij) aangewezen die veelal gelegen zijn in en rond de KRM-zoekgebieden. Omdat bodembeschermende maatregelen zich concentreren rond de KRM-zoekgebieden, is er ook sprake van monitoring in de overige gebieden, maar dan met een lagere intensiteit. Het monitoringprogramma geeft de mogelijkheid om op basis van de bodemdiergemeenschappen de kwaliteitstoestand en ontwikkeling van de specifieke gebieden te beoordelen. Daarnaast worden de kwaliteitstoestand van de (KRM) Brede habitattypes en HR-habitattypes op het niveau van de Nederlandse Noordzee beoordeeld.

2015 is het laatste jaar waarover is gerapporteerd en het eerste jaar van monitoring volgens het huidige KRM-benthos-meetprogramma dat op gestandaardiseerde wijze (vergelijkbare inspanningen en representativiteit) om de drie jaar wordt herhaald. In het verleden was er ook al sprake van monitoring, zodat resultaten ook worden vergeleken met de ontwikkelingen tot 2015. Het aantal meetlocaties was veelal beperkter, maar de frequentie van bemonstering met de boxcorer (gehele Nederlandse deel Noordzee) en de bodemschaaf (specifiek de kustzone) was jaarlijks.

De huidige beoordeling maakt gebruik van BISI v3 (Wijnhoven, 2023a). BISI v3 kent een aantal aanpassingen ten opzichte van eerdere versies omwille van de vergroting van de gevoeligheid van de index en de mogelijkheden van het eventueel kunnen detecteren van oorzaken en gevolgen van waargenomen kwaliteitsveranderingen via specifieke beoordelingen. Het betreft hier voornamelijk de verplaatsing van de indicatiewaarde per indicatorsoort (IV_i) buiten de log-term, en een halvering van de indicatiewaarde iv_i in het geval deze al kleiner dan 1 was. Hiermee komt de nadruk van de beoordeling meer op het vóórkomen van de beste (meest specifieke) indicatorsoorten te liggen. Deze aanpassingen in de berekeningen betekenen wel dat BISI-resultaten volgens v3 en de voorgaande versies niet één-op-één vergelijkbaar zijn. Zodoende worden hier de eerder gerapporteerde ontwikkelingen (o.a. Wijnhoven, 2018) wederom gepresenteerd volgens de geüpdatete versie. Aanpassingen aan de BISI-berekening hebben overigens geen consequenties voor de richting van kwaliteitsontwikkelingen (of het kwaliteitsverbetering of -verslechtering indiceert) die worden waargenomen, waar het de algemene kwaliteitsbeoordeling (waarin alle geselecteerde indicatorsoorten even zwaar tellen) betreft. Enkel de absolute waarden zijn anders (vallen ogenschijnlijk lager uit), en de specifieke beoordelingen (indicatie van oorzaken en/of gevolgen voor ecologisch functioneren van waargenomen toestand en/of ontwikkeling) worden beïnvloed.

Kwaliteit HR- en KRM-gebieden:

- Zowel de Centrale Oestergronden als het Friese Front vertonen sinds het begin van de jaren 90 initieel een geleidelijke kwaliteitsverbetering van de zeebodemhabitats gedurende 15-20

jaar. Voor beide gebieden wordt een terugval in de kwaliteitstoestand waargenomen die op het Friese Front vanaf 2010 en op de Centrale Oestergronden vanaf 2015 duidelijk zichtbaar is. Op de Centrale Oestergronden is er vanaf 2018 en op het Friese Front mogelijk vanaf 2021 sprake van voorzichtige kwaliteitsverbetering, maar ruim onder het niveau van de toestand zo'n 10 tot 15 jaar daarvoor. Teruggang in kwaliteit valt samen met toename in visserijdruk op Centrale Oestergronden (met name vanaf 2012), en al hoge visserijdruk op Friese Front in 2009. Stagnatie of geringe verbetering volgt op substantiële afname visserijdruk in 2018 (Friese Front) en 2020 (Centrale Oestergronden).

- De gebieden van de kustzone; Noordzeekustzone, Voordelta en Vlake van de Raan, worden gekenmerkt door een kwaliteitstoestand die permanent op een laag niveau fluctueert. De kwaliteitstoestand lijkt voor laatstgenoemden HR-gebieden voor de jaren 2015-2021 net iets hoger dan de perioden daarvoor; het duidelijkste voor de Vlake van de Raan. In de Noordzeekustzone is de visserijdruk permanent veel (6-8x) hoger dan het niveau waarop sterke verstoring wordt verondersteld. In de Voordelta is de visserijdruk vanaf 2018 duidelijk afgenomen, maar nog steeds hoog te noemen. Op de Vlake van de Raan is er nog geen sprake van afname visserijdruk. Daar, en wellicht ook in Voordelta, kunnen afname van het chlorofyl-A groeiseizoen en geleidelijke afname in verontreinigingsniveaus er toe leiden dat de kwaliteitstoestand van de benthische habitats niet verder achteruit gaat en wellicht zelfs de eerste tekenen van kwaliteitstoename laten zien.
- Op de Doggersbank is de sinds halfweg de jaren 90 achteruitgaande kwaliteit van de benthische habitats de afgelopen 10 jaar tot stilstand gekomen. De meest recente waarnemingen van 2021 duiden zelfs op enige verbetering hetgeen mogelijk samenhangt met de laagst waargenomen visserijdruk in gemiddeld aantal visserijbewegingen en percentage oppervlak verstoord in 2020. De visserijdruk gedurende de afgelopen 12 jaar ligt gemiddeld nog wel net boven het niveau waar sterke verstoring wordt verondersteld.
- De databeschikbaarheid voor de Klaverbank is voornamelijk beperkt tot de periode 2015-2021 met 3 meetmomenten. De kwaliteitstoestand verbetert in die periode niet en lijkt zelfs iets af te nemen. Zo ook is de visserijdruk onverminderd hoog (ruim 3x het niveau waarop sterke verstoring wordt verwacht) en neemt nauwelijks af.
- De Bruine Bank vertoonde lange tijd een permanent lage kwaliteitstoestand, die hooguit begin jaren 90 wat beter was. In 2021 is er echter een duidelijke verbetering in de kwaliteitstoestand te zien (die gezien de recente datum nog niet leidt tot een stijgende trend). Tot en met 2020 was er zeker nog geen aanwijzing voor verbetering door afname van de visserijdruk, hoewel specifieke indicatorsoorten wel duiden op een afname in intensiteit van bodemberoering. Verlaagde druk is mogelijk zeer recent en wellicht spelen andere kwaliteitsverbeteringen een rol.

Kwaliteit (KRM) Brede habitattypes:

- De ontwikkeling van het 'Offshore circalitorale slibrijke habitatype (diep slibrijk)' laat een bijna 15 jaar durende toename van de habitatkwaliteit zien van halfweg de jaren 90 tot ongeveer 2008. Vervolgens wijzigt de trend en is juist een afname in kwaliteit zichtbaar tot 2018. In 2021 lijkt de toestand weer iets te verbeteren. Het patroon vertoont uiteraard overeenkomsten met de bevindingen voor het Friese Front en de Centrale Oestergronden.
- Het 'Offshore circalitorale zandige habitatype (diep zand)' vertoont in lijn met de ontwikkelingen op de Doggersbank een teruggang in de kwaliteitstoestand gedurende de jaren 90 en aan het begin van deze eeuw. De achteruitgang komt echter (iets eerder dan op de Doggersbank als geheel) tot stilstand en laat nu ten minste 10 tot 12 jaar een stabiele situatie zien.
- Ondanks een duidelijke verandering in de kwaliteitstoestand tussen 2013 en 2014 voor het 'Circalitorale slib (ondiep slib; overigens met inbegrip van de infralitorale variant), is er voor en

na die tijd geen sprake van significante ontwikkelingen. Op de Vlakte van de Raan, die voor een deel uit dit habitattype bestaat, leidt dit wel tot een geringe maar significant toenemende trend voor de kwaliteit.

- 'Circalitoraal zand (met inbegrip van de infralitorale variant; ondiep zand) vertoont een permanent lage maar ook licht toenemende kwaliteitstoestand. Dit in overeenstemming met de ontwikkelingen van de Voordelta en Vlakte van de Raan, en dit ondanks inbegrip van de Noordzeekustzone (waar een dergelijke verbetering niet direct zichtbaar is). Ook op de Doggersbank, waar het kwaliteitsniveau in zijn geheel iets beter is, is het habitattype aanwezig, en is een recente verbetering (hier na een periode van significante afname) zichtbaar.
- De 'ondiepe gebieden met grof sediment (Circalitoraal en infralitoraal grof sediment habitat)' liggen, zij het een kleiner oppervlak bestrijkend, min of meer in dezelfde gebieden als de zandige tegenhanger. De ontwikkeling van de kwaliteitstoestand is op basis van bodemschaaf-data vergelijkbaar met het eerdergenoemde habitat, maar de recente toestand van het grovere type lijkt net iets beter. Op basis van boxcorer-data is geen kwaliteitsverbetering zichtbaar. De databeschikbaarheid voor wat betreft de 'Offshore circalitorale variant (diep grof sediment habitat)' voornamelijk voorkomend op de Klaverbank, is met 3 meetmomenten vooralsnog te beperkt om iets van een kwaliteitsontwikkeling te kunnen detecteren.

Kwaliteit HR-habitats:

- De ontwikkeling van de kwaliteitstoestand van het HR habitattype H1110b (Permanent overstroomde zandbanken van de kustzone), wordt voor een belangrijk deel bepaald door de kust- en gedeeltelijk offshore-gebieden gelegen buiten de Habitatrictlijngebieden van de kustzone. Het ontwikkelingspatroon is vergelijkbaar met de kwaliteit waargenomen in de HR-gebieden van de kustzone: Overwegend laag, maar recentelijk op basis van bodemschaafdata een significante verbetering van de kwaliteit die groter is buiten dan binnen de HR-gebieden.
- De resultaten voor HR habitattype H1110c (Permanent overstroomde zandbanken van de offshore) zijn, zoals te verwachten gezien het relatief beperkte oppervlak dat buiten de Doggersbank valt, zeer gelijkend op de kwaliteitsontwikkeling zoals waargenomen op de Doggersbank. Een achteruitgaande kwaliteit van de zeebodemhabitat van 1995 tot ongeveer 2012, maar een consolidatie van de kwaliteitstoestand sinds die tijd.
- De beoordeling van H1170 (Riffen van de open zee) maakt gebruik van exact dezelfde data als de Klaverbankbeoordeling, zodat door een beperkt aantal meetmomenten nog geen zicht is op eventuele kwaliteitsontwikkeling.

Tabel 1. Samenvatting huidige kwaliteitstoestand (als BIS-score in 2021 en als gemiddelde BISI-score voor de KRM-rapportage-periode 2016-2021) en ontwikkeling benthische habitats op basis van de BISI ten opzichte van situatie en ontwikkeling tot en met 2015 voor Kaderrichtlijn Marien (KRM)-zoekgebieden (inclusief Habitatrictlijn (HR)-gebieden), KRM Brede habitattypes (BHTs) en HR-habitattypes van de Nederlandse Noordzee. Alle gepresenteerde BISI-scores (kwaliteitstoestand relatief ten opzichte van de interne referentie die gelijk is aan '1') ± standaarddeviatie, zijn significant afwijkend van de interne referentie met $p < 0,05$.

Te beoordelen gebieden	Recent historische ontwikkeling kwaliteitstoestand	Huidige kwaliteitstoestand (BISI-score 2021)	Toestand 2021 en ontwikkeling ten opzichte van 2015	Kwaliteitstoestand KRM-rapportage-periode 2016-2021
KRM-zoekgebieden (incl HR-gebieden):				
Centrale Oestergronden	Substantiële verbetering sinds 1995 overgegaan in flinke achteruitgang; trendbreuk rond 2010-2012	0,104 ± 1,092	Vergelijkbaar tot mogelijk lichte verbetering (maar ruim onder niveau 2012)	0,115 ± 0,851

Friese Front	Substantiële verbetering sinds 1995 overgegaan in verslechtering; trendbreuk rond 2007-2009	0,144 ± 0,972	Verslechtering doorgezet naar 2018 en in 2021 gestagneerd	0,136 ± 0,939
Doggersbank	Sinds 1995 afnemend; vanaf 2009-2010 overgegaan in stagnatie	0,158 ± 1,798	Na stagnatie recentelijk mogelijk enige verbetering	0,140 ± 1,554
Voordelta	Fluctuerend op laag niveau; geringe verbetering tussen 1995 en 2005, daarna stagnatie	0,087 ± 1,284	Vergelijkbaar tot mogelijk lichte verbetering	0,091 ± 1,362
Noordzeekust-zone	Fluctuerend op laag niveau	0,056 ± 0,600	Vergelijkbaar tot mogelijk lichte achteruitgang	0,063 ± 0,765
Vlakte van de Raan	Geringe verbetering tussen 2004-2021	0,063 ± 0,716	Achteruitgang waardoor verbetering op lange termijn beperkt blijft	0,086 ± 1,113
Klaverbank	Onduidelijk door gebrek aan data	0,082 ± 0,979	Mogelijk recente verslechtering	0,102 ± 1.133
Bruine Bank	Constant laag niveau van 1995-2015; trendbreuk naar mogelijke verbetering 2019-2021	0,198 ± 1,103	Substantiële kwaliteitsverbetering	0,161 ± 0,909
Brede habitattypes (BHTs):				
Diep slibrijk habitat (Offshore circalittoral mud)	Substantiële verbetering sinds 1995 overgegaan in achteruitgang; trendbreuk rond 2006-2008	0,174 ± 2,204	Vergelijkbaar tot mogelijk lichte verbetering in 2021	0,162 ± 1,983
Diep zandig habitat (Offshore circalittoral sand)	Geleidelijke afname sinds 1995 (mogelijk enige stagnatie sinds 2008)	0,210 ± 2,490	Vergelijkbaar (gevarieerd beeld op basis van boxcorer en bodemschaaf)	0,208 ± 2,551
Diep grof sediment habitat (Offshore circalittoral coarse sediment)	Onduidelijk door gebrek aan data	0,096 ± 0,872	Vergelijkbaar tot mogelijk enige achteruitgang	0,074 ± 0,689
Ondiep slibrijk habitat (Circalittoral + Infralittoral mud)	Fluctuerend op laag niveau met mogelijk een tijdelijk iets betere toestand rond 2014-2018	0,049 ± 0,333	Mogelijk weer recente verslechtering na eerdere verbetering	0,089 ± 0,519
Ondiep zandig habitat (Circalittoral + Infralittoral sand)	Fluctuerend op laag niveau, echter geringe verbetering tonend	0,076 ± 1,343	Vergelijkbaar (gevarieerd beeld op basis van boxcorer en bodemschaaf)	0,085 ± 1,456
Ondiep grof sediment habitat (Circalittoral + Infralittoral coarse sediment)	Gevarieerd beeld op basis van boxcorer en bodemschaaf; respectievelijk fluctuerend op laag niveau en geleidelijke verbetering van 2004-2021	0,076 ± 0,493	Lichte achteruitgang	0,072 ± 0,443
Habitatrichtlijn habitattypen:				
H1110b (Permanent overstroomde zandbanken van de kustzone)	Gevarieerd beeld op basis van boxcorer en bodemschaaf; respectievelijk fluctuerend op laag niveau en verbetering van 2004-2021	0,112 ± 1,817	Vergelijkbaar (consolidatie van verbetering sinds 2015)	0,127 ± 2,474
H1110c (Permanent overstroomde zandbanken van de offshore)	Afnemend (1995-2012); stagnatie daarna	0,155 ± 1,799	Mogelijk enige verbetering, maar gevarieerd beeld op basis van boxcorer en bodemschaaf	0,134 ± 1,529

H1170 (Riffen van de open zee)*	Onduidelijk door gebrek aan data	0,082 ± 0,979	Mogelijk recente verslechtering	0,102 ± 1.133
---------------------------------	----------------------------------	---------------	---------------------------------	---------------

* Identiek aan beoordeling Klaverbank (gebruik zelfde observaties)

Kwaliteit open/gesloten gebieden:

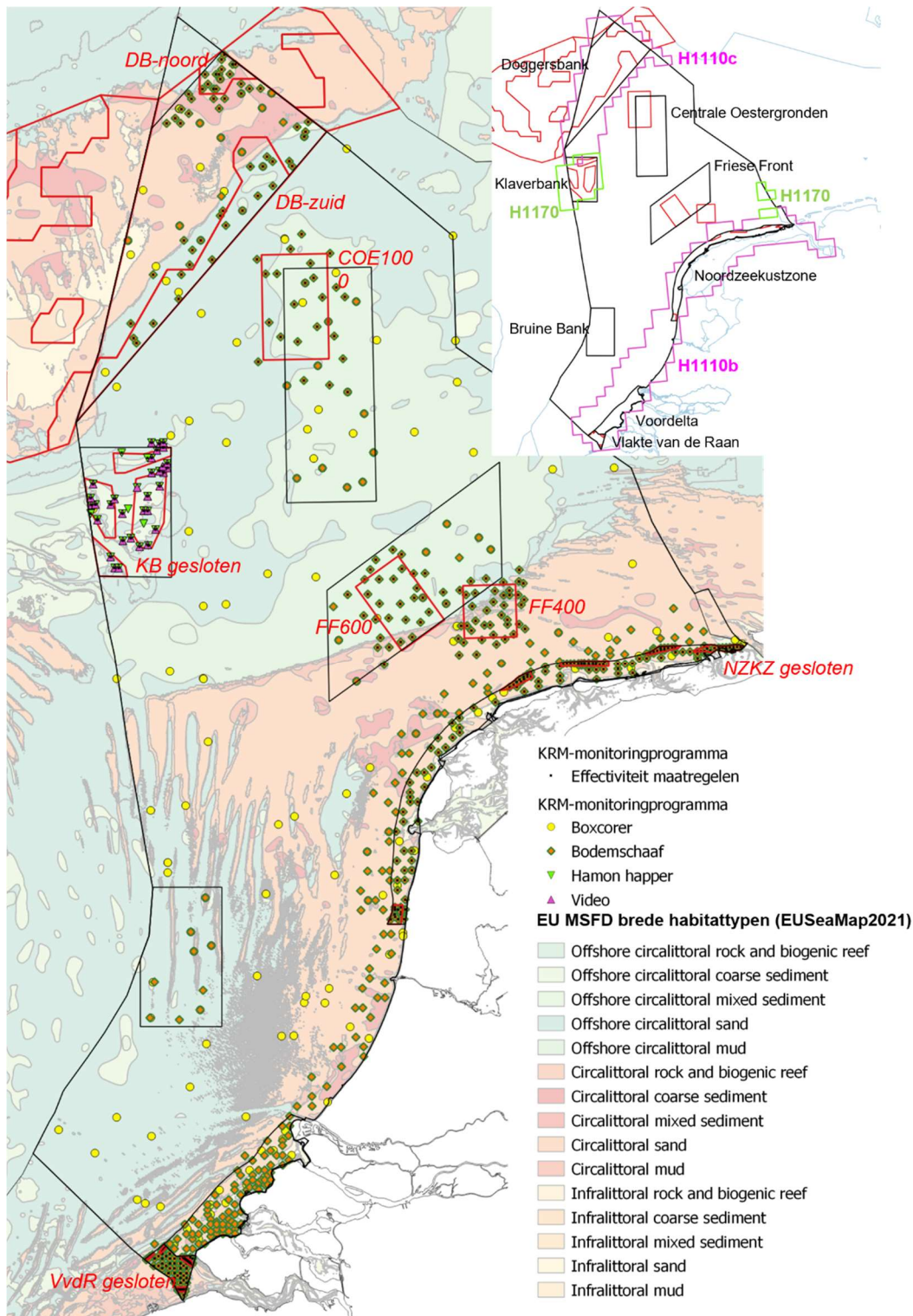
- Op de Vlakte van de Raan en in de Noordzeekustzone zijn in 2016 respectievelijk 4 en 5 qua oppervlak beperkte gebiedjes gesloten voor bodemberoerende visserij. De kwaliteitstoestand van de gesloten gebiedjes op de Vlakte van de Raan blijkt voor gebiedssluiting al significant minder dan voor de open gebieden. Deze verbetert niet onder invloed van de maatregelen terwijl open gebieden wel significante verbetering laten zien. In de Noordzeekustzone zijn die gesloten gebiedjes bij aanvang juist van betere kwaliteit, en blijft dit verschil vergelijkbaar na gebiedssluiting.
- Op de Centrale Oestergronden en het Friese Front zijn wel substantiële gebieden (overigens niet volledig gelegen binnen het oorspronkelijk overwogen KRM-zoekgebied waar voorafgaand aan 2015 het KRM-benthos-monitoringprogramma op is afgestemd) gesloten, maar is dit echter pas effectief sinds maart 2023. De kwaliteitstoestand van het inmiddels gesloten en te vergelijken open gebied is niet (meer) verschillend voor de slibrijke gebieden van de Centrale Oestergronden en het Friese Front. Het meer zandige te sluiten gebied (FF400, dat in grote lijnen overeenkomt met wat tegenwoordig met betrekking tot het Gemeenschappelijk Visserij Beleid 'FF sub area 2' wordt genoemd) is echter van betere kwaliteit ten opzichte van het omliggende open gebied.
- Ook op de Doggersbank zijn zowel het noordelijke als het zuidelijke te sluiten gebied van vergelijkbare kwaliteit als de omliggende open gebieden; een datum, voor effectieve sluiting is echter nog niet bekend.
- Op de Klaverbank, ook effectieve gebiedssluiting sinds maart 2023, is door het ontbreken van enkele video-observaties voor de open gebieden in 2021, het onduidelijk hoe de kwaliteitstoestand van open gebieden zich voor sluiting verhield tot die van de inmiddels gesloten gebieden.

1. Introductie

In 2016 en 2017 is de Benthische Indicator Soorten Index (BISI) uitgewerkt als de nationale benthos-indicator voor het Nederlandse deel van de Noordzee (Wijnhoven & Bos, 2017). Wijnhoven (2018) presenteert de eerste toepassing als T0 op basis van de eerste versie van de methodiek (Wijnhoven 2017a,b). De T0 bestaat uit de beoordeling van de kwaliteitstoestand van gebieden en habitats van het Nederlandse deel van de Noordzee in 2015 en de kwaliteitsontwikkelingen in de voorafgaande jaren. 2015 is ook het eerste jaar waarin de monitoring volgens de 'KRM-monitoring-opzet' is uitgevoerd. Het programma is een voortzetting van het voormalige BIOMON boxcorer-monitoringprogramma, met uitbreiding van het aantal te bezoeken meetlocaties, echter met reductie van de meetfrequentie van jaarlijks naar eens per drie jaar. Daarnaast is een uitgebreide bodemschaafbemonstering toegevoegd in de offshore-gebieden. Ook wordt voor de kustgebieden gebruik gemaakt van een vaste selectie aan meetlocaties uit het overwegend op bodemschaafbemonstering gebaseerde WOT-meetprogramma, uitgebreid met een aantal extra meetlocaties (Figuur 1).

De huidige rapportage presenteert de kwaliteitstoestand en ontwikkeling in de daaropvolgende jaren met de nadruk op de jaren 2018 en 2021. In principe wordt de 3-jaarlijkse bemonsteringsstrategie gevolgd, maar omwille van het grote aantal monsters en beperkte capaciteit zijn onderdelen in de daaropvolgende jaren (2019 of 2022) uitgevoerd. Daarbij aandacht voor de brede habitattypes (BHTs), de beschermde gebieden en de beoordeling van gesloten/te sluiten gebieden. BHTs zijn focus van de benthische habitats beoordeling ten behoeve van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). De huidige rapportage is ook achtergrondrapportage voor de D6C5 (kwaliteit benthische habitattypen) uitwerking (Min IenW & Min LNV, 2024b) van de Mariene Strategie deel 1 (MS1). De beschermde gebieden van het Nederlandse deel van de Noordzee omvatten de Habitatrictlijngebieden (HR-gebieden) en zoekgebieden voor KRM-gebieden (gebieden met bijzondere ecologische kwaliteit). Voorafgaand aan 2015 is met andere contouren (zoekgebieden) voor KRM-gebieden gewerkt die echter nog geen bijzondere status hadden, waar het KRM-benthos-meetprogramma destijds op is afgestemd (Wijnhoven et al., 2013). In en rond de zoekgebieden zijn inmiddels gebieden gesloten of zijn gebieden voorgedragen voor visserijmaatregelen, die dan als KRM-gebieden worden aangehouden. Vanwege representativiteit van HR-gebieden en zoekgebieden voor aanbod habitattypen in het Nederlandse deel van de Noordzee, is de intensiteit van de monitoring groter in en rond deze gebieden dan in overige gebieden. Specifieke maatregelen ter bescherming zeebodembiosystemen in de vorm van uitsluiten bodemberoerende visserij, zijn in en rond de HR-gebieden en zoekgebieden genomen (delen buiten HR-gebieden worden dan automatisch als KRM-gebieden aangeduid). De huidige monitoring kent een specifiek (Before-After-Control-Impact; BACI) design voor de beoordeling van de effectiviteit van de maatregel van sluiting van gebiedsdelen voor bodemberoerende visserij. De kwaliteitsontwikkeling van gebieden met maatregelen (gesloten gebieden) ten opzichte van de controle gebieden (open gebieden) wordt ook gepresenteerd.

Omwille van verbetering van de detecteerbaarheid van eventuele verschillen in kwaliteit op basis van de BISI-score is de BISI sinds de eerste versie geoptimaliseerd. Verbeteringen zijn gerealiseerd op het vlak van het kunnen onderscheiden van (1) mogelijke oorzaken en (2) gevolgen voor het ecologisch functioneren van waargenomen kwaliteitstoestand en/of kwaliteitsontwikkeling (via specifiekere beoordelingen). Zodoende wordt hier gebruik gemaakt van BISI v3 (Wijnhoven, 2023a). Door aanpassing van de beoordelingsmethodiek zijn ook de resulterende BISI-scores niet één-op-één vergelijkbaar met de resultaten uit het verleden (op basis van BISI v1). Ontwikkelingen in de algemene kwaliteitstoestand zullen een vergelijkbaar patroon laten zien, maar absolute BISI-scores en relatieve verschillen in scores zijn anders en er zullen verschillen in de specifieke beoordelingen optreden. Zodoende zijn hier de resultaten voor ontwikkelingen in de kwaliteitstoestand van benthische habitats tot en met 2015 herrekend en gepresenteerd tezamen met de ontwikkelingen tot en met 2022.



Figuur 1. Het Nederlandse deel van de Noordzee (totale KRM-gebied) met onderverdeling in EU MSFD brede habitattypen (BHTs) volgens EUSeaMap 2021 en aanduiding van Habitatrichtlijn- (HR-) en KRM-zoekgebieden (zwart omlijnd), gesloten gebieden (rood omlijnd die ofwel binnen HR-gebieden liggen, of nu zijn aangeduid als KRM-gebied); gebieden Doggersbank onderdeel van internationaal voorstel zoals zichtbaar buiten het HR-gebied), en grove afbakening ligging HR habitattypen H1110b, H1110c in paars en H1170 in groen, op basis van 10x10 km hokken met aanwezigheid. Daarnaast aanduiding positionering meetlocaties KRM-monitoringprogramma situatie 2021 met specifieke aanduiding meetlocaties ten behoeve van beoordeling effectiviteit maatregelen (gebiedssluiting voor bodemberoerende visserij).

Het KRM-monitoringprogramma gaat uit van de inzet van twee typen meettechnieken. Voor veel gebieden en habitats betreft het de inzet van de boxcorer en de inzet van de bodemschaaf (eventueel in de kustzone plaatselijk vervangen door Van Veen happer of zuigkor). Rond de Klaverbank en habitatrichtlijn H1170 'Riffen van de open zee' habitattype beoordeling en daarmee met name voor een groot aantal 'offshore circalitoraal grof sediment' waarnemingen is gebruik gemaakt van de Hamon happer en video-observatie (Wijnhoven, 2019a). Kwaliteitsbeoordeling op basis van de BISI vindt in principe op basis van de combinatie van meettechnieken plaats.

Het KRM-meetprogramma is hier sinds 2015 op ingericht zodat de kwaliteitstoestand ten behoeve van de KRM voor de periode 2016-2021 als gemiddelde BISI-score op basis van gecombineerde technieken wordt gepresenteerd. Voor 2015 is het aantal meetlocaties over het algemeen beperkter (maar de frequentie van bemonstering binnen BIOMON en WOT-programma's hoger). Kwaliteitsontwikkelingen zijn zichtbaar gemaakt door middel van trendanalyses en trendbreukanalyses op basis van voor de gehele periode vergelijkbare datasets (zelfde meetlocaties consequent bemonsterd). Zodoende zijn daarvoor beoordelingen voor meettechnieken afzonderlijk uitgevoerd, hetzij op basis van de resultaten van BIOMON boxcorer-meetlocaties (vanaf 1995), hetzij op basis van WOT-bodemschaafmeetlocaties (in de kustzone vanaf 2004). Resultaten van andere monitoringcampagnes (oudere data, schaafebemonstering in offshore of recentelijk uitgebreidere KRM-datasets) worden enkel ter indicatie in figuren gepresenteerd, maar kennen dus verschillen in monitoring-inspanning, opzet en/of specificaties bemonsteringstechnieken (Wijnhoven, 2019a).

De huidige rapportage presenteert de kwaliteitstoestand en -ontwikkeling van de gebieden, deelgebieden met verschillend beheer en habitats van de Nederlandse Noordzee volgens BISI v3. Tabel 2 geeft een overzicht van de geanalyseerde gebieden en habitats. Daarmee fungeert de rapportage onder andere als achtergronddocument van de KRM-rapportage (Mariene Strategie deel 1) met betrekking tot de integriteit van de zeebodemhabitats (D6) (Min IenW & Min LNV, 2024b). De rapportage van de toestand tot en met 2015 (Wijnhoven, 2018) werd gepresenteerd als de T0, gezien de eerste monitoring in 2015 volgens het KRM-monitoringprogramma en de geplande maar op dat moment nog niet geëffectueerde sluiting van verschillende gebieden voor bodemberoerende activiteiten. Dit laatste wordt gezien als de belangrijkste maatregel ter verbetering van de kwaliteit van de zeebodemhabitats van de Nederlandse Noordzee.

De huidige rapportage is voor wat betreft de HR-gebieden waar inmiddels gebiedjes zijn gesloten (Noordzeekustzone en Vlake van de Raan) en de gesloten gebiedjes en hun omgeving betrokken in de effectmonitoring in het bijzonder, in feite een T1 (en eventueel T2). Voor wat betreft de andere gebieden waar gebiedssluiting is gepland (Doggersbank) of onlangs geëffectueerd (Centrale Oestergronden, Friese Front, Klaverbank) spreken we over een verlengde T0, waarbij kwaliteitsontwikkeling van vóór de maatregelen wordt gepresenteerd. Wanneer het gaat over de kwaliteitstoestand van benthische habitats op het niveau van de Nederlandse Noordzee kan men niet echt spreken over een situatie voor en na maatregelen, omdat verschillende maatregelen geleidelijk of gefaseerd worden doorgevoerd. Onder andere maatregelen met betrekking tot nutriënten- en verontreinigingsbelasting, transitie naar minder versturende visserijtechnieken, verwijderen uit gebruik genomen structuren en herstel grondstofwingebieden en uiteraard visserijmaatregelen bestaande uit verschillende beperkingsregimes.

Het aandeel gebied gesloten voor bodemberoerende visserij voor de Nederlandse Noordzee betrof vanaf 2016 0,3% en vanaf maart 2023 is dit 5% (Min IenW & Min LNV, 2024b). Die percentages zijn te laag om substantiële effecten op de schaal van de Nederlandse Noordzee te kunnen verwachten. Er wordt nu toegewerkt naar 15% in 2030 wat naar verwachting ook in stappen zal gaan. Het is voor de hand liggender om voor wat betreft brede habitattypes op grotere ruimtelijke schaal, te kijken naar kwaliteitsontwikkeling in de vorm van trends en hooguit in retrospectief over een aantal jaar de situatie voor en na een periode van diverse genomen maatregelen toestanden te vergelijken (en dan wellicht te spreken over T0 en T1). In het gebied van de Bruine Bank zijn voornamelijk geen specifieke maatregelen ten behoeve van verbetering kwaliteit benthische habitats gepland en wordt de kwaliteitsontwikkeling (in overeenstemming met de ontwikkeling van BHTs) geanalyseerd.

Tabel 2. Overzicht van de gebieden en habitats waarvan de kwaliteitstoestand en/of kwaliteitsontwikkeling met behulp van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI) wordt geanalyseerd (voor ligging genoemde gebieden zie Figuur 1).

Type gebieden	Beschrijving	Te beoordelen
HR-gebieden en KRM-zoekgebieden	Naast de Habitatrictlijn-gebieden zijn er in het verleden contouren voorgesteld als bodem-beschermingsgebieden onder de KRM. Die KRM-zoekgebieden omvatten, naast de Natura 2000 gebieden, enkele waardevolle gebieden, zodat de kenmerkende/waardevolle habitattypes van de Nederlandse Noordzee worden gedekt.	<ul style="list-style-type: none"> - Doggersbank (DB) - Centrale Oestergronden (COE) - Friese Front (FF) - Klaverbank (KB) - Noordzeekustzone (NZKZ) - Voordelta (VD) - Vlakte van de Raan (VvdR) - Bruine Bank (BB)
EU MSFD brede habitattypen (BHTs)	Brede habitattypen zoals onderscheiden ten behoeve van de KRM-beoordeling ¹ .	<ul style="list-style-type: none"> - Diep grof sediment habitat (Offshore circalittoral coarse sediment habitat 'MD3', in NL is hier Offshore circalittoral mixed sediment habitat 'MD4' aan toegevoegd) - Diep zandig habitat (Offshore circalittoral sand habitat 'MD5') - Diep slibrijk habitat (Offshore circalittoral mud habitat 'MD6') - Ondiep grof sediment habitat (Circalittoral coarse sediment habitat 'MC3' gecombineerd met Infralittoral coarse sediment habitat 'MB3', in NL is hier Circalittoral mixed sediment habitat 'MB4' aan toegevoegd) - Ondiep zandig habitat (Circalittoral sand habitat 'MC5' gecombineerd met Infralittoral sand habitat 'MB5') - Ondiep slibrijk habitat (Circalittoral mud habitat 'MC6' gecombineerd met Infralittoral mud habitat 'MB6')
HR-habitats	Habitatrictlijn habitattypen	<ul style="list-style-type: none"> - H1170 'Riffen van de open zee' - H1110 'Permanent overstromde zandbanken', opgesplitst in de subtypen H1110b 'Permanent overstromde zandbanken van de kustzone' en H1110c 'Permanent overstromde zandbanken van de offshore' (beperkt oppervlak aan H1110a 'Permanent overstromde zandbanken van het getijdengebied' gelegen in de Noordzee aan beoordeling H1110b toegevoegd).
Gesloten gebieden*	Specifiek voor bepaalde (bodemverstorende) visserij gesloten gebieden (kortweg 'gesloten gebieden' genoemd; kwaliteitstoestand wordt in principe vergeleken met die van vergelijkbaar 'open' gebied volgens Before-After-Control-Impact (BACI) design.	<ul style="list-style-type: none"> - Gesloten gebieden op Doggersbank (DB-noord en DB-zuid) - Gesloten gebied op en rond de Centrale Oestergronden (COE1000) - Gesloten gebieden op en rond het Friese Front (FF400 en FF600) - Gesloten gebieden op de Klaverbank (KBgesloten; 4 deelgebiedjes gezamenlijk beoordeeld) - Gesloten gebieden in de Noordzeekustzone (NZKZgesloten; 5 deelgebiedjes gezamenlijk beoordeeld) - Gesloten gebieden op de Vlakte van de Raan (VvdRgesloten; 5 deelgebiedjes gezamenlijk beoordeeld)

*In de Voordelta liggen ook 'gesloten' gebieden die echter een eigen beoordelingssystematiek kennen (effectiviteit wordt hier niet specifiek geëvalueerd).

In de Voordelta zijn er in specifieke deelgebieden wel visserijbeperkende maatregelen sinds 2008 met een eigen evaluatieprogramma (Tien et al., 2017). Aangezien de maatregelen tot op heden niet tot de gewenste kwaliteitsverbetering hebben geleid (Prins et al., 2020; Van Moorsel et al., 2020) worden

¹ In principe EUNIS classificatie niveau 3; Raicevich & Korpinen, 2022; In geval van qua oppervlak beperkte aanwezigheid wordt beoordeling 'vergelijkbaar' BHT overgenomen; in geval van beperkte (benthos) databeschikbaarheid wordt beoordeling met 'vergelijkbaar' BHT gecombineerd.

verdergaande maatregelen overwogen. De kwaliteitsontwikkeling van het HR-gebied wordt opgevolgd en de afgelopen jaren kunnen eventueel in de toekomst als T0 worden vergeleken met de situatie na verdere maatregelen.

2. Methoden

2.1 Benthos-data

Er wordt gebruik gemaakt van de benthische gemeenschapsdata afkomstig uit het KRM-benthos-monitoringprogramma. De monitoring is in 2015 voor het eerst volgens het KRM-programma uitgevoerd en bestaat uit bemonstering van meetlocaties omwille van beoordeling algemene kwaliteitstoestand (AT-beoordeling) en meetlocaties omwille van beoordeling effectiviteit maatregelen (EM beoordeling) (Wijnhoven & Bos, 2017; Wijnhoven, 2018). In de praktijk worden een aantal meetlocaties en de daar genomen monsters waar mogelijk voor beide doelen ingezet. De opzet bestaat uit een representatieve monitoring qua ruimtelijke spreiding en met voldoende meetlocaties voor voldoende zeggingskracht. De HR- en KRM-gebieden in de offshore kennen een representatieve monitoring ten behoeve van AT-beoordeling op basis van zowel boxcorer als bodemschaafbemonstering (kunnen afzonderlijk of gecombineerd worden geanalyseerd) (Figuur 1). Het meetprogramma maakt waar mogelijk gebruik van voormalige BIOMON boxcorer-meetlocaties zodat voor die meetlocaties datareeksen vanaf 1995 worden verkregen. Het KRM-meetprogramma kent in vergelijking tot het BIOMON-meetprogramma echter een groter aantal meetlocaties (en dus bemonstering met een extra meettechniek), maar de frequentie is wel van jaarlijks naar eens per 3 jaar gegaan. In de gebieden buiten de KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden) is enkel een representatieve boxcorer-bemonstering aanwezig. Op en rond Klaverbank bestaat de monitoring uit inzet van Hamon-happer en analyse video-transecten in plaats van respectievelijk boxcorer en bodemschaaf. In de kustzone vormt de WOT-bodemschaafbemonstering (afhankelijk van het substraattype wordt lokaal de Van Veen happer of zuigkor ingezet) de basis van het KRM-monitoringprogramma en wordt zowel binnen als buiten de HR-gebieden met twee bemonsteringstechnieken een representatieve monitoring uitgevoerd. De WOT-meetlocaties worden op vergelijkbare wijze bemonsterd en geanalyseerd sinds 2004, een tijdsreeks van inmiddels 17 jaar opleverend. Het design van de algemene toestandsbeoordeling is toegespitst op de afzonderlijke beoordeling van KRM-zoekgebieden inclusief HR-gebieden (individueel gekenmerkt door een specifiek habitatype of specifieke habitatsamenstellingen) en de beoordeling van de delen buiten de KRM-zoekgebieden op het niveau van KRM-zones (Wijnhoven & Bos, 2017; Wijnhoven, 2018). Met de actualisatie van de KRM-beoordelingsleidraad (EU MSFD article 8 guidance; Raicevich & Korpinen, 2022) wordt duidelijk dat beoordeling van de kwaliteitstoestand bij voorkeur op het niveau van BHTs dient plaats te vinden. Gezien het qua oppervlak beperkte voorkomen van enkele van de BHTs in het Nederlandse deel van de Noordzee is het aantal meetlocaties niet voor alle afzonderlijke BHTs toereikend, maar naar verwachting wel voor de meest algemene habitatypes (Figuur 1 & Hoofdstuk 2.5).

De beoordeling van de effectiviteit van de maatregel van gebiedssluiting voor bodemberoerende visserij (EM-beoordeling) wordt uitgevoerd in en rond verschillende gesloten of nog te sluiten gebieden, die afhankelijk van het oppervlak en de vergelijkbaarheid qua habitatsamenstelling, afzonderlijk of gezamenlijk (combinatie van enkele kleine deelgebiedjes) wordt uitgevoerd. Hiervoor is een monitoring volgens het Before-After-Control-Impact (BACI) principe opgezet gebruikmakende van bodemschaafbemonstering (op de klaverbank is dit de combinatie van Hamon-happer en video-transecten) (Figuur 1; Tabel 2).

In principe wordt het gehele monitoringprogramma om de 3 jaar sinds 2015 uitgevoerd. In de praktijk worden delen omwille van de uitvoerbaarheid gezien de beschikbare capaciteit en gewenste bemonstering in dezelfde periode van het jaar, in een volgend jaar uitgevoerd. Dit betrof in 2019 de

boxcorer-monsters van de Bruine Bank, alle bodemschaafmonsters in de offshore en de bemonstering met de Hamon-happer op de Klaverbank. In 2022 ging het om de bodemschaafmonsters ten behoeve van de EM-beoordeling op en rond de Doggerbank en de Centrale Oestergronden (Wijnhoven, 2019a). De EM-meting rond de gesloten gebieden van Centrale Oestergronden en Friese Front is voor het eerst uitgevoerd in 2019 en betreft dus een uitbreiding van het programma van 2015 (Wijnhoven, 2017c). Een beperkt aantal verschuivingen van meetlocaties heeft inmiddels plaatsgevonden vanwege problemen met bereikbaarheid en/of monsternamen (onder andere door aanwezigheid kabels en leidingen, beperkte waterdiepte of consequent gering zicht in geval van video). Aanpassingen aan meetprogramma zijn op de Klaverbank (en voor enkele locaties op de Doggersbank) iets groter geweest vanwege betere inzichten in de distributie van het habitattype H1170 en de afstemming van het meetprogramma hierop (Klaverbank), en de wens om meetlocaties van buiten de territoriale wateren binnen het Nederlandse deel van de Noordzee te leggen (Doggersbank) (Wijnhoven, 2017c). In de kustzone zijn niet altijd alle meetlocaties ten behoeve van de KRM en ook onderdeel uitmakend van het WOT-monitoringprogramma bemonsterd. In een aantal gevallen wordt dit opgevangen door het gebruik van de data van alternatieve vergelijkbare meetlocaties of van data van het voorafgaande jaar (Wijnhoven, 2020a). In een aantal gevallen (met name gesloten gebieden Vlake van de Raan in 2015 en gesloten gebieden Noordzeekustzone in 2018) blijft het aantal bruikbare monsters desondanks lager dan het gewenste aantal (Wijnhoven, 2017c). Op de Klaverbank missen enkele video-transecten in 2021.

De resultaten op basis van data van voor 2015 die hier opnieuw zijn doorgerekend, maar nu gebruikmakende van BISI v3, zijn dezelfde als uitgebreid besproken in Wijnhoven (2018).

2.2 BISI v3

Voor de hier uitgevoerde analyses van de kwaliteitsontwikkeling en de beoordeling van de kwaliteitstoestand van gebieden en habitats is de BISI v3 ingezet. De principes, selecties aan indicatorsoorten per gebied en/of habitattype en de referentie-voorkomens per indicatorsoort zijn dezelfde als die beschreven in Wijnhoven & Bos (2017) en Wijnhoven (2019b,c). In de methodiek zijn de voorstellen voor wat betreft de beoordeling van benthische habitats van de Klaverbank en H1170 (en daarmee ook het 'diepe zandige habitattype'; beoordelen *Aporrhais pespelecani*, *Galathea* spp., *Pododesmus* spp. en *Simnia patula* op basis van video in plaats van Hamon happer, en beoordelen dichtheden in plaats van aan-/afwezigheid voor *Arctica islandica* en *Sabellaria* spp.; Wijnhoven, 2020b) overgenomen.

De aanpassingen van BISI v2 naar BISI v3 zijn bedoeld om de gevoeligheid van de beoordelingsmethodiek te optimaliseren. Het bleek dat verschillen in indicatiewaarde tussen indicatorsoorten nauwelijks tot uitdrukking kwamen in de resultaten volgens BISI v2. Voor wat betreft de algemene beoordeling heeft de aanpassing nauwelijks consequenties. Het relatieve verschil in BISI-score tussen verschillende situaties (gebieden, habitats, meetmomenten) blijft gehandhaafd, zodat vergelijkbare kwaliteitsontwikkelingen zullen worden waargenomen als op basis van BISI v2 (of v1). Enkel de absolute waarden zullen verschillen (zijn niet hetzelfde). De specifieke beoordelingen zullen wel verschillen laten zien. Door de nadruk op de meest specifieke indicatorsoorten is de detecteerbaarheid van eventuele oorzaken van kwaliteitsontwikkelingen dan wel gevolgen voor het ecologisch functioneren van kwaliteitsontwikkelingen groter. Belangrijkste aanpassingen betreffen:

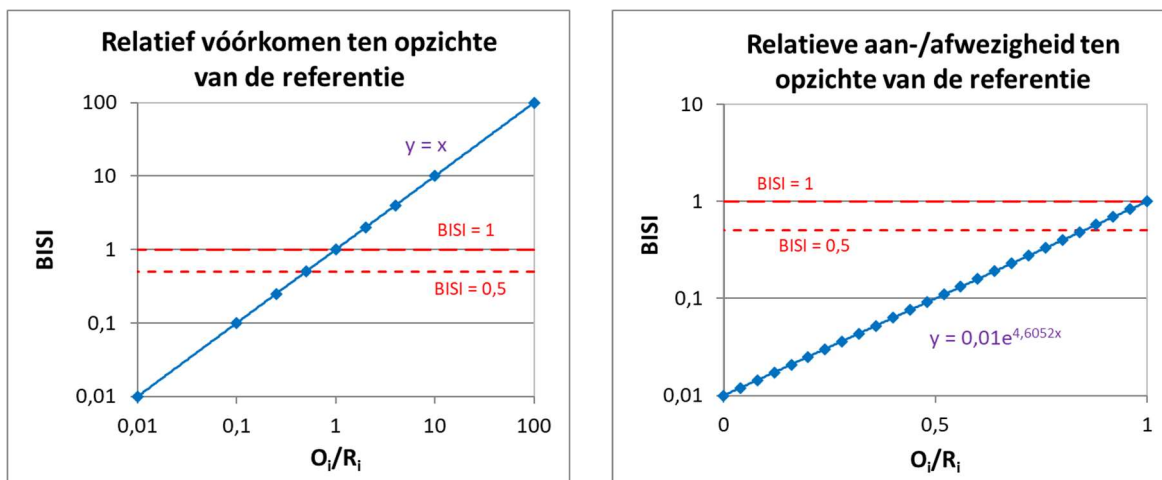
- Het plaatsen van de soort-specifieke indicatiewaarde IV_i buiten de log-term in de formule (IV_i is in feite het soort-specifieke gewicht in de beoordeling en is te verkrijgen door iv_i/iv_{avg});
- De indicatiewaarde iv_i is daarnaast gehalveerd voor indicatorsoorten met een $iv_i < 1$. Hiermee komt de nadruk meer te liggen op het vóórkomen van de beste/meest specifieke indicatorsoorten.

De formule voor de berekening van de BISI is nu (volgens v3):

$$BISI = \exp \left(\left(\frac{1}{S} * \sum IV_i * \ln \left(\frac{O_i}{R_i} \right) \right) \right),$$

S = het aantal (indicator)soorten, O_i is het vóórkomen (hier dichtheid) van de indicatorsoort i volgens observatie, en R_i is het referentievóórkomen (wederom dichtheid) van de indicatorsoort i , waarbij de soort-specifieke indicatiewaarde $IV_i = iv_i/iv_{avg}$ (indicatiewaarde per soort gedeeld door de gemiddelde indicatiewaarde van alle indicatorsoorten meegenomen in de desbetreffende gebiedseigen of habitateigen BISI).

Figuur 2 toont de conceptuele werking van BISI v3; hoe de BISI-score (als maat voor de kwaliteitstoestand van benthische habitats) reageert op de verandering in het vóórkomen van indicatorsoorten, in zowel aan-/afwezigheid van soorten als in hun abundantie, relatief ten opzichte van het referentievoorkomen (verondersteld voorkomen onder goede/onverstoorde kwaliteitstoestand).



Figuur 2. Conceptuele respons BISI v3. a) Relatie tussen de verandering in het aantal aangetroffen indicatorsoorten (ervan uitgaande dat alle aanwezige indicatorsoorten indien aanwezig in referentie voorkomen/dichtheden aanwezig zijn) en de resulterende BISI-score. b) Relatie tussen de verandering in het relatieve voorkomen van indicatorsoorten ten opzichte van het referentievoorkomen (ervan uitgaande dat alle indicatorsoorten aanwezig zijn en dezelfde relatieve verandering laten zien) en de resulterende BISI-score. O_i/R_i = waargenomen voorkomen indicator soorten gedeeld door referentievoorkomen indicatorsoorten.

In de praktijk reageert de BISI op de gecombineerde variatie van de twee (aan/afwezigheid en abundantie van indicatorsoorten). $BISI = 1$ is gelijk aan de referentietoestand, hetgeen een realistische referentietoestand is, gezien de huidige habitatsamenstelling en regionaal aanwezige eventueel beschikbare soorten ('species pools').

Op dit moment is er nog geen drempelwaarde vastgesteld voor de BISI voor wat betreft hetgeen als een goede en wat als een geschade kwaliteitstoestand wordt gezien. De reden hiervoor is dat voor het vaststellen van de drempelwaarde zal worden aangesloten bij de internationaal (EU MSFD) afgestemde en vastgelegde drempelwaarde. Het proces van vaststelling van de kwaliteitsdrempelwaarde voor D6C5 'kwaliteit benthische habitattypen' onder de KRM, loopt nog (MSCG, 2022). Daarbij wordt een kwalitatieve beschrijving van de drempelwaarde gekwantificeerd als een EQR ('Ecological Quality Ratio') waarde, waarna een aantal aan geschiktheidscriteria voldoende indicatoren hierop worden afgestemd. De vaststelling van een drempelwaarde voor de BISI (als niet direct meegenomen in het door de 'EU MSFD Common Implementation Strategy – Technical Group on Seabed Habitats and Sea-floor Integrity, (TG-Seabed)', getrokken proces) kan hierop worden afgestemd.

Ondanks dat nog geen exacte drempelwaarde is vastgesteld, is de verwachting dat die wat betreft de BISI rond de 0,5 zal liggen. Dit is ook het niveau dat bij voorkeur is aangehouden, bij de uitwerking van onderdelen van het monitoringprogramma op basis van power analyses, als waarde die men significant zou willen kunnen onderscheiden van de referentiewaarde van BISI=1 (Wijnhoven, 2022). Een BISI-score < 0,5 wordt hier dus voorlopig aangehouden als een indicatie voor verminderde kwaliteit. Een dergelijk verschil in kwaliteit komt overeen met het verlies (niet detecteren met een veronderstelde representatieve monitoring) van nabij de 15% van de indicatorsoorten, of een achteruitgang van 50% in abundantie/dichtheden van alle indicatorsoorten. Dit laatste klinkt wellicht dramatisch, maar men dient te bedenken dat populatieontwikkelingen veelal een logaritmische schaal volgen, en zo dus ook de BISI. Een afname van 2 naar 1 exemplaren is ook 50% en een afname van 2000 naar 1000 exemplaren per m² betekent voor diverse soorten mogelijk ecologisch niet zo veel, omdat de soort dan nog steeds zeer talrijk aanwezig is. Dergelijke veranderingen kunnen dan ook als variatie onder natuurlijke (onverstoorde) omstandigheden worden waargenomen. Bij grotere veranderingen wordt het wel aannemelijker dat verstoringen hier een rol in spelen.

Aanpassing van de BISI-formule heeft ook consequenties voor de berekening van de samengevoegde standaardafwijking ('pooled standard deviation'). De BISI wordt berekend door eerst Individuele Indicator Soort waarden te bepalen (via $IIS_i = IV_i \cdot \ln(O_i/R_i)$) die vervolgens worden gemiddeld door te sommeren en te delen door het totale aantal indicatorsoorten waarna de inverse natuurlijke logaritme (terug-transformatie) de BISI-score geeft. Dezelfde stappen worden gezet voor bepaling van de samengevoegde standaardafwijking. Ten eerste wordt op basis van de standaardafwijking (waarneming) per (individuele) indicatorsoort de variantie behorende bij de IIS_i-waarde berekend volgens: $Variantie_{IIS} = IV_i^2 \cdot Stdev_i^2 / (O_i/R_i)^2$. De varianties per individuele indicatorsoort worden gesommeerd en vervolgens vermenigvuldigd met de gekwadrateerde BISI-score, waarna de wortel van het product de samengevoegde standaardafwijking behorende bij de BISI oplevert.

De uitgewerkte BISI (Indicatorsoorten met referentievoorkomen en indicatiewaarden, en gebruikte meettechniek voor observatie) volgens v3 voor de KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden), BHTs en HR-habitattypen van de Nederlandse Noordzee is beschikbaar in rekensheets (zie Wijnhoven, 2023b) en wordt in detail beschreven in Wijnhoven (2023a). Deze zijn evenals eerdere versies beschikbaar via: <http://ecoauthor.net/bisi/>.

2.3 Toetsen kwaliteitsverschillen

De huidige rapportage vergelijkt, gezien de laatste rapportage over de kwaliteitstoestand van de benthische habitats in 2015 (Wijnhoven, 2018; Min IenW & Min LNV, 2018) de BISI-scores van 2021 met die voor 2015 via 2-zijdige onafhankelijke t-testen met significantieniveau $p < 0,05$. Men zou kunnen stellen dat het in veel gevallen zelfs om een gepaarde vergelijking gaat, wanneer er geen wijzigingen in het meetprogramma hebben plaatsgevonden, wat eerder tot de detectie van significante verschillen zou kunnen leiden. Omwille van de vergelijkbaarheid en het beperken van de invloed van abusievelijk gemiste monsters of eventuele impact van verplaatsing van meetlocaties is ervoor gekozen overal de conservatievere onafhankelijke t-test aan te houden.

Monitoring volgens het huidige (KRM-)meetprogramma omvat over het algemeen slechts drie meetmomenten, wat de detectie van trends voor de korte termijn ontwikkeling, periode 2015-2021, uitsluit. Voor de middellange termijn beschikken we wel over vergelijkbare datareeksen. Op basis van de boxcorer, de data van de BIOMON-meetlocaties van 1995-2021 en op basis van de bodemschaaf in de kustzone de WOT-meetlocaties van 2004-2021. BIOMON en geselecteerde WOT-meetlocaties maken ook deel uit van het KRM-meetprogramma en ook in de periode 2015-2021 voortgezet (zij het niet meer jaarlijks maar veelal bemonstering eens in de 3 jaar). Voor de genoemde datareeksen zijn trendanalyses uitgevoerd. Daarbij wordt gezocht naar lineaire trends (lineaire regressie) waarbij de eventuele significantie ($p < 0,05$) van een toe- of afname zoals aangeduid door de richtingscoëfficiënt wordt getoetst (ANOVA). In geval van afwezigheid significante trend wordt een constant niveau (horizontale lijn) verondersteld. Als er (op het oog) sprake lijkt te zijn van een trendbreuk, wordt

gezocht naar eventuele significante trends voor afzonderlijke periodes. Richtingscoëfficiënten met bijbehoren standaard errors voor afzonderlijke periodes worden vergeleken door middel van z- en t-test ($p < 0,05$) voor de detectie van een eventueel aanwezige significante trendbreuk. Ook bij het ontbreken van een significant toe- of afname voor één van de afzonderlijke periodes (hetgeen dus impliceert dat de kwaliteitstoestand gedurende één van de getoetste periodes als constant, hooguit onregelmatig fluctuerend, dient te worden beschouwd, kan een significant trendbreuk aanwezig zijn (toe- of afname is tot stilstand gekomen, of constante niveau is overgegaan in een toe- of afname).

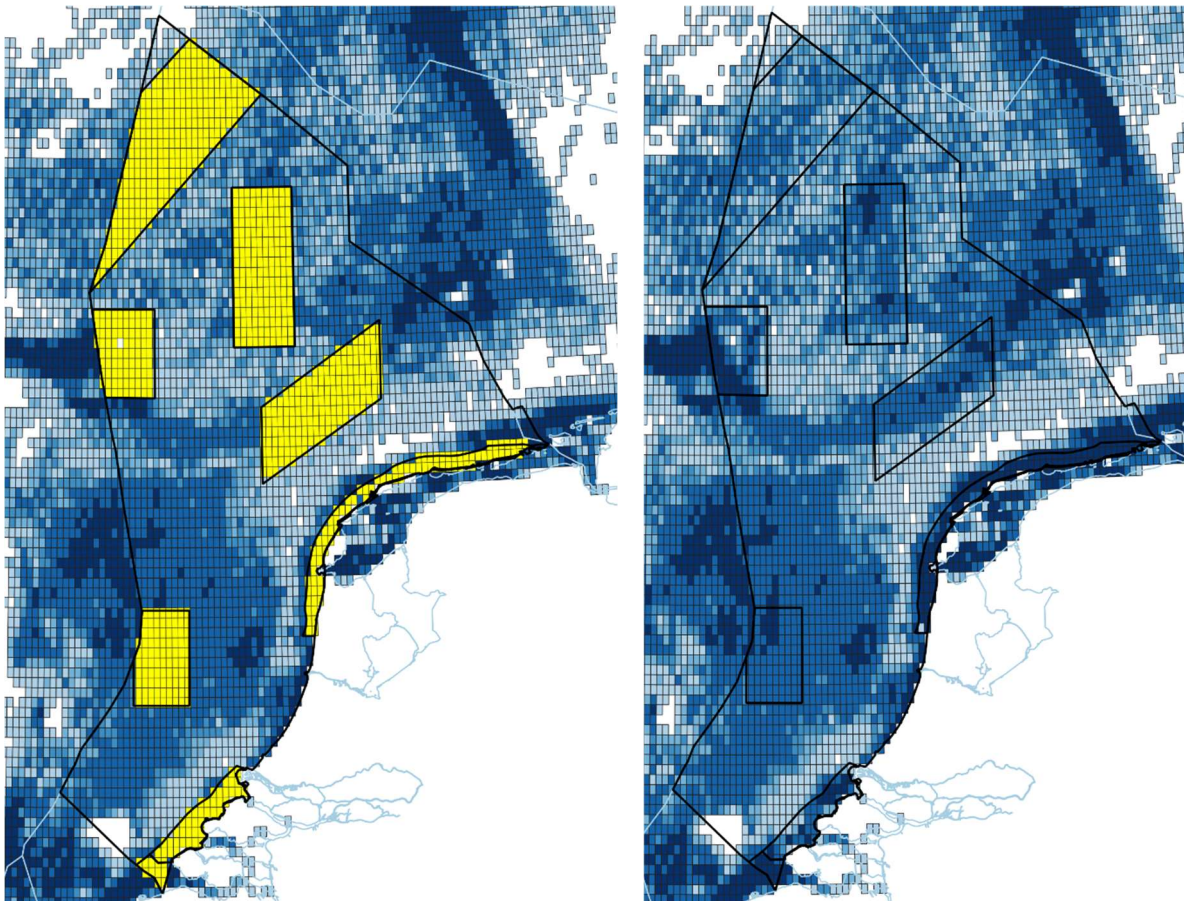
Specifiek voor gebruik in de KRM-rapportage (Min IenW & Min LNV, 2024b) waarin de kwaliteitstoestand voor een periode van 6 jaar wordt gepresenteerd, wordt de gemiddelde BISI-score voor de jaren 2016-2021 als de huidige toestand gepresenteerd, waarbij wordt uitgegaan van de gecombineerde beoordeling (op basis van twee meettechnieken, veelal de boxcorer en bodemschaaf gecombineerd in één BISI).

Ook de beoordeling van de ontwikkeling van gesloten gebieden ten opzichte van open gebieden kent vooralsnog slechts 3 of 2 meetmomenten (onvoldoende voor het bepalen van enige trend). In een aantal gevallen betreft de meting het vastleggen van de T0 (is er nog geen of pas zeer recentelijk sprake van gebiedssluiting). In de Noordzeekustzone en de Voordelta heeft al wel gebiedssluiting van deelgebiedjes plaatsgevonden nadat de T0 met één meting is vastgelegd. In alle gevallen is getoetst of er eventueel sprake is van significante verschillen tussen gesloten en open gebieden middels 2-zijdige onafhankelijke t-testen ($p < 0,05$) op de verschillende meetmomenten en is daar waar relevant de kwaliteitstoestand van het deelgebied (gesloten of open) na sluiting op dezelfde wijze vergeleken met de situatie voor sluiting.

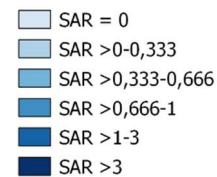
2.4 Visserijdruk

Aangezien wordt aangenomen dat visserij veelal de dominante versturende factor in het Nederlandse deel van de Noordzee zal zijn (ICES, 2021a; Matear et al., 2022) wordt hier ook de ontwikkeling van de visserijdruk in de HR- en KRM-gebieden geanalyseerd. Hiervoor is gebruik gemaakt van de ten behoeve van het OSPAR QSR2023 aangeleverde visserijdrukgegevens op het niveau van ICES c-squares voor de periode 2009-2020 uitgedrukt in SAR (Swept Area Ratio; cumulatief beroerd oppervlak per jaar als gemiddelde per c-square) (ICES, 2021b). Daarnaast is de visserijdruk ook als SubSAR beschikbaar; het beroerde oppervlak voor wat betreft de 'diepere' (>2 cm diep) bodemlaag.

De c-squares die voor een groot deel (indicatief >50%) overlappen met de onderzochte KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden) zijn geselecteerd als representatief voor de visserijdruk van het betreffende KRM-zoekgebied (Figuur 3). Op basis van de selectie aan c-squares wordt de gemiddelde (\pm standaarddeviatie) visserijdruk in SAR en SubSAR per jaar voor het betreffende KRM-zoekgebied bepaald (sporadische gevallen van c-squares waar visserijgegevens ontbreken worden niet meegenomen in de berekening). De ontwikkeling van de visserijdruk wordt op dezelfde manier als de kwaliteitstoestand op basis van de BISI geanalyseerd door middel van trendanalyse en trendbreukdetectie. Naast de gemiddelde visserijdruk per bodemverstoringengebied wordt ook het percentage oppervlak dat naar verwachting wordt verstoord en het percentage oppervlak dat naar verwachting sterk tot zeer sterk wordt verstoord geanalyseerd. Wederom uitgaande van de gemiddelde visserijdruk per c-square, waarna het aantal verstoorde en sterk tot zeer sterk verstoorde c-squares op het totaal per KRM-zoekgebied het procentuele oppervlak geeft. Daarvoor wordt uitgegaan van een veronderstelde impact van visserij op de benthische habitats bij een visserijdruk van $SAR > 0,666$ en een veronderstelde hoge tot zeer hoge impact bij een visserijdruk van $SAR > 1$. Dit zijn de begrenzingen zoals aangehouden in de beoordeling van de visserij-impact op basis van de visserijdruk in de OSPAR BH3 beoordeling ten behoeve van de QSR2023 (Matear et al., 2022; OSPAR, 2022), in Nederland overgenomen voor de KRM D6C3 'Aantasting habitats door fysieke verstoring' beoordeling (Min IenW & Min LNV, 2024b). Matear et al. (2022) baseert zich daarbij op aangetoonde effecten van visserij-intensiteit op soortenrijkdom en diversiteit in voornamelijk zandige en slibrijke habitats (Schroeder et al., 2008; Van Loon et al., 2018).



Figuur 3. Geselecteerde ICES c-squares (in geel) gebruikt voor berekening gemiddelde visserijdruk KRM-zoekgebieden inclusief HR-gebieden (indicatief zijn c-squares met >50% overlap desbetreffende KRM-zoekgebied geselecteerd). De achtergrond en de rechter kaart tonen de gemiddelde visserijdruk (SAR per jaar) voor het jaar 2020. (Daar waar raster ontbreekt, ontbreken data).



2.5 Brede habitattypes

Tabel 3. Overzicht aanwezig oppervlak (km²) per EU MSFD Breed Habitatype in het Nederlandse deel van de Noordzee op basis van EUSeaMap (2021), inclusief indicatie van het percentage gelegen in gesloten gebied*, situatie eind 2023.

Brede Habitattypen (BHTs) Substraattypen	Diepte/lichtregime stratum						Inter-tidaal
	Offshore circalitoraal		Circalitoraal		Infralitoraal		
	Totaal (km ²)	Gesloten (%)	Totaal (km ²)	Gesloten (%)	Totaal (km ²)	Gesloten (%)	
Hard substraat en biogeen rif	?		?		?		?
Grof sediment	964	38,4	1934	0,9	50	1,9	
Gemengd sediment	18	5,6	17	0,0	0	nvt	
Zand	22930	2,4	17844	2,2	693	3,0	
Slib	13726	10,0	533	14,8	7	14,3	

*Dit is enkel het effectief gesloten percentage, dus zonder voorgenomen te sluiten gebieden (in de toekomst).

Rapportage en kwaliteitsbeoordeling ten behoeve van de KRM vindt in principe plaats op het niveau van EU MSFD Brede Habitattypen (BHTs). De meest actuele en wellicht meest accurate kartering is

die van 2021 (EUSeaMap, 2021; zie ook Figuur 1). Het overgrote deel van de Nederlandse Noordzee bestaat uit offshore circalitoraal zand en slib en circalitoraal zand (Tabel 3). Aangezien het KRM-benthos-monitoringprogramma in principe is gericht op het verkrijgen van een representatief beeld van het Nederlandse deel van de Noordzee (en niet persé het met voldoende inspanningen monitoren van ieder afzonderlijk BHT), is ook een groot deel van de meetlocaties gelegen in die habitats. Aangezien het monitoringprogramma zich wel toespitst op de KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden) die juist zijn gekozen om de belangrijkste habitattypen in de Nederlandse Noordzee te beschermen, zijn de monitoring-inspanningen naar verwachting ook toereikend voor het offshore circalitorale - en circalitorale grof sediment habitat. De infralitorale BHTs zijn (met uitzondering van de zandige variant) dusdanig beperkt aanwezig (Tabel 3), dat ze allen (ook infralitoraal zand) in de beoordeling worden samengevoegd met de circalitorale tegenhanger. Hoewel er wel meetlocaties in het infralitorale gelegen zijn, worden die in de beoordeling met de circalitorale samengevoegd en gezamenlijk (enkel onderscheid in substraattypen) beoordeeld. Gemengd sediment komt niet of nauwelijks voor in het Nederlandse deel van de Noordzee en kent ook geen eigen meetlocaties. Het gemengde sediment dat wordt aangetroffen betreft eigenlijk grof sediment met aanwezigheid van slib. De beoordeling van grof sediment habitattypen wordt voor de gemengd sediment habitattypen overgenomen.

Natuurlijk hard substraat komt in principe niet in het Nederlandse deel van de Noordzee voor. Biogene riffen daarentegen zijn wel aanwezig en wellicht nog veel meer aanwezig geweest (Bos & Tamis, 2020). Ze zijn onder goede kwaliteitsomstandigheden echter een belangrijk onderdeel/kenmerk van de overige BHTs (Wijnhoven & Bos, 2017). Het is vooralsnog onduidelijk hoe een afzonderlijke beoordeling van de overwegend zacht substraattypen waartoe ze eigenlijk behoren, wordt gezien. Wel wordt een afzonderlijke beoordeling van verschillende typen riffen en banken als 'Other Habitat Types (OHTs)' in de toekomst voorzien, maar dan gaat het om een additionele beoordeling bovenop inclusie in de beoordeling op BHT-niveau van zacht substraattypen (Raicevich & Korpinen, 2022). Op dit moment is voor Nederland gedeeltelijk onbekend waar biogene riffen liggen of voorkwamen en zijn vooralsnog geen specifiek doel van het huidige monitoringprogramma. De kartering van het intertidaal (die in principe als geheel zonder onderscheid van substraattypen wordt beoordeeld) ontbreekt in EUSeaMap (2021) zodat onduidelijk is om welk oppervlak het gaat en het BHT hier ook niet wordt beoordeeld.

Vooruitlopend op drempelwaarde voorstellen die binnen TG-Seabed worden besproken, en omdat het naar verwachting uiteindelijk effect zal hebben op de ontwikkeling van de kwaliteitstoestand van het betreffende BHT, is tevens het percentage van het betreffende oppervlak dat eind 2023 behoorde tot effectief gesloten gebieden voor bodemberoerende visserij, weergegeven in Tabel 3. Het aandeel gebied gesloten voor bodemberoerende visserij voor de Nederlandse Noordzee betrof vanaf 2016 0,3% en vanaf maart 2023 is dit 4,8%. Voor specifieke BHTs is het percentage in aantal gevallen substantieel hoger dan de gemiddelde 5%. Zo is de verwachting dat door het nu al behoorlijke aandeel gesloten gebied voor 'Offshore circalitoraal grof sediment' en bijvoorbeeld de slibrijke BHTs, enige kwaliteitsverbetering onder invloed van de maatregelen binnen afzienbare tijd waarneembaar zal zijn. Er wordt nu toegewerkt naar 15% van het totale oppervlak gesloten in 2030 wat naar verwachting ook in stappen zal gaan.

2.6 *Habitatrichtlijn habitattypes*

Zoals bij de vorige beoordeling (Wijnhoven, 2018) vindt de beoordeling van het habitatrichtlijn habitatype plaats op basis van de meetlocaties die gelegen zijn in de 10x10 kilometerhokken aangeduid als hokken met aanwezigheid van de betreffende HR-habitattypes H1110b (permanent overstroomde zandbanken van de kustzone), H1110c (permanent overstroomde zandbanken van de offshore) en H1170 (riffen van de open zee). Dit omdat de exacte ligging tot op heden nog niet is gespecificeerd (Janssen et al., 2019). De afbakening van de gebieden waar de habitattypes worden aangetroffen is gegeven in Figuur 1. Beoordeling op basis van de BISI verloopt in principe hetzelfde als voor KRM-zoekgebieden en EU MSFD BHTs, zij het dat voor de beoordeling van H1110b het op

basis van oppervlak gewogen gemiddelde van de afzonderlijke indicatorsoorten waarover vervolgens de BISI wordt berekend. Naast het vóórkomen van indicatorsoorten in de Noordzeekustzone (NZKZ), Voordelta (VD) en Vlakte van de Raan (VvdR) die volledig tot HR-habitatype H1110b behoren wordt ook het vóórkomen in overige gebied buiten de HR-gebieden (H1110b ov) bepaald. Het resulterende vóórkomen (hier dichtheden: D) van indicatorsoorten voor H1110b wordt berekend door:

$$D_{H1110b} = 0,736 * D_{H1110_ov} + 0,156 * D_{NZKZ} + 0,089 * D_{VD} + 0,019 * D_{VvdR}$$

D wordt berekend met bijbehorende standaarddeviatie en gewogen monsteraantal (ten behoeve van statistische toetsing) zodat de BISI kan worden berekend. De kwaliteitstoestand van het gedeelte buiten de HR-gebieden bepaald dus voor een groot gedeelte de kwaliteitstoestand van H1110b.

De beoordeling van H1110c berust voor een groot gedeelte op en komt sterk overeen met de beoordeling van de Doggersbank. Er worden echter enkele extra meetlocaties gelegen ten zuidoosten van het HR-gebied in de beoordeling (die wordt herrekend op basis van de uitgebreide dataset) meegenomen.

De beoordeling van H1170 omvat exact dezelfde meetlocaties als die voor de Klaverbank. De resultaten voor de Klaverbank worden dus ook als resultaat voor H1170 gepresenteerd.

3. Resultaten & discussie

3.1 Kwaliteitstoestand KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden)

De kwaliteitsontwikkeling en -toestand per KRM-zoekgebied (inclusief HR-gebieden) wordt gepresenteerd. De figuren bevatten behalve de resultaten van het qua opzet (inspanning en ruimtelijke verdeling) constante BIOMON-monitoringprogramma (1995-2010 + 2012) gebruikmaken van de boxcorer en constante WOT-monitoringprogramma (2004-2014) gebruikmakende van de bodemschaaf (en her en der Van Veen en zuigkor) in de kustzone, ook oudere monitoringresultaten. De oudere resultaten kennen echter een afwijkende methodiek (veelal minder meetlocaties echter wel met replica's, afwijkend bemonsteringsapparaat en mogelijk enige verschillen in determinatieniveaus (Wijnhoven, 2018). Resultaten zijn zodoende indicatief, maar het is onduidelijk of eventuele verschillen berusten methodologische verschillen of werkelijk kwaliteitsverschillen. Op de Klaverbank wordt gebruik gemaakt van Hamon happer en video in plaats van boxcorer en bodemschaaf en zijn de resultaten van voor 2015 volgens een afwijkende bemonsteringsstrategie (Wijnhoven, 2018). Trendanalyses maken geen gebruik van de oudere data. Evenzo zijn er verschillen in inspanningen tussen het KRM-monitoringprogramma vanaf 2015 en de BIOMON en WOT voorlopers. Zodoende worden naast de resultaten op basis van het volledige KRM-meetprogramma (dat de komende jaren zal worden voortgezet en de gewenste omvang heeft voor de detectie van eventuele verschillen op korte termijn) ook de resultaten op basis van enkel de voormalige BIOMON- en WOT-meetlocaties met alternatieve symbolen gepresenteerd. Dit zijn de resultaten die voor de periode 2015-2021 in de trendanalyses worden gebruikt.

De beoordeling op basis van de gecombineerde boxcorer- en bodemschaafdata omvat alle beschikbare data en is gebruikt voor de rapportage van de actuele kwaliteitstoestand (gemiddelde periode 2016-2021) op basis van de BISI ten behoeve van de KRM (Min IenW & Min LNV, 2024b). De actuele kwaliteitstoestand (BISI-score) wordt gepresenteerd in Tabel 4. Het referentieniveau is per definitie BISI=1. De verwachting is dat de drempelwaarde voor een goede kwaliteit (geen substantiële verstoring) rond de BISI=0,5 zal liggen. Dit is ook ongeveer het niveau waarop significante verschillen met de referentietoestand kunnen worden gedetecteerd op basis van het huidige KRM-monitoringprogramma (Wijnhoven, 2022). Dit in ogenschouw nemende kan worden gesteld dat de huidige kwaliteit van de benthische habitats van ieder van de KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden, laag tot zeer laag te noemen is, met gemiddelde waarden tussen de 0,06 en 0,16 voor de afzonderlijke gebieden. De kwaliteitstoestand van de drie kustgebieden is het laagste. In de offshore

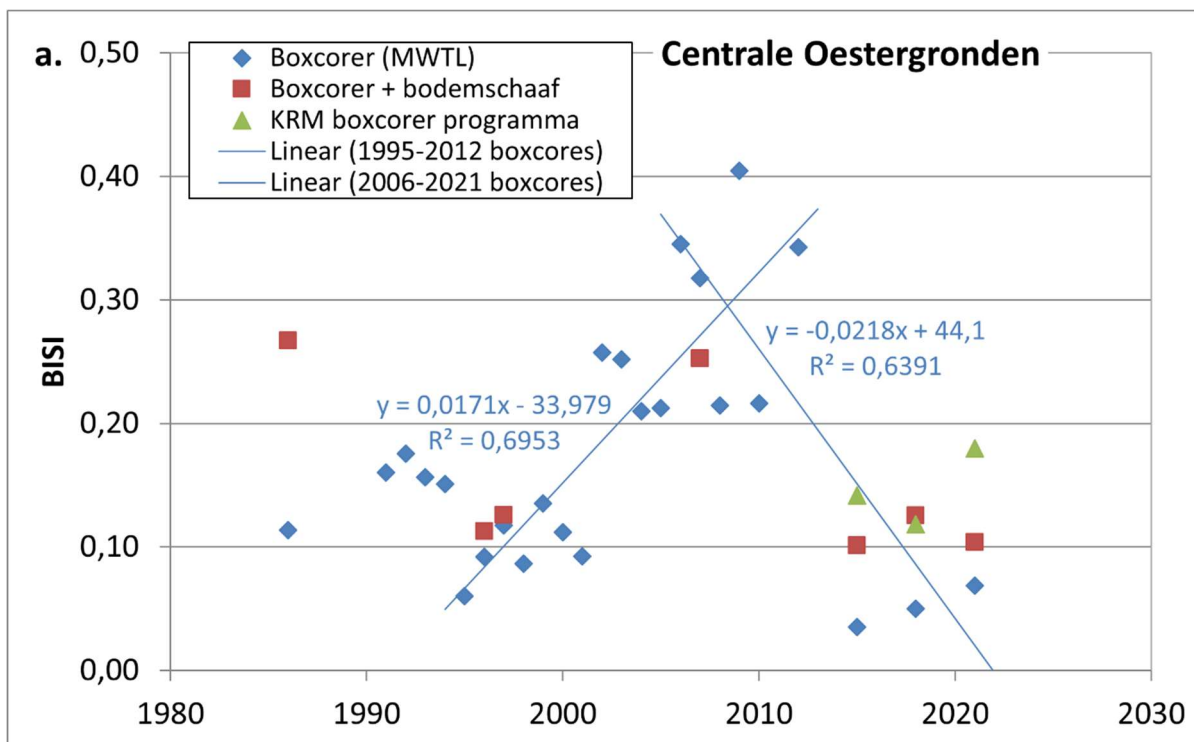
en met name op de Bruine Bank lijkt het net iets beter te gaan. Voor details en ontwikkelingen zie de resultaten per gebied (hoofdstukken 3.1.1 t/m 3.1.8).

Tabel 4. Kwaliteitstoestand van de KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden) op basis van de BISI-score voor gecombineerde meettechnieken voor de periode 2016-2021 (huidige toestand zoals gerapporteerd in de Mariene Strategie deel 1; Min IenW & Min LNV, 2024b).

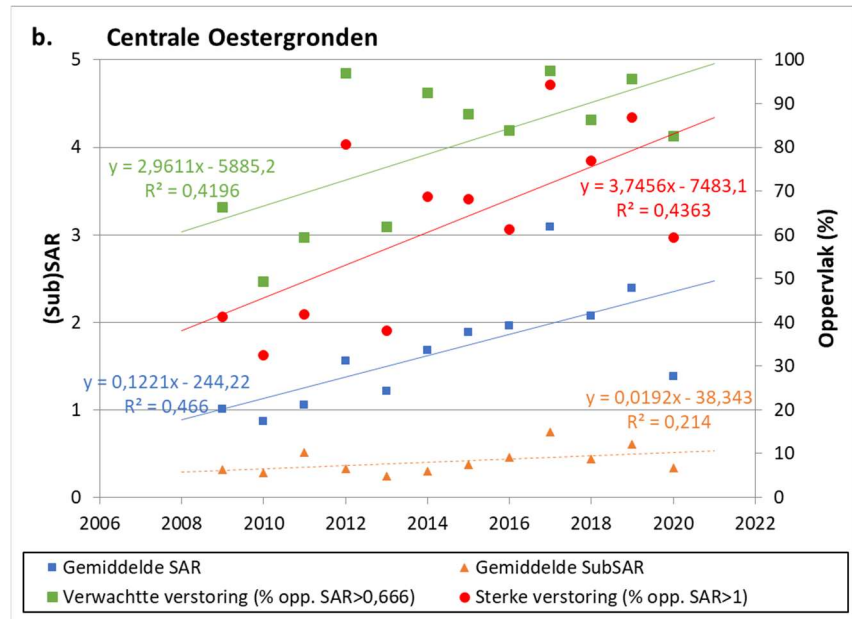
Gebied	Belangrijkste brede habitattypen	BISI-score
Noordzeekustzone	vnl. Circalitoraal zand (incl. Infralitoraal zand)	0,06
Voordelta	vnl. Circalitoraal zand (incl. Infralitoraal zand)	0,09
Vlakte van de Raan	vnl. Circalitoraal zand en Circalitoraal slib (incl. Infralitoraal zand)	0,09
Doggersbank	vnl. Circalitoraal zand en Offshore circalitoraal zand (incl. Circalitoraal gemengd sediment)	0,14
Klaverbank	vnl. Offshore circalitoraal grof sediment en enig Offshore circalitoraal zand (incl. Offshore circalitoraal gemengd sediment) en Offshore circalitoraal slib	0,10
Friese Front	vnl. Offshore circalitoraal slib en enig Circalitoraal zand	0,14
Centrale Oestergronden	vnl. Offshore circalitoraal slib	0,12
Bruine Bank	vnl. Offshore circalitoraal zand	0,16

3.1.1. Centrale Oestergronden (COE)

De kwaliteit van de benthische habitats vertoont op basis van de BISI een significante ($p < 0,001$) toename voor de periode 1995-2012 (Figuur 4a). Het lijkt erop dat de kwaliteit van de benthische habitats die halfweg de jaren 90 met een BISI-score van rond de 0,1 laag is, voor 1995 iets hoger is geweest. Na de toename is er rond 2010 sprake van een significante ($p < 0,001$) trendbreuk. De periode 2006-2021 laat vervolgens een significante ($p < 0,01$) afname van de benthische habitatkwaliteit zien.



Figuur 4a.
Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het KRM-zoekgebied Centrale Oestergronden op basis van de BISI. Getoonde trends significant ($p < 0,05$) op basis van boxcorer meetlocaties die sinds 1995 consequent bemonsterd zijn; b. Ontwikkeling visserijdruk op de Centrale Oestergronden (doorgetrokken lijn als significante trend; $p < 0,05$; gestippelde lijn niet significant zodat constant niveau wordt verondersteld).

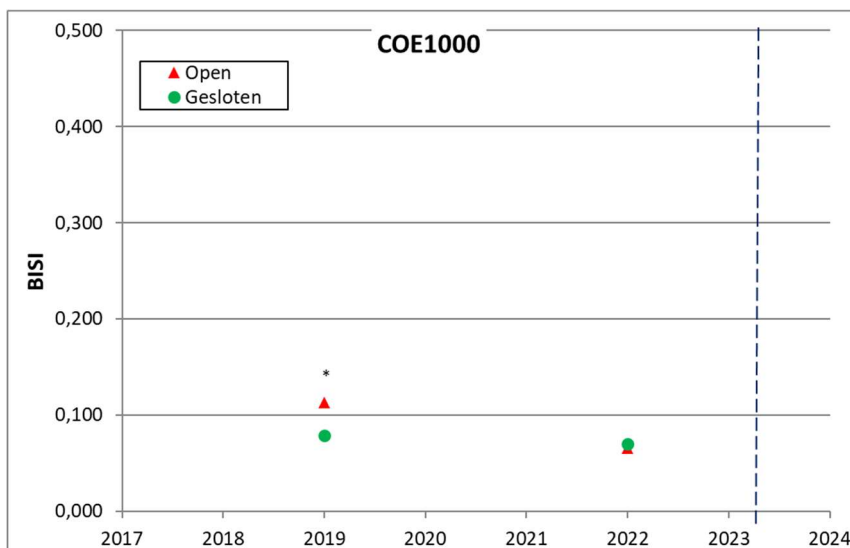


Meest waarschijnlijke oorzaak van kwaliteitsontwikkelingen op de Centrale Oestergronden is ontwikkelingen in de visserijdruk. De gemiddelde visserijdruk die in 2009 rond de SAR=1 ligt vertoont een significante ($p < 0,05$) toename gedurende de periode 2009-2020 naar waarden boven de SAR=2 in 2019. SAR=1 is het niveau waarvan wordt aangenomen dat de verstoring van benthische habitats sterk tot zeer sterk is (Matear et al., 2022). Met de toename van de gemiddelde visserijdruk neemt ook het verstoorte oppervlakt van iets boven de 60 naar 95% toe waaronder 40% in 2009 en 80% in 2019 sterk tot zeer sterk verstoort. Uiteraard kan een dergelijke visserijdruk als gemiddelde op basis van c-squares inhouden dat delen (van c-squares) inderdaad zeer sterk verstoort zijn, en andere delen wellicht veel minder verstoort. Daarmee kan het werkelijke verstoorte percentage wellicht ook iets lager liggen, maar neemt de kans op nauwelijks verstoorte delen wel toe wanneer de gemiddelde visserijdruk stijgt. De visserijdrukpatronen zijn wellicht een duidelijke verklaring voor de waargenomen achteruitgang in kwaliteit vanaf de periode rond 2010. De visserijdruk is (op basis van ieder van de parameters) duidelijk het hoogste in het jaar 2017, zodat na de lage BISI-score voor 2015, er geen reden is om enig herstel te verwachten in 2018. De visserijdruk is in 2020 (beperkte visserij door coronamaatregelen) duidelijk veel lager dan in de jaren daarvoor. Zodoende kan worden gesteld dat de habitatkwaliteit de afgelopen jaren (2015-2021) niet verder is afgenomen maar ten minste op vergelijkbaar, weliswaar laag, niveau is gebleven. De huidige BISI-score (gemiddelde voor jaren 2018/2019 en 2021) is 0,12.

De specifieke beoordelingen op basis van voor bodemberoering gevoelige soorten en de beoordelingen die dit verder specificeren in soorten met name gevoelig voor respectievelijk intensieve – en frequente bodemberoering en ook de soorten indicatief voor de eerste fase van herstel vertonen een zeer vergelijkbaar patroon (Appendix 1, Figuur 1.1.1.1). Zoals verwacht zijn het voornamelijk de voor bodemberoering gevoelige soorten die de algemene kwaliteitstoestand bepalen. In detail valt verder op te maken dat de voor hoge frequentie gevoelige soorten richting 2010 het snelste toenamen en de voor herstel indicatieve soorten juist minder snel toenamen, waarna de afname naar de huidige toestand ook weer sneller verloopt voor de voor frequente visserij gevoelige soorten. Karakteristieke soorten zijn veel talrijker in het betreffende KRM-zoekgebied (hier de Centrale Oestergronden) dan elders (Wijnhoven & Bos, 2017) en zullen dus voornamelijk gerelateerd zijn het diepere slibrijke habitattype. Interessant te zien dat voor deze soorten op enkele meetmomenten (2006 en 2009) weliswaar de goede kwaliteitstoestand nog niet werd bereikt, maar hun voorkomen toch niet heel ver van een mogelijke drempelwaarde verwijderd was. Voor de betreffende periode (gemiddelde van de jaren 2006-2012), zijn de voorkomens toch nog wel substantieel gereduceerd.

Het ligt niet in de lijn der verwachtingen dat andere verstoringen dan bodemberoering door visserij momenteel een grote rol spelen op de Centrale Oestergronden.

De kwaliteitstoestand van het inmiddels in maart 2023 effectief gesloten gebied was in 2022 (T0) van vergelijkbare lage kwaliteit (Figuur 5). In 2019 was de kwaliteit van het open gebied overigens nog significant hoger dan dat van het gesloten gebied. Dat gold met name voor soorten gevoelig voor frequente visserij, maar ook indicatorsoorten voor vroeg herstel, karakteristieke soorten voor het gebied en soorten gekend door hun belangrijke bioturbatie-activiteiten (Appendix 1, Figuur 1.1.1.2). In 2022 is er enkel een significant verschil in het voorkomen van karakteristieke soorten die net iets talrijker zijn in nu het gesloten gebied. Het gevolg van een geringe achteruitgang van de kwaliteit van het open gebied van 2019 naar 2022 waar de kwaliteit van het gesloten gebied constant is gebleven (Figuur 5).



Figuur 5. Vergelijking kwaliteitstoestand benthische habitats van het inmiddels gesloten gebied COE1000 en qua habitatsamenstelling vergelijkbaar open gebied op basis van de BISI; let wel, kwaliteitstoestand betreft situatie voor sluiting. *Significant verschil $p < 0,05$.

3.1.2. Friese Front (FF)

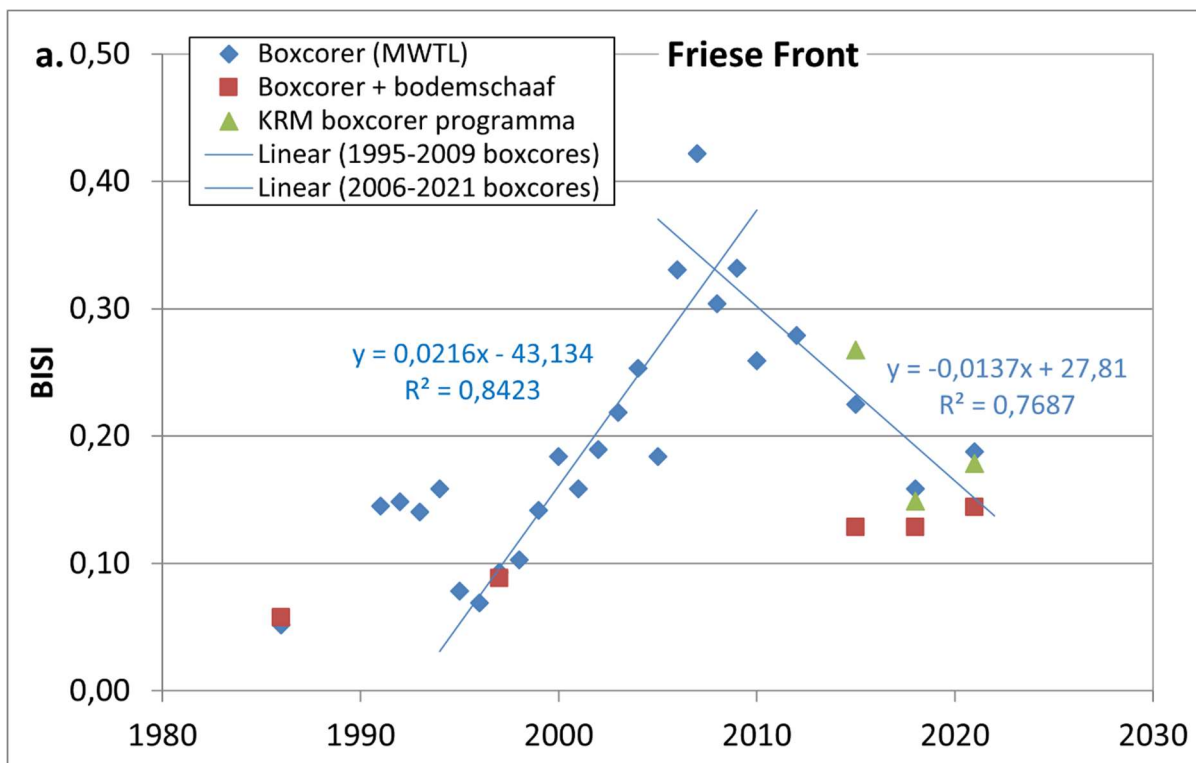
De benthische habitatkwaliteit op het Friese Front vertoont een significante ($p < 0,001$) toename voor de periode 1995-2009 (Figuur 6a). Rond 2007 (hoogste BISI-score van 0,42) is er echter sprake van een significante trendbreuk. De habitatkwaliteit neemt van 2006 tot en met 2021 significant ($p < 0,01$) af. Waarschijnlijk is de habitatkwaliteit begin jaren 90 wel iets beter geweest dan gedurende de jaren 1995-1998. De kwaliteitsontwikkeling vertoont een vergelijkbaar patroon als op de Centrale Oestergronden, zij het dat de omslag iets eerder plaats vindt.

Ook op het Friese Front is het zeer waarschijnlijk dat bodemberoerende visserij de belangrijkste oorzaak van de waargenomen patronen in de benthische habitatkwaliteit is. Voor de jaren met een significante afname in habitatkwaliteit is voor wat betreft de visserijdruk in SAR per jaar een significante toename (2009-2017; $p < 0,05$) zichtbaar (Figuur 6b). Met name de jaren 2016 en 2017 springen eruit met een zeer hoge visserijdruk van rond de SAR=5, hetgeen heeft geleid tot de lage kwaliteit waargenomen in 2018. Daarna daalt de visserijdruk ($p < 0,05$) naar zelfs het laagste niveau voor de gehele onderzochte periode in 2020, naar een SAR-waarde van rond de 1,5. Wanneer deze daling in de visserijdruk toe te schrijven aan de maatregelen en reacties op corona, voorlopig blijft bestaan, ligt het voor de hand dat de benthische habitatkwaliteit de komende jaren zal verbeteren. SAR-waarden lijken hier de beste relatie met de benthische habitatkwaliteit te geven. Hoewel ook qua

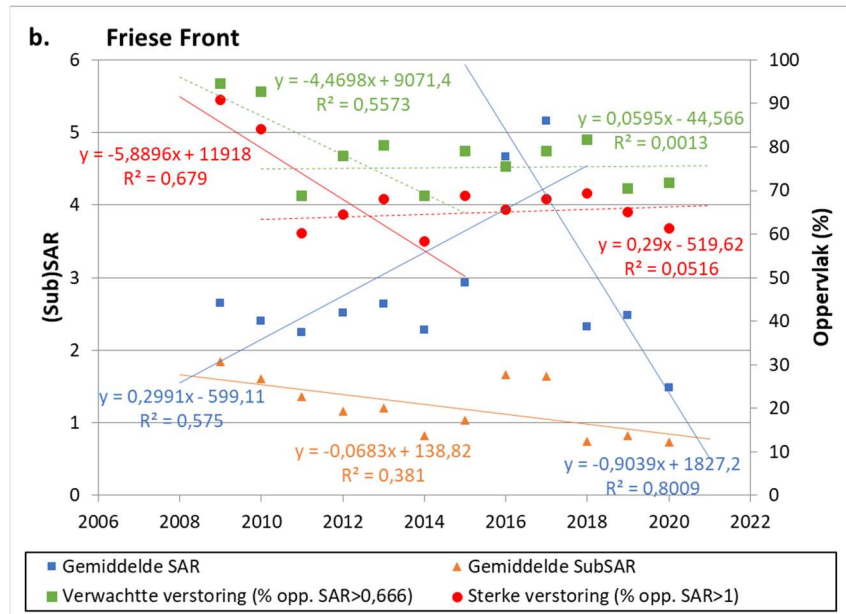
SubSAR de hoogste visserijdruk in 2016 en 2017, vertoont de diepere verstoring voor de gehele periode een significant afnemende trend ($p < 0,05$). Het percentage sterk verstoord oppervlak vertoont een significante ($p < 0,05$) afname gedurende 2009-2014, maar ligt met waarden net onder de 70% (rond de 80% totaal verwachte verstoring) permanent hoog. Een afname naar een nog steeds hoog percentage verstoord oppervlak heeft wellicht niet tot zichtbare effecten op de BISI-score geleid.

De specifieke beoordelingen laten zien dat de kwaliteitsontwikkeling op het Friese Front inderdaad voor een groot deel worden bepaald door de toename en afname van voor bodemberoering gevoelige soorten (Appendix 1, Figuur 1.1.2.1). Met name de voor intensieve bodemberoering gevoelige soorten en de soorten indicatief voor vroeg herstel laten een sterke toename zien richting 2007 en 2009 respectievelijk. De achteruitgang in benthische habitatkwaliteit na die tijd wordt minder duidelijk waargenomen voor de genoemde specifieke indicatorsoorten. Wellicht ook omdat deze soorten en de soorten indicatief voor frequente bodemberoering in 2021 weer lijken toe te nemen. Dat komt dan overeen met de behoorlijke afname van de gemiddelde visserijdruk in SAR per jaar) in 2020 (Figuur 6b). De Figuur 1.1.2.2 in Appendix 1 laat zien dat zo rond 2009 het vóórkomen van de karakteristieke soorten op het Friese Front (voornamelijk gerelateerd aan diep slibrijk habitattypen) heel behoorlijk was. Daarna volgde een significante afname voor de karakteristieke soorten die worden opgevolgd met de boxcorer, maar het lijkt erop dat de bodemschaaf-gerelateerde karakteristieke soorten recentelijk wel een toename laten zien.

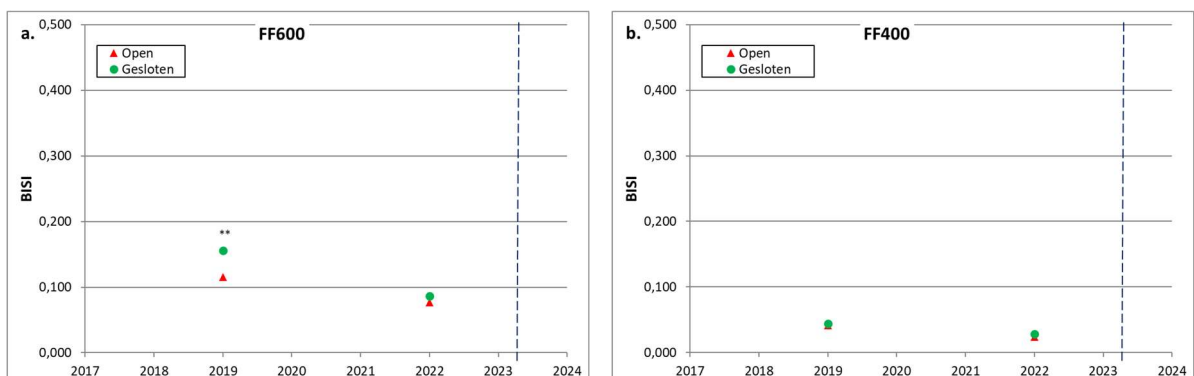
Het is niet waarschijnlijk dat er andere factoren zijn naast verstoring door bodemberoerende visserij een grote rol spelen in de huidige beperkte kwaliteit van de benthische habitats op het Friese Front.



Figuur 6a.
Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het KRM-gebied Friese Front op basis van de BISI. Getoonde trends significant ($p < 0,05$) op basis van boxcoer meetlocaties die sinds 1995 consequent bemonsterd zijn; b. Ontwikkeling visserijdruk op het Friese Front (doorgetrokken lijn als significante trend; $p < 0,05$; gestippelde lijn niet significant zodat constant niveau wordt verondersteld).



Waar de kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het diepe slibrijke inmiddels gesloten deelgebied FF600 nog significant ($p < 0,01$) hoger was dan het qua habitattypen vergelijkbare open gebied, was dit in 2022 na achteruitgang van de kwaliteit van voornamelijk het gesloten gebied, niet meer het geval (Figuur 7a). Met name de voor herstel indicatieve soorten zijn in 2019 nog talrijker in hun voorkomen in het inmiddels gesloten gebied FF600 terwijl die in 2022 niet meer het geval is (Figuur 1.1.2.2.a,b in Appendix 1). Het meer zandige gesloten deelgebied FF400 is zowel in 2019 als in 2022 van vergelijkbare lage kwaliteit als de omliggende open gebieden waarbij de voor frequente visserij indicatieve soorten overigens wel significant talrijker zijn in hun voorkomen in het inmiddels gesloten gebied dan in de omliggende open omgeving (Figuur 1.1.2.2.c,d in Appendix 1). Beide deelgebieden zijn pas in maart 2023 effectief gesloten, zodat het hier een vergelijking van de T0 situatie betreft.



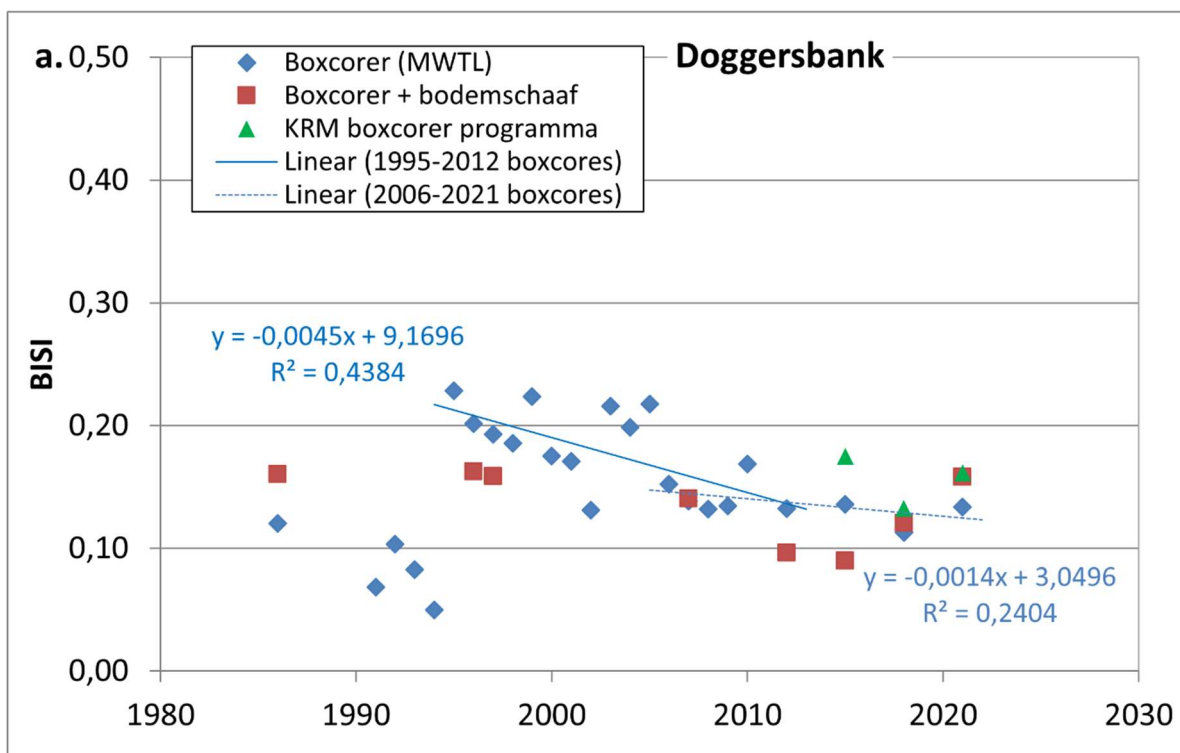
Figuur 7. Vergelijking kwaliteitstoestand benthische habitats van het gesloten gebied en qua habitatsamenstelling vergelijkbaar open gebied op basis van de BISI voor respectievelijk deelgebied FF600 (a) en FF400 (b); let wel, kwaliteitstoestand betreft situatie voor sluiting. **Significant verschil $p < 0,01$.

3.1.3. Doggersbank (DB)

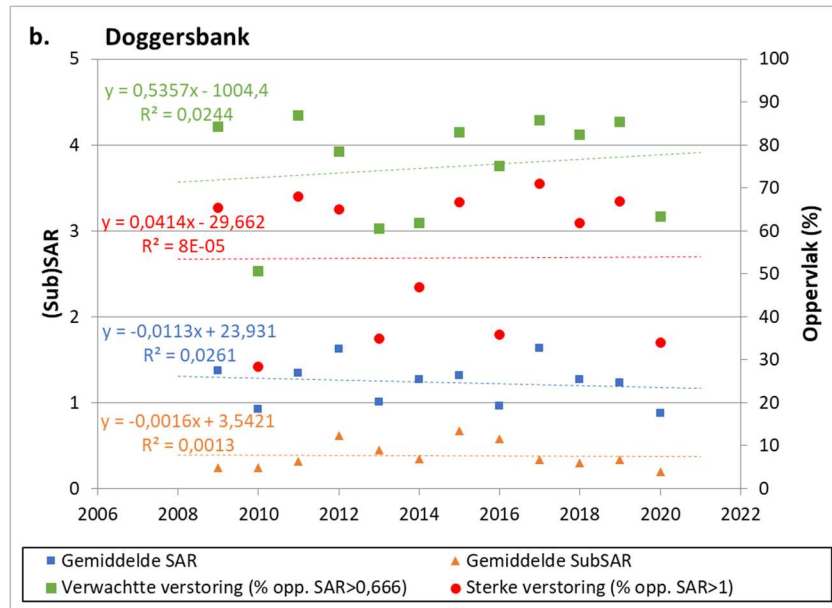
Op de Doggersbank is sprake van een significant ($p < 0,01$) achteruitgaande kwaliteit van de benthische habitats tussen 1995 en 2012 (Figuur 8a). Het lijkt erop dat de habitatkwaliteit begin jaren 90 substantieel lager is geweest. Echter tussen 2006 en 2012 komt de achteruitgang tot stilstand (significante trendbreuk met $p < 0,05$) waarna de kwaliteitstoestand tot op heden als constant kan

worden gezien. Meer in detail lijkt er op basis van de bodemschaaf-gerelateerde indicatorsoorten echter sprake te zijn van enige kwaliteitsverbetering richting 2021. Op basis van boxcorer-gerelateerde indicatorsoorten is dat niet zichtbaar. De visserijdruk laat tussen 2009 en 2020 geen significante trends zien (Figuur 8b) en is dus met uitzondering van behoorlijke jaar-op-jaar fluctuaties relatief constant te noemen, hetgeen overeenkomt met de waargenomen kwaliteitsontwikkeling. Wel behoort 2020, wellicht door gevolgen en maatregelen in relatie tot corona, tot de jaren met de laagste visserijdruk in de genoemde periode. Met name voor wat betreft het totale verstoorde en het sterke verstoorte oppervlak met respectievelijk 63 en 34% is dat substantieel minder dan de waarden van rond de 85 en 65% voor een groot aantal andere jaren. Ook de gemiddelde SAR-waarde ligt in 2020 onder de 1, wat wordt verondersteld de grens voor sterke verstoring te zijn. Mogelijk toont de BISI-score voor 2021 de eerste tekenen van kwaliteitsverbetering in het geval de visserijdruk de komende jaren op een vergelijkbaar niveau als in 2020 blijft (maar de resultaten laten ook zien dat het ook nog steeds tot de jaar-tot-jaar variatie kan behoren).

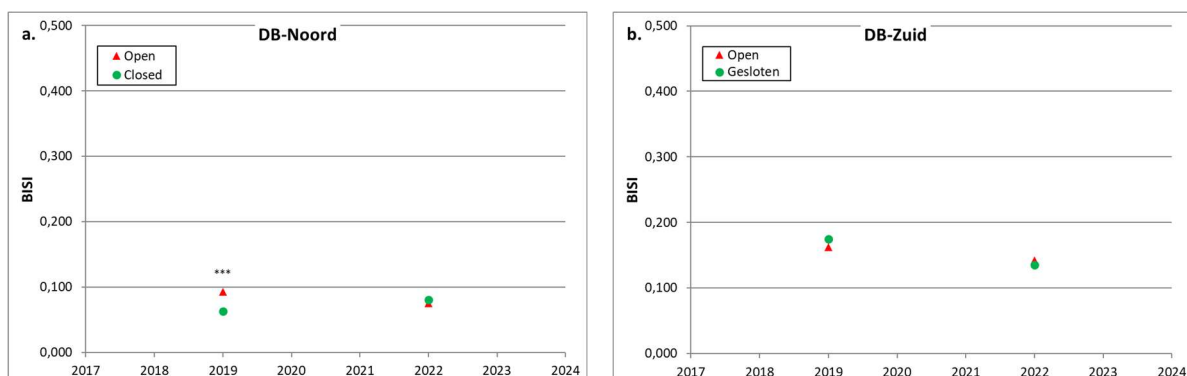
De algemene kwaliteitstoestand blijkt ten minste tussen 1995-2012 significant te zijn afgenomen. De specifieke beoordelingen suggereren (ook voor die periode) enige verband met bodemberoerende visserij, hoewel de afname in de specifieke indicatorsoorten niet significant is (Figuur 1.1.3.1 in Appendix 1). Daarentegen blijken de specifieke soorten gevoelig voor intensieve bodemberoering en de soorten indicatief voor herstel significant te zijn afgenomen (respectievelijk bij $p < 0,05$ en $p < 0,01$), maar de soorten indicatief voor frequente bodemberoering juist significant te zijn toegenomen ($p < 0,05$). Het is uiteraard mogelijk dat door verandering van het type visserij dergelijke patronen samengaan. Ook kunnen de patronen het gevolg zijn van verandering in de ruimtelijke patronen van visserij op de Doggersbank. Hoewel er geen significante trends worden gevonden in de mate van ecologische verstoring, hetgeen kan worden uitgelegd als een gecombineerd effect van organische belasting en verontreinigingen en/of toename van het zwevend stofgehalte in de waterkolom, is er wel een significante trendbreuk ($p < 0,01$) zichtbaar in de periode 2003-2010. De ontwikkeling van de betreffende indicatorsoorten is vanaf die periode zeer vergelijkbaar aan die indicatief voor bodemberoering waar de betreffende indicatorsoorten, terwijl voor die tijd de ecologische verstoring juist aan de beterende hand was. Het is mogelijk dat invloeden van de rivierpluim van de Thames en kwaliteitsverbetering gevolgd door verslechtering hierin een rol spelen (NASA, 2007).



Figuur 8a.
Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het HR-gebied Doggersbank op basis van de BISI. Getoonde trend met doorgetrokken lijn significant ($p < 0,05$) op basis van boxcorer meetlocaties die sinds 1995 consequent bemonsterd zijn; gestippelde lijn niet significant ($p < 0,05$); b. Ontwikkeling visserijdruk op de Doggersbank (gestippelde lijnen niet significant ($p < 0,05$) zodat constant niveau wordt verondersteld).



Het patroon voor wat betreft de effecten van waargenomen kwaliteitsverandering, in dit geval afname, op het ecologisch functioneren is zeer gelijkend op de algemene kwaliteitsontwikkeling. Voedselaanbod voor hogere trofische niveaus en voorkomen bioturbierende fauna zowel als de groep van typische soorten van de permanente overstromde zandbanken van de offshore (HR habitattypen H1110c) vertonen een significante achteruitgang sinds 1995 (Figuur 1.1.3.1 in Appendix 1).

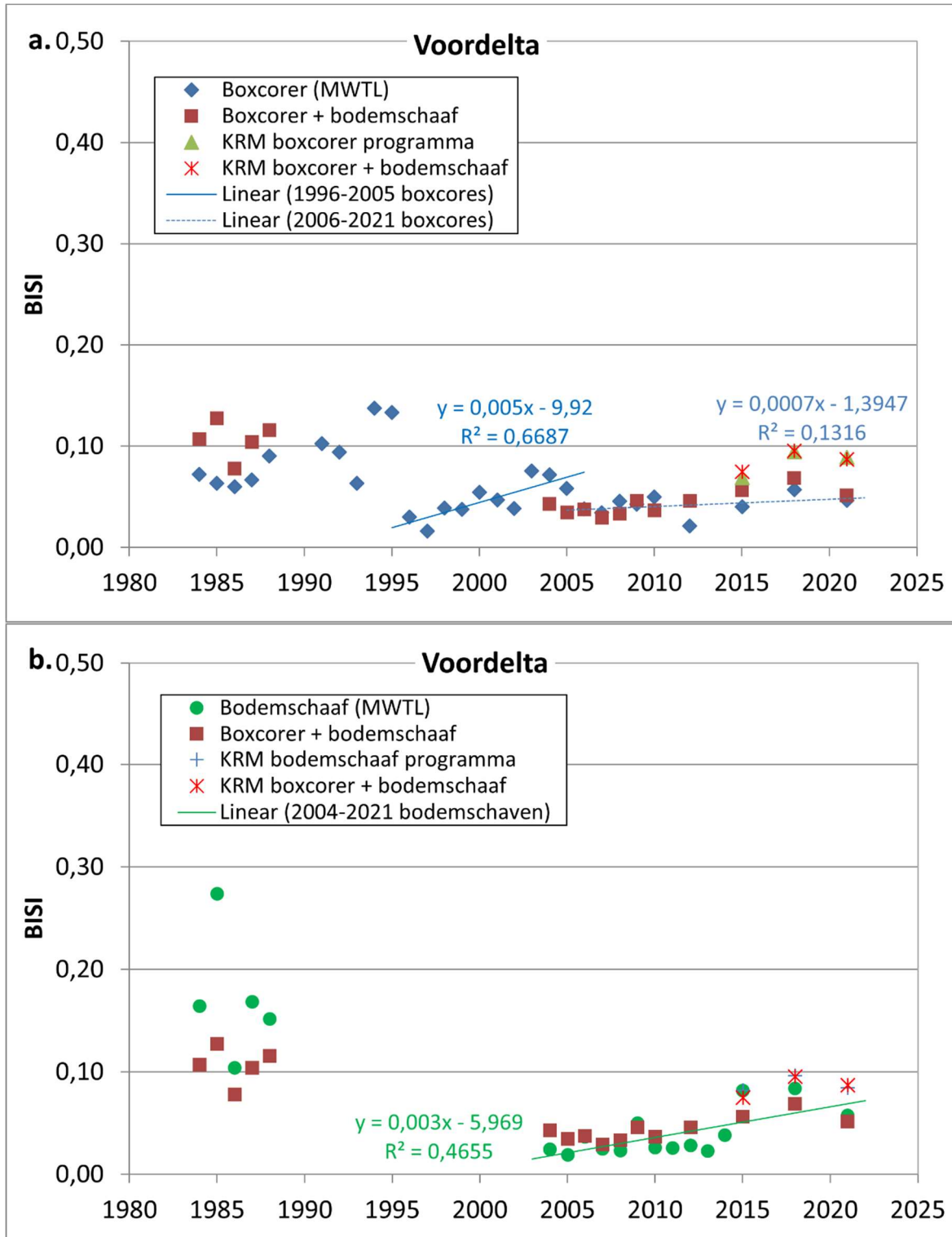


Figuur 9. Vergelijking kwaliteitstoestand benthische habitats van het te sluiten gebied en qua habitatsamenstelling vergelijkbaar open gebied op basis van de BISI voor respectievelijk deelgebied DB-Noord (a) en DB-Zuid (b). ***Significant verschil $p < 0,001$.

De vergelijking van de te sluiten gebieden van de Doggersbank en qua habitatsamenstelling vergelijkbare open delen in de nabijheid, laat zien dat in 2019 het Noordelijke te sluiten gebied van mindere kwaliteit was dan de omgeving (Figuur 9). In 2022 is dit verschil echter niet meer gevonden. Het Zuidelijke te sluiten gebied is zeer vergelijkbaar qua kwaliteit en kwaliteitsontwikkeling met zijn omgeving. Aangezien er op dit moment nog geen zicht is op wanneer gebiedssluiting wordt ingesteld, gaat het hier voorlopig nog om het vastleggen van de uitgangssituatie (T0).

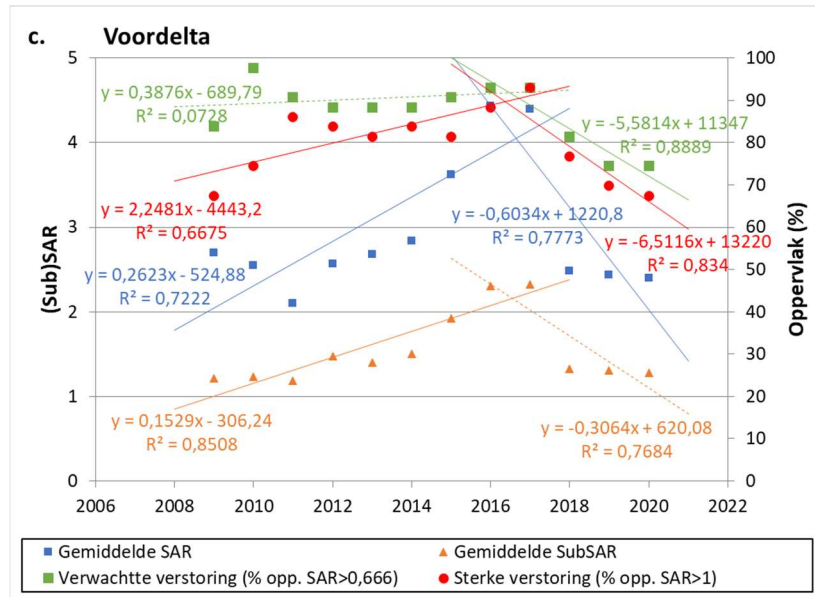
3.1.4. Voordelta (VD)

De patronen in de kwaliteitsontwikkeling van de benthische habitats op basis van boxcorer-bemonstering en bodemschaafbemonstering zijn in zoverre vergelijkbaar dat de kwaliteitstoestand de laatste decennia permanent laag te noemen is (vrijwel altijd onder de BISI=0,1).



Figuur 10.

Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het HR-gebied Voordelta op basis van de BISI, toegespitst op bemonstering met de boxcorer (a.) en met de bodemschaaf (b.). Getoonde trend met doorgetrokken lijn significant ($p < 0,05$) op basis van boxcorer of bodemschaaf meetlocaties die respectievelijk sinds 1995 of 2004 consequent bemonsterd zijn; gestippelde lijn niet significant ($p < 0,05$); c. Ontwikkeling visserijdruk in de Voordelta (doorgetrokken lijn als significante trend; $p < 0,05$; gestippelde lijn niet significant zodat constant niveau wordt verondersteld).



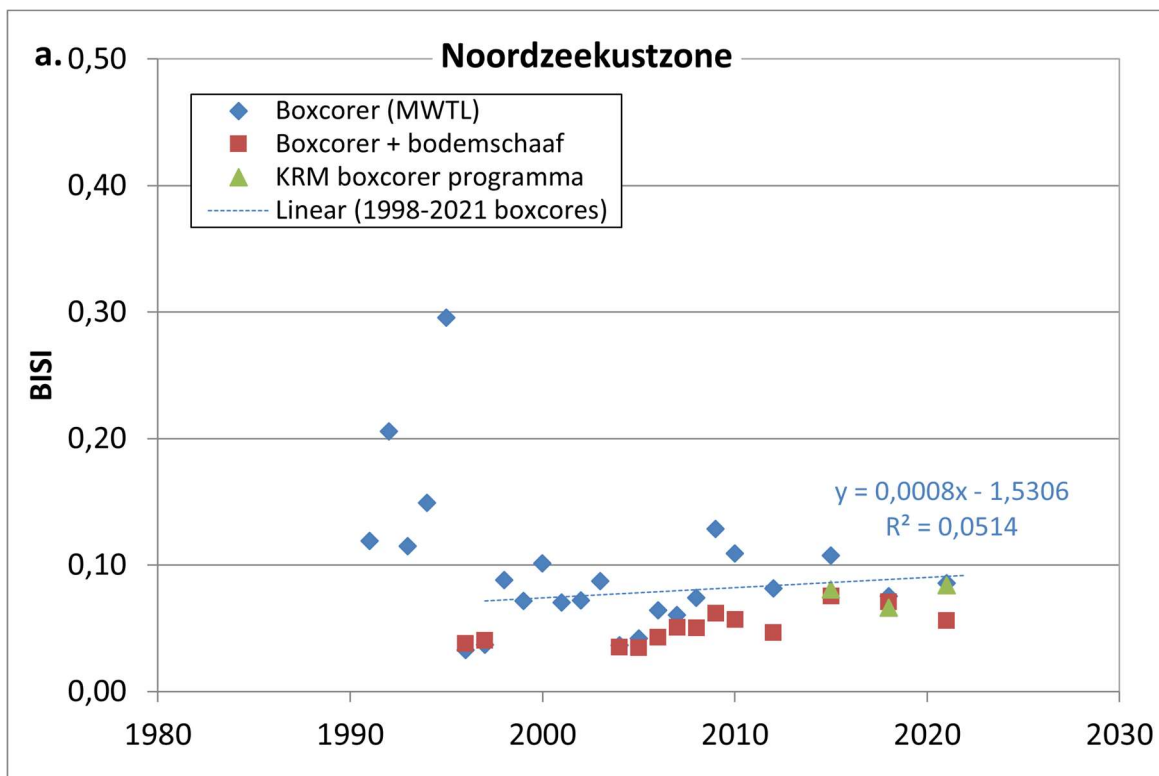
Op basis van de indicatorsoorten van de boxcorer is er sprake van een significante toename gedurende 1995-2005, gevolgd door een constant lage kwaliteit in de periode erna (Figuur 10a). De overgang rond 2005/2006 wordt gekenmerkt door een significante trendbreuk ($p < 0,001$). Op basis van de bodemschaaf is er echter ook meer recent sprake van enige kwaliteitsverbetering (Figuur 10b). Figuur 10c laat zien dat er sprake is van een significant toenemende visserijdruk van 2009 tot 2017, zowel voor wat betreft gemiddelde SAR en SubSAR, als wat betreft het oppervlak met veronderstelde sterke verstoring (wat tot boven de 90% uitkomt). Daarna volgt een significante afname in de visserijdruk zoals zichtbaar in gemiddelde SAR, en het veronderstelde totaal – en het sterk verstoord oppervlak. Ondanks de significante afname blijft de visserijdruk hoog met een gemiddelde SAR-waarde van rond de 2,5 en een verstoord oppervlak van meer dan 70% (grotendeels sterk verstoord). Dit verklaart wellicht dat voornamelijk de kwaliteitsverbetering nog zeer beperkt is, maar dus wel significant voor wat betreft de bodemschaaf-gerelateerde soorten. Het lijkt er overigens op dat de kwaliteitstoestand op basis van boxcorer gerelateerde indicatorsoorten in de jaren tachtig en begin jaren 90 vergelijkbaar was met de huidige toestand, maar op basis van bodemschaaf-gerelateerde soorten de kwaliteitstoestand destijds mogelijk net iets beter was (Figuur 10a,b). Dit wordt ondersteund door de waarneming van 1995 (op basis van BIOMON-meetlocaties zoals gedurende daaropvolgende jaren maar met afwijkend meetprogramma van de periode daarvoor) die een vergelijkbaar hogere BISI-score geeft als 1994 in lijn met een kwaliteitstoename in de jaren er voor en dus een terugval na 1995.

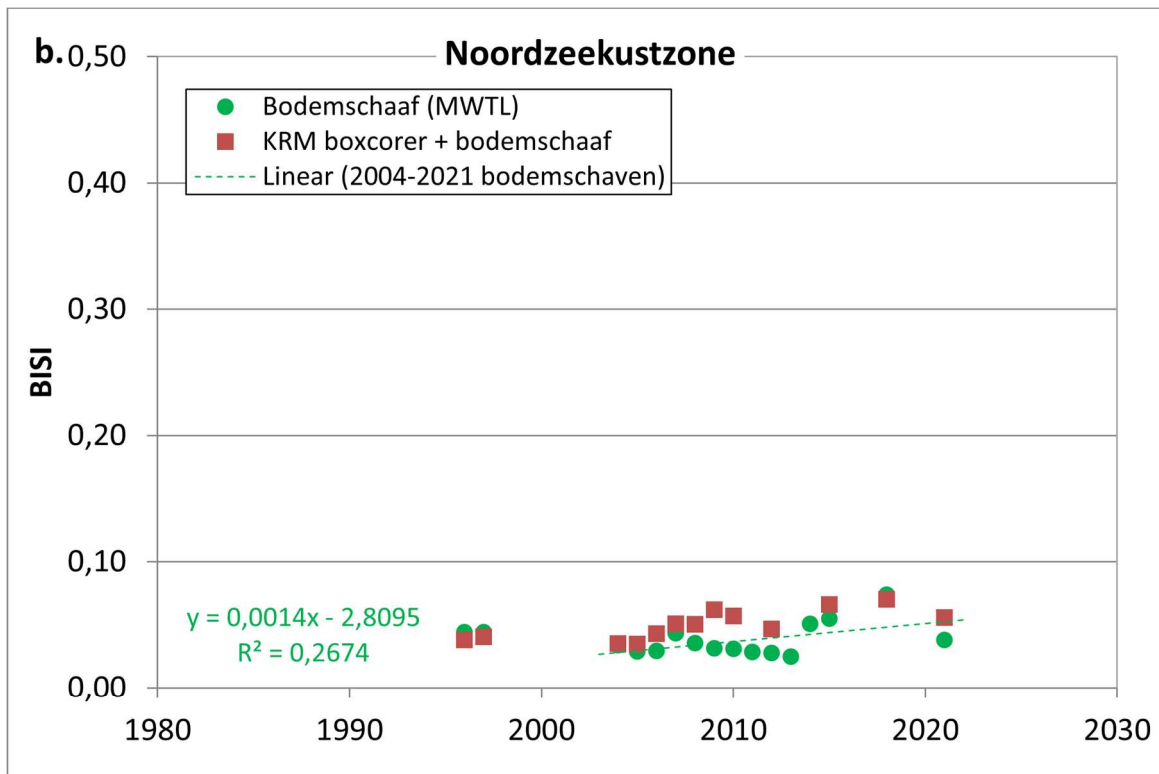
Specifieke beoordelingen laten zien dat tussen 1996 en 2004 de kwaliteitsverbetering toe te schrijven was aan een afname van de bodemberoering (Figuur 1.1.4.1 in Appendix 1). Daarna volgt echter een toename van de verstoring door bodemberoerende activiteiten en is er op basis van boxcorer-soorten nauwelijks verbetering zichtbaar. Op basis van de bodemschaaf gerelateerde soorten (typisch de potentieel grotere soorten waaronder diverse schelpdieren en schaaldieren) is wel zichtbaar dat de bodemberoering is afgenomen wat tot enige verbetering in de kwaliteitstoestand heeft geleid. Figuur 10c geeft echter aan dat de bodemberoerende visserij pas vanaf 2018 afneemt terwijl enige kwaliteitsverbetering al in 2015 zichtbaar is. Het blijkt dat vanaf 2015 waarschijnlijk ook vooral de ecologische verstoring afneemt (zowel zichtbaar op basis van boxcorer als bodemschaafmonsters; Figuur 1.1.4.1 in Appendix 1). Wanneer dit betrekking heeft op zwevend stofgehalte is het mogelijk dat daar deels dezelfde soorten als die gevoelig voor bodemberoering op reageren. Het is echter ook mogelijk dat de organische belasting de afgelopen jaren iets is afgenomen. Daar zijn wel indicaties voor gezien de gerapporteerde chlorofyl en DIN-concentraties met gerapporteerde afnames

respectievelijk buiten de kustzone en in de Scheldepluim (Min IenW & Min LNV, 2024a). Aangezien de afname van de bodemberoering relatief beperkt is, is het onderscheid tussen ontwikkelingen voor specifiek de gevoelige soorten voor intensieve of frequente bodemberoering of indicatoren van vroeg herstel, niet groot. Maar allen nemen significant toe op basis van de bodemschaaf-gerelateerde soorten. Figuur 1.1.4.1.f (Appendix 1) laat zien dat het met name enkele bioturberende soorten zijn die profiteren, maar ook belangrijke prooisorten vertonen een significante toename (op basis van de bodemschaaf).

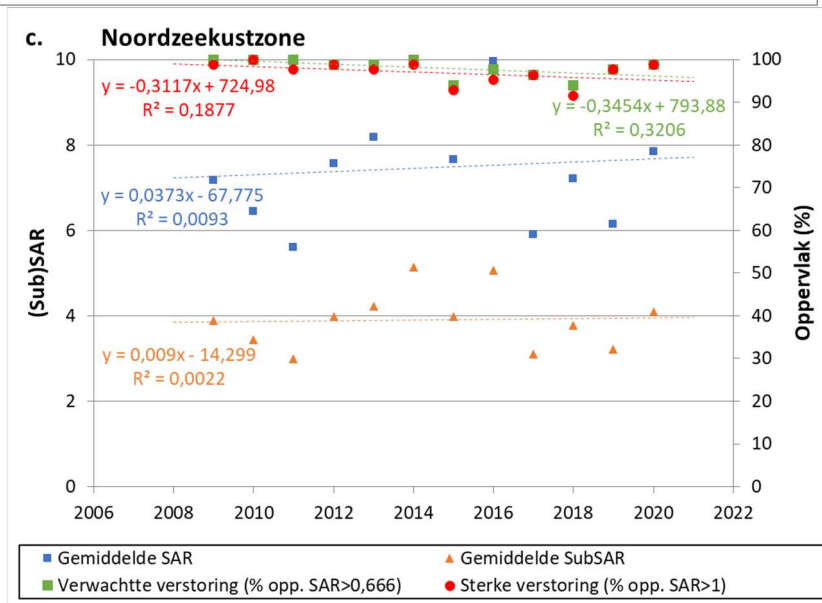
3.1.5. Noordzeekustzone (NZKZ)

In de Noordzeekustzone wordt een permanent lage benthische habitatkwaliteit waargenomen en zijn geen significante langere termijn ontwikkelingen waarneembaar. De kwaliteitstoestand is zowel op basis van boxcorer-monsters (1998-2021) als op basis van bodemschaafmonsters (2004-2021) relatief constant. In de periode 1995-1997 (en wellicht de jaren ervoor met afwijkend monitoringprogramma) worden wel sterke fluctuaties in de kwaliteit waargenomen. Dat ook niet direct kwaliteitsontwikkelingen worden verwacht wordt zichtbaar op basis van de visserijdruk. Deze is permanent zeer hoog te noemen met een gemiddelde SAR die de 8x per jaar benadert. Dit is gemiddeld dus 8x zo hoog als het niveau waarop sterke verstoring wordt verondersteld (Matear et al., 2022). Ook de gemiddelde SubSAR-waarden van rond de 4 zijn zeer hoog. Daarnaast is vrijwel het gehele oppervlak (bijna 100% op basis van gemiddelden per c-square) sterk verstoord.





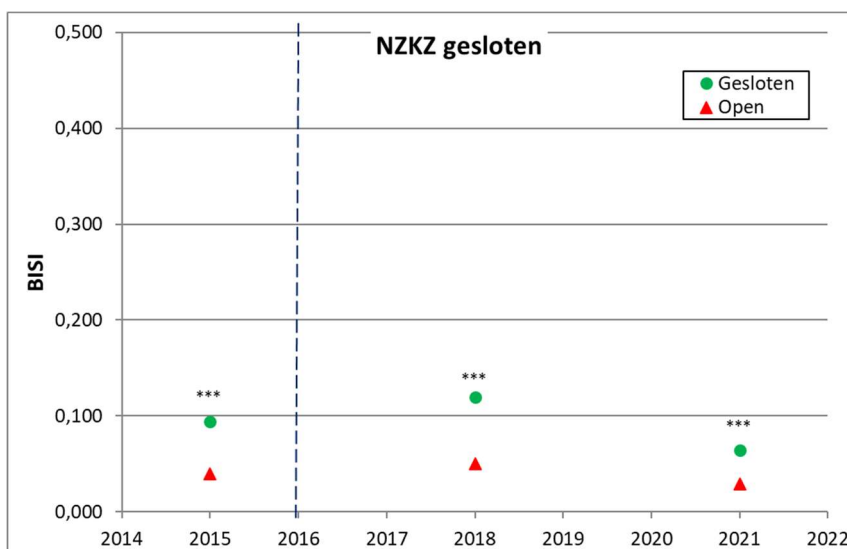
Figuur 11. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het HR-gebied Noordzeekustzone op basis van de BISI, toegespitst op bemonstering met de boxcorer (a.) en met de bodemschaaf (b.). Getoonde ontwikkeling (gestippelde lijnen) niet significant ($p < 0,05$) zodat een constant niveau wordt verondersteld. Resultaten op basis van boxcorer of bodemschaaf meetlocaties die respectievelijk sinds 1995 of 2004 consequent bemonsterd zijn; c. Ontwikkeling visserijdruk in de Noordzeekustzone (doorgetrokken lijn als significante trend; $p < 0,05$; gestippelde lijn niet significant).



De specifieke beoordelingen laten inderdaad zien dat de indicatorgemeenschap gevoelig voor bodemberoering een permanent laag vóórkomen laat zien (zowel op basis van boxcorer-monsters als op basis van bodemschaafmonsters (Figuur 1.1.5.1.a en b in Appendix 1). Op basis van de bodemschaafbemonstering is er tussen 2004 en 2021 echter sprake van een zeer geringe maar wel significante toename van de populatie aan indicatorsoorten gevoelig voor intensieve bodemberoering en de populatie aan soorten indicatief voor vroeg herstel (Figuur 1.1.5.1.c in Appendix 1). Daarnaast is ook de ecologische verstoring naar verwachting hoog. Als de visserijdruk hoog is zal dit hoogstwaarschijnlijk ook zorgen voor meer zwevend stof in de waterkolom en organische verrijking door opwerveling. Echter ook de input van organische stof (zie DIN-waarden Hollandse kust; Min

lenW & Min LNV, 2024a) en verontreinigingen (Min lenW & Min LNV, 2024c) is naar verwachting in de Noordzeekustzone nog steeds niet zonder ecologische gevolgen. Het gevolg is dat alle onderzochte ecologische functies in beperkte mate worden ingevuld door de benthische gemeenschappen, maar de bioturbatie-functie vertoont wel een geringe maar significante verbetering (wederom op basis van bodemschaaf-gerelateerde indicatorsoorten; (Figuur 1.1.5.1.f in Appendix 1).

Een 5-tal gebiedjes in de Noordzeekustzone zijn begin 2016 gesloten voor alle bodemberoerende visserij. Het blijkt dat voor sluiting de kwaliteitstoestand van de gesloten gebiedjes al net iets beter (significant bij $p < 0,001$) was dan de toestand in de open gebieden. De open gebieden zijn overigens ook niet in hun geheel volledig open, maar kennen soms gedeeltelijke visserijbeperkingen (VIBEG, 2011; VIBEG2, 2017). Na sluiting bleef de uitgangssituatie in zoverre bestaan dat er een net iets betere kwaliteit is in de gesloten - dan in de open gebieden. Dit kwaliteitsverschil betreft alle selecties aan specifieke indicatorsoorten (Figuur 1.1.5.2 in Appendix 1). Wel is de kwaliteit in beiden (open en gesloten) significant lager in 2021 dan in 2015. Gebiedssluiting zoals uitgevoerd in de Noordzeekustzone heeft vooralsnog niet het gewenste effect.



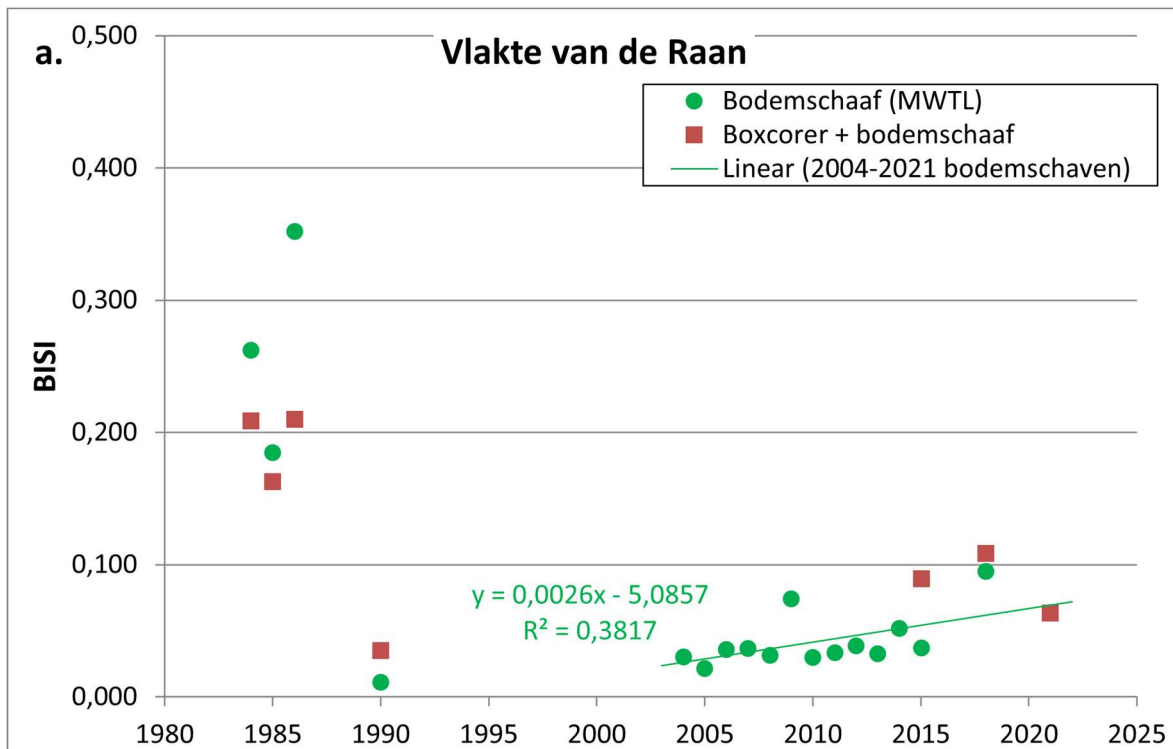
Figuur 12. Vergelijking kwaliteitstoestand benthische habitats van de (gecombineerde) gesloten gebiedjes van de Noordzeekustzone (NZKZ gesloten) en qua habitatsamenstelling vergelijkbaar open gebied op basis van de BISI. ***Significant verschil $p < 0,001$.

3.1.6. Vlakte van de Raan (VvdR)

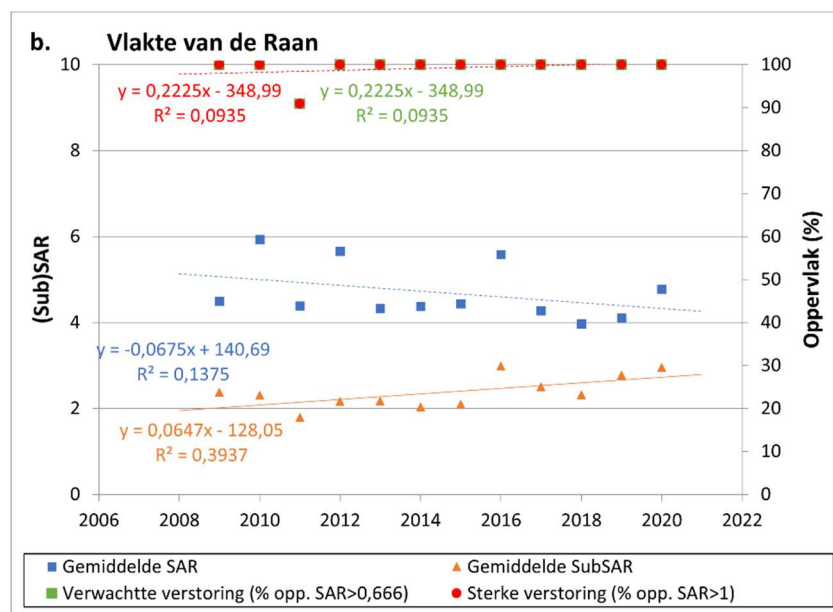
Op de vlakte van de Raan is de kwaliteit van de benthische habitats laag, maar vertoont wel een lichte (significante; $p < 0,05$) verbetering sinds ten minste 2004 (Figuur 13a). Waarnemingen uit het verleden lijken aan te geven dat de kwaliteitstoestand al ten minste 25 jaar zorgelijk is, maar dat het in de jaren 80 wel beter is geweest. De visserijdruk, die hoog te noemen is, zal voor een groot deel de geringe kwaliteit van de benthische habitats bepalen. De gemiddelde SAR-waarde ligt rond de 5, hetgeen overeenkomt met 5x de veronderstelde grenswaarde (Matear et al., 2022) waarboven sterke verstoring te verwachten is (Figuur 13b). Het percentage sterk verstoord oppervlak, op basis van gemiddelden per c-square, is dan ook 100%. Hoewel het erop lijkt dat de laagste SAR-waarden (nog altijd SAR=4) recentelijk zijn waargenomen, is er geen significante ontwikkeling gevonden over de periode 2009-2020. De SubSAR-waarden vertonen echter wel een significante toename, wat er op kan duiden dat de totale visserij gelijk is gebleven, maar er een verschuiving is in het type vistuig dat op de Vlakte van de Raan wordt ingezet.

Het is de verwachting dat ook ecologische verstoring wel enige rol zal spelen in de kwaliteitstoestand van de benthische habitats van de Vlakte van de Raan. Bijvoorbeeld via verhoogde chlorofyl en DIN-

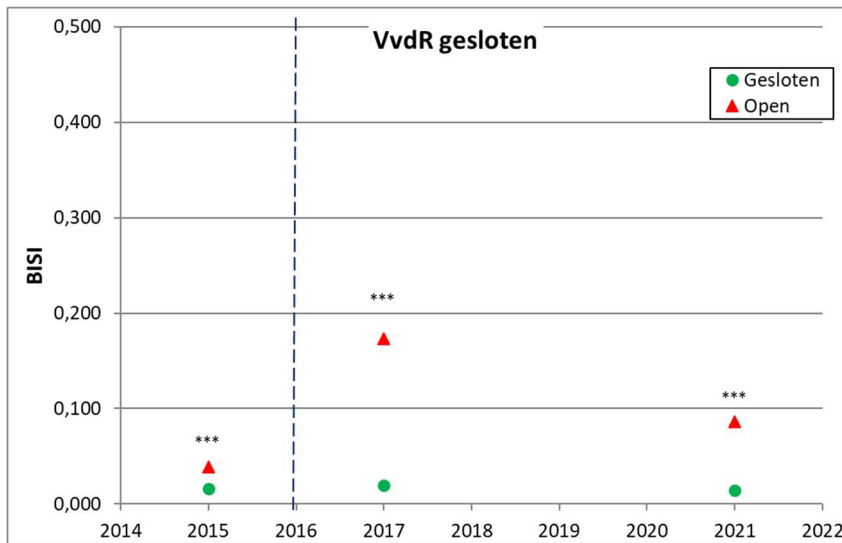
concentraties die echter respectievelijk buiten de kustzone en in de Scheldepluim de afgelopen jaren enige verbetering vertonen (Min IenW & Min LNV, 2024a). Helaas is het aantal specifieke indicatorsoorten voor ecologische verstering in de beoordelingsmethodiek voor de Vlakte van de Raan op dit moment ontoereikend voor een betrouwbare specifieke beoordeling. De gemeenschap van specifieke indicatorsoorten voor bodemberoering vertoont in ieder geval een geringe maar significante ($p < 0,05$) verbetering (Figuur 1.1.6.1 in Appendix 1). Het blijkt dat het voornamelijk een aantal soorten indicatief voor vroeg herstel betreft. Met name een aantal belangrijke prooissoorten (grotere schelpdieren en schaaldieren) vertonen een significante ($p < 0,01$) toename.



Figuur 13a. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het HR-gebied Vlakte van de Raan op basis van de BISI. Getoonde trend met doorgetrokken lijn significant ($p < 0,05$) op basis van bodemschaaf meetlocaties die sinds 2004 consequent bemonsterd zijn; b. Ontwikkeling visserijdruk op de Vlakte van de Raan (doorgetrokken lijn als significante trend; $p < 0,05$; gestippelde lijnen niet significant ($p < 0,05$) zodat constant niveau wordt verondersteld; let wel, punten voor verwachte en sterke verstering vallen samen).



Figuur 14 laat zien dat de kwaliteit van de benthische habitats in de gesloten gebiedjes voor sluiting in 2016 al slechter was dan in de omliggende qua habitatsamenstelling vergelijkbare open gebieden. Verrassenderwijs is na sluiting de kwaliteit van de gesloten gebiedjes niet verbeterd, maar die van de open gebieden wel. Het kwaliteitsverschil betreft eigenlijk alle specifieke indicatorsoortselecties zoals zichtbaar in Appendix 1 (Figuur 1.1.6.2).



Figuur 14. Vergelijking kwaliteitstoestand benthische habitats van de (gecombineerde) gesloten gebiedjes van de Vlakte van de Raan (VvdR gesloten) en qua habitatsamenstelling vergelijkbaar open gebied op basis van de BISI. ***Significant verschil $p < 0,001$.

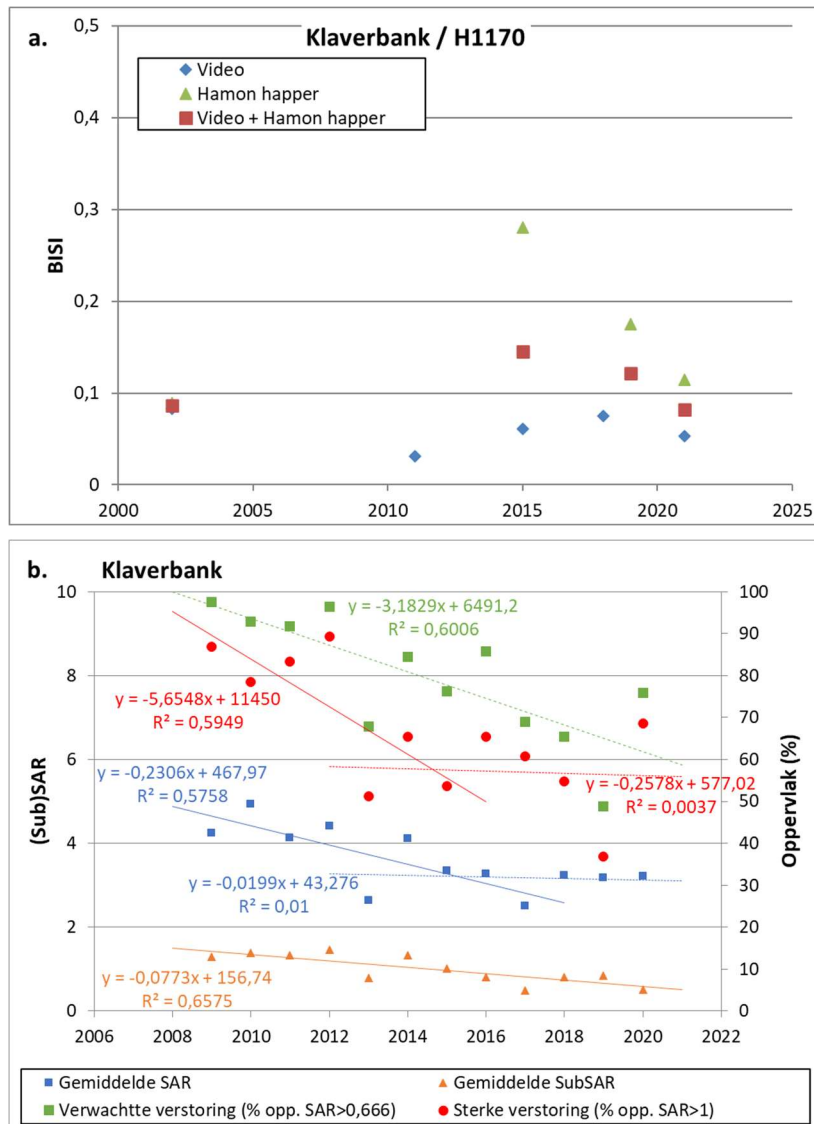
3.1.7. Klaverbank (KB)

Op de Klaverbank is het aantal waarnemingen van de kwaliteitstoestand op basis van de benthische gemeenschappen op vergelijkbare wijze (KRM-monitoring sinds 2015) te beperkt om al trends te kunnen detecteren. De video transecten en analyse van monsters met de Hamon happer laten een verschillend beeld zien voor 2015 met een lage habitatkwaliteit op basis van video en een redelijke toestand op basis van de Hamon happer (Figuur 15a). De kwaliteit op basis van de Hamon-monsters neemt echter af richting 2021, zodat kan worden gesteld dat er nog veel te verbeteren valt op de klaverbank. Toch laat Figuur 15b zien dat de visserijdruk vanaf 2009 is afgenomen met de sterkste afname tot ongeveer 2017. Dit suggereert dat de kwaliteitstoestand voor 2015 nog wel iets beter is geweest. Echter de waarnemingen van 2002 geven een ander beeld, zodat er mogelijk sprake is geweest van toe en afname van de kwaliteit aan het begin van deze eeuw. Wel te vermelden dat ondanks dat de visserijdruk dus in het verleden is afgenomen (en wat betreft de gemiddelde SubSAR en het verstoorte oppervlak wellicht nog steeds een afname laat zien), is de gemiddelde SAR-waarde op een behoorlijk hoge waarde gestagneerd. De gemiddelde visserijdruk van ruim SAR=3 ligt 3x boven het niveau waarop sterke verstoring wordt verondersteld (Matear et al., 2022). Dit resulteert ook in ruim 55% van het oppervlak van de Klaverbank sterk verstoord (op basis van gemiddelden per c-square).

Het patroon voor wat betreft de specifieke beoordeling op basis van indicatorsoorten gevoelig voor bodemberoering, vertoont een aardig gelijkend patroon (Figuur 1.1.7.1.a in Appendix 1) als de algemene kwaliteitsontwikkeling. Het blijkt dat zowel de indicatorsoorten gevoelig voor intensieve – als frequente verstoring als de indicatoren van vroeg herstel een afname laten zien tussen 2015 en 2021 (Figuur 1.1.7.1.b in Appendix 1). Zowel de karakteristieke soorten voor de Klaverbank (veel talrijker op de Klaverbank dan elders en dus vooral gerelateerd aan diep grof sediment habitat en hard substraat elementen) als de typische soorten van habitatrictlijn habitattypen H1170, zijn in sterk gereduceerde

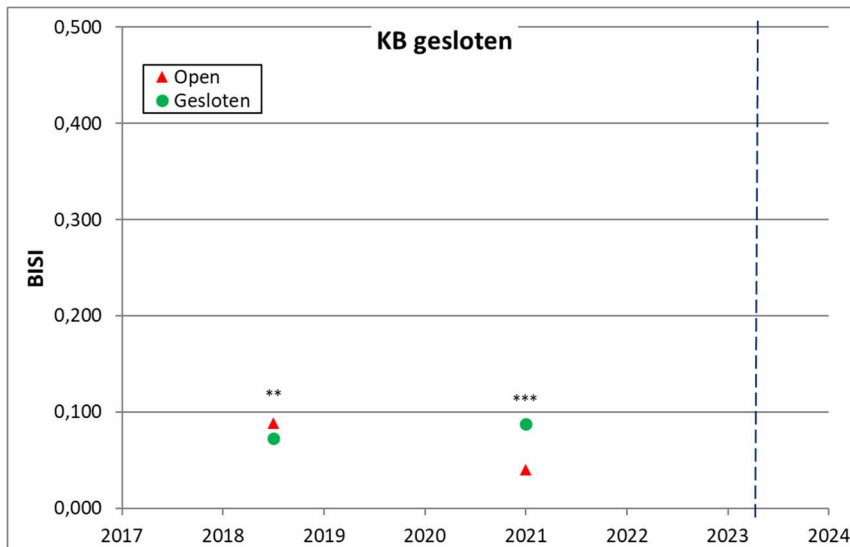
aantallen ten opzichte van de referentie voor goede kwaliteit aanwezig (Figuur 1.1.7.1.c in Appendix 1). De twee categorieën vertonen uiteraard grote overeenkomsten.

Figuur 15a.
Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het HR-gebied Klaverbank op basis van de BISI met inzet van video en Hamon-happer. Beoordeling ook representatief voor HR-habitattype H1170 (Riffen van de open zee); b. Ontwikkeling visserijdruk op de Klaverbank met doorgetrokken lijn als significante trend ($p < 0,05$) en significante trendbreuk indien ontwikkeling weergegeven met verschillende lijnen;



De inmiddels gesloten en qua habitatsamenstelling vergelijkbare open gebieden van de Klaverbank worden beoordeeld op basis van een gecombineerde technieken analyse (video + Hamon). Het eerste beoordelingsmoment bestaat uit monsternamen met video in 2018 en bemonstering met Hamon-happer in 2019 en kan zodoende ook enige jaar-tot-jaar verschil omvatten. Desondanks wordt gevonden dat het open gebied van significant ($p < 0,01$) betere kwaliteit is. Twee à drie jaar later is het te sluiten gebied echter van betere kwaliteit ($p < 0,001$) en lijkt vooral de kwaliteit van het te vergelijken open gebied achteruitgegaan. Dit kan uiteraard te maken hebben met verschuiving in de visserijpatronen, maar het betreft wel verplaatsing voor gebiedssluiting die pas is geëffectueerd in maart 2023 (dus tijdens de T0 fase). De specifieke beoordelingen (Figuur 1.1.7.2 in Appendix 1) laten ook zien dat het vrijwel alle aspecten van bodemberoering betreft die in 2018/2019 significant groter was in de te sluiten dan in de open gebieden (met uitzondering van de visserij frequentie) en in 2021 juist andersom. Wel opvallend dat de effecten van de kwaliteitstoestand op het voedselweb (het prooi-aanbod) juist consequent (zowel in 2018/2019 als 2021) groter is in het te sluiten gebied. Meest

waarschijnlijke oorzaak voor de lagere BISI-score in 2021 is wellicht het feit dat een aantal video-observaties in open gebied ontbreekt.



Figuur 16. Vergelijking kwaliteitstoestand benthische habitats van de (gecombineerde) gesloten gebieden van de Klaverbank (KB gesloten) en qua habitatsamenstelling vergelijkbaar open gebied op basis van de BISI.

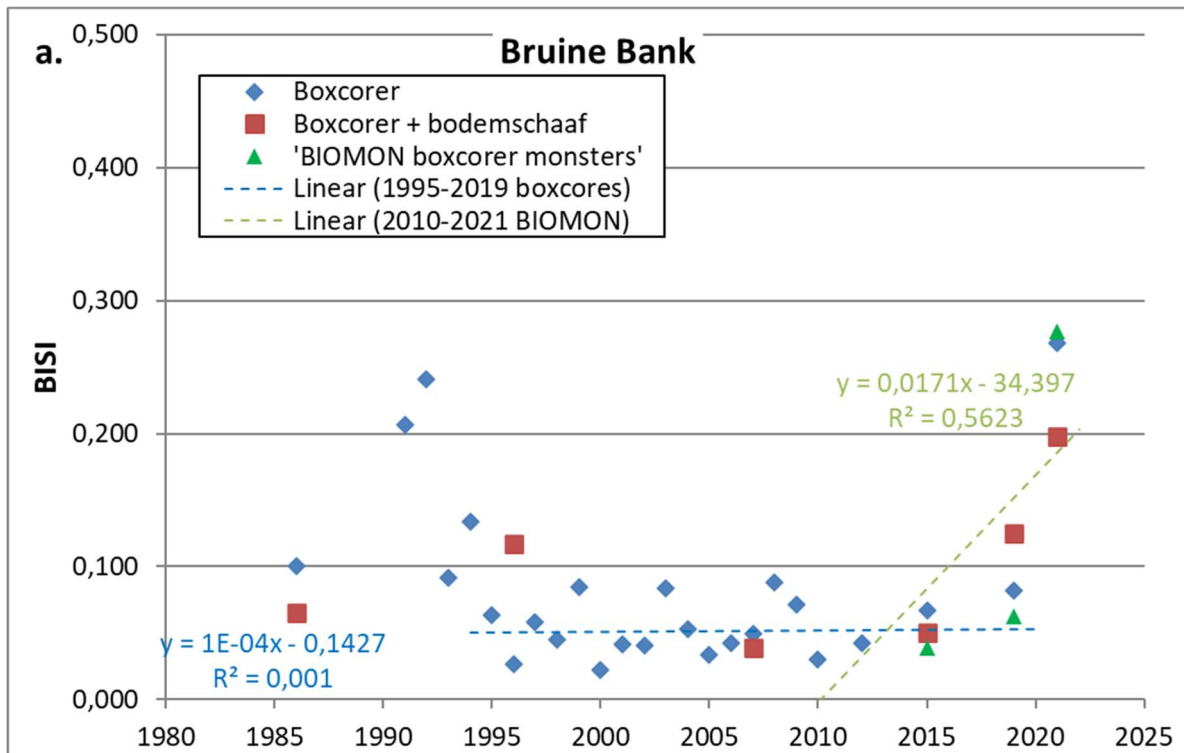
Significant verschil $p < 0,01$; *Significant verschil $p < 0,001$.

3.1.8. Bruine Bank (BB)

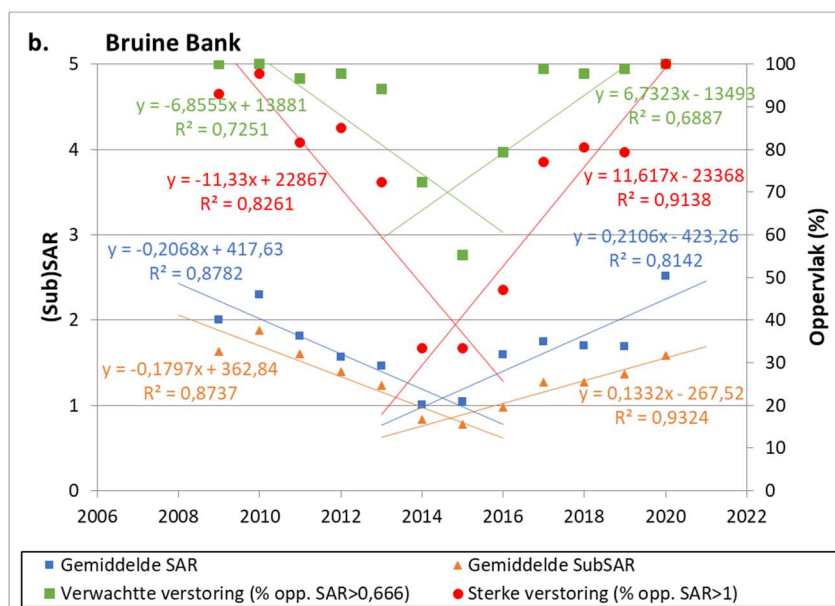
Op de Bruine Bank is de kwaliteit van de benthische habitats gedurende een lange periode (1995-2019) vrij constant en ook constant laag geweest (Figuur 17a). Pas zeer recentelijk is er sprake van substantiële kwaliteitsverbetering; op basis van bodemschaafmonsters mogelijk al in 2019 zichtbaar, op basis van boxcorer-monsters in 2021. Vanwege de recente datum is er nog geen sprake van een significant stijgende trend, maar wel van een significante ($p < 0,05$) trendbreuk. Aanleiding voor de kwaliteitsverbetering is mogelijk een afname in de visserijdruk, die op basis van de diverse visserijdrukparameters duidelijk zichtbaar is tussen 2009 en 2015 (Figuur 17b). Een substantieel effect daarvan is ook te verwachten aangezien de gemiddelde visserijdruk rond de SAR=1 uitkomt gedurende die jaren (hetgeen het veronderstelde niveau is waarboven sterke verstering wordt verwacht; Matear et al., 2022). De visserijdruk neemt na die jaren echter weer significant toe, en komt op basis van de gemiddelden per c-square uit op sterke verstering van 100% van de c-squares in 2020. Dat dit ogenschijnlijk toch niet direct leidt tot achteruitgang van de kwaliteit is misschien gelegen in de samenstelling van zeebodem bestaande uit zandbanken met daartussen een fijnere structuur van zandgolven. Van der Reijden et al. (2019) heeft laten zien dat structuurrijke gemeenschappen als *Sabellaria* riffen zich kunnen handhaven in de dalen van de zandgolven ondanks een hoge visserijdruk. Dat zal betekenen dat niet enkel de biogene riffen, maar ook andere benthos-gemeenschappen zich daar kunnen handhaven. Zoals al eerder geconstateerd zal zodoende een 100% sterk verstoord oppervlak op het niveau van c-squares in de praktijk, met name in dit gebied, betekenen dat een substantieel deel nauwelijks verstoord is. De kwaliteitstoestand van benthische habitats op de Bruine Bank is overigens begin jaren 90 beter geweest dan de jaren erna (Figuur 17a).

Figuur 1.1.8.1b (in Appendix 1) laat zien dat de ontwikkeling van de kwaliteitstoestand sterk gelijkend is op de ontwikkeling van specifiek de soortengemeenschap indicatief voor intensieve bodemberoering en de soortengemeenschap indicatief voor vroeg herstel. Het lijkt er dus op dat er met name verschuivingen hebben plaatsgevonden in het type visserij en niet direct in de frequentie die blijvend hoog is. Mogelijk dat de overstap van een deel van de Nederlandse vissersvloot van

wekkerkettingen naar pulsvisserij met name tussen 2010 en 2016 de afname van de visserijdruk kan verklaren (Rijnsdorp et al., 2020). Het zijn echter niet alleen Nederlandse vissers die vissen op de Bruine Bank. Een toename van de visserijdruk zou vervolgens een toename in het totale aantal visserijbewegingen kunnen zijn. De pulsvisserij is naar verwachting pas rond 2019 afgebouwd. De substantiële en ook wel spectaculaire kwaliteitsverbetering in 2021 is vooralsnog niet zichtbaar in de visserijdruk data (tot en met 2020). In andere gebieden wordt wel een duidelijke vermindering in de visserijdruk waargenomen in verband met corona-maatregelen en opgelopen kosten. Mogelijk dat dit op de Bruine Bank pas in 2021 duidelijk zichtbaar wordt, maar gezien de kwaliteitsontwikkeling verwacht men de aanleiding in de jaren ervoor te vinden.



Figuur 17a. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het KRM-gebied Bruine Bank op basis van de BISI. Gestippelde lijnen geven aan dat er geen sprake is van een significante trend en dus een constant niveau wordt verondersteld, maar een overgang betekent wel een significante ($p < 0,05$) trendbreuk; b. Ontwikkeling visserijdruk op de Bruine Bank (doorgetrokken lijn als significante trend; $p < 0,05$).



Figuur 1.1.8.1a (in Appendix 1) laat zien, dat er naast verandering in de visserijdruk mogelijk ook vermindering van de ecologische verstoring een rol speelt. Mogelijk is hier een verband met de waargenomen afname in chlorofyl a groeiseizoen gemiddelde concentraties die nu als in goede milieutoestand (<15 µg/l) worden gerapporteerd en afgenomen DIN-concentraties (Min IenW & Min LNV, 2022a).

Vanwege gebrek aan specifieke indicatorsoorten op basis van de boxcorer voor de betreffende gemeenschap in de huidige methodiek (Wijnhoven, 2023a,b) kan het eventuele effect van kwaliteitsverandering op ecologisch functioneren op de Bruine Bank enkel worden geanalyseerd voor effecten op voedselaanbod voor hogere trofische niveaus. Daar is door behoorlijke fluctuaties voorsnog geen duidelijk patroon zichtbaar (Figuur 1.1.8.1c in Appendix 1).

3.2 Kwaliteitstoestand EU MSFD Brede Habitattypes (BHTs)

De kwaliteitsontwikkeling en -toestand per EU MSFD breed habitatype (BHT) wordt gepresenteerd. De figuren bevatten de resultaten van het qua opzet (inspanning en ruimtelijke verdeling) constante MWTL-monitoringprogramma (1995-2010 + 2012) gebruikmaken de van de boxcorer met voorzetting van de monitoring van dezelfde meetlocaties in 2015, 2018 en 2021 als onderdeel van het KRM-monitoringprogramma. Voor ondiepe habitattypes kan veelal ook gebruik worden gemaakt van de WOT-bodemschaafdata (2004-2014) en voortzetting locaties in 2015, 2018 en 2021. Wel is de WOT-dataset beperkt tot de kustzone, terwijl ondiepe habitattypes ook buiten de kustzone voorkomen. De aanwezigheid van trends en eventuele trendbreuken wordt geanalyseerd op basis van deze voor het Nederlandse deel van de Noordzee representatieve selectie (met als beperking dat relatief beperkt voorkomende BHTs minder frequent worden bemonsterd). Vanaf 2015 is het (KRM-) monitoringprogramma uitgebreider. Het aantal boxcorer meetlocaties binnen en buiten KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden) wordt dan vergelijkbaar in aantal, echter het oppervlak van gebied buiten KRM-zoekgebieden is groter. Zodoende wordt ook de BISI-score op basis van de delen binnen en buiten KRM-zoekgebieden vergeleken. Te meer dat (met name in de toekomst) verschillen in de kwaliteitstoestand te verwachten zijn door verschillen in beheer, en de sluiting van gebieden voor bodemberoerende visserij die voornamelijk gelegen zijn binnen KRM-zoekgebieden, in het bijzonder.

Tabel 5. Kwaliteitstoestand van de KRM Brede Habitat Types (BHTs) op basis van de BISI-score voor gecombineerde meettechnieken voor de periode 2016-2021 (huidige toestand zoals gerapporteerd in de Mariene Strategie deel 1; Min IenW & Min LNV, 2024b).

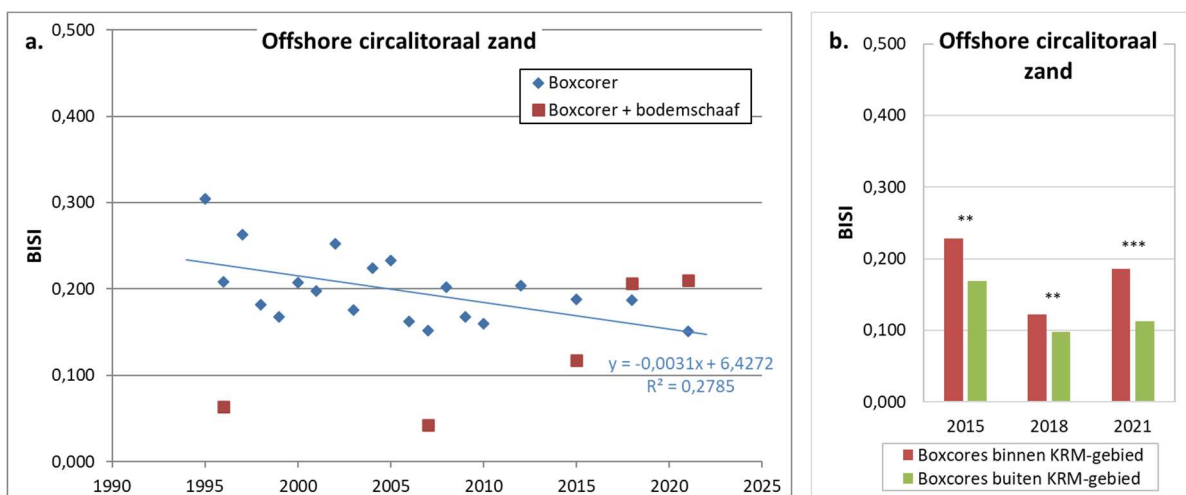
KRM Breed Habitat Type (BHT)	Specificatie	BISI-score
Diep zandig habitat	'Offshore circalittoral sand'	0,21
Diep slibrijk habitat	'Offshore circalittoral mud'	0,16
Diep grof sediment habitat	'Offshore circalittoral coarse sediment' (ook representatief voor 'Offshore circalittoral mixed sediment')	0,07
Ondiep zandig habitat	'Circalittoral – and Infralittoral sand'	0,09
Ondiep slibrijk habitat	'Circalittoral – and Infralittoral mud'	0,09
Ondiep grof sediment habitat	'Circalittoral – and Infralittoral coarse sediment' (ook representatief voor 'Circalittoral mixed sediment')	0,07

Het KRM-monitoringprogramma omvat ook monitoring met de bodemschaaf, echter (voor wat betreft de algemene kwaliteitstoestand) enkel gericht op de KRM-zoekgebieden (inclusief de HR-gebieden). De kwaliteitstoestand op basis van gecombineerde boxcorer en bodemschaaf beoordelingen op basis van alle beschikbare data wordt ter indicatie gepresenteerd voor het heden en het verleden. Daarbij

dienen eventuele verschillen tussen binnen en buiten de KRM-zoekgebieden en de hierboven beschreven meetprogramma-opzet bij interpretatie in ogenschouw te worden genomen. Voor wat betreft de offshore circalitorale grof sediment meetlocaties (en een beperkt aantal meetlocaties in ander offshore circalitoraal habitat) wordt hoofdzakelijk gebruik gemaakt van resultaten op basis van video en Hamon-happer (Wijnhoven, 2018).

De beoordeling op basis van de gecombineerde boxcorer- en bodemschaafdata omvat alle beschikbare data en is gebruikt voor de rapportage van de actuele kwaliteitstoestand (gemiddelde periode 2016-2021) op basis van de BISI ten behoeve van de KRM (Min IenW & Min LNV, 2024b). De actuele kwaliteitstoestand (BISI-score) wordt gepresenteerd in Tabel 5. Voor details en ontwikkelingen zie de resultaten per BHT (hoofdstukken 3.2.1 t/m 3.2.6).

3.2.1. Diep zandig habitattype (Offshore circalitoraal zand)

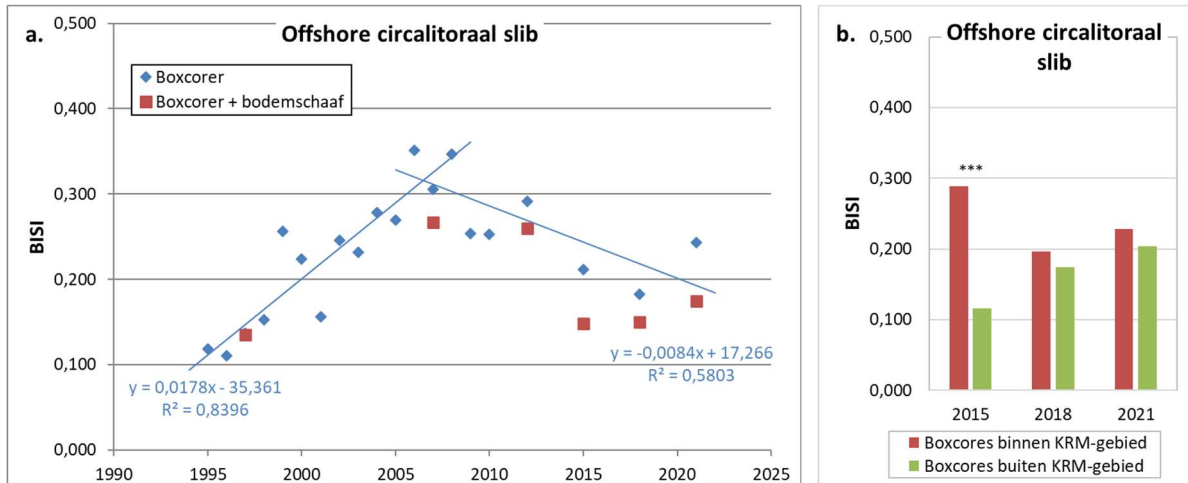


Figuur 18a. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het EU MSFD brede habitattype 'Offshore circalitoraal zand' op basis van de BISI. Getoonde trend met doorgetrokken lijn significant ($p < 0,05$) op basis van boxcorer meetlocaties die sinds 1995 consequent bemonsterd zijn. Gecombineerde boxcorer en bodemschaaf resultaten gebruikmakende van alle beschikbare data ter indicatie; deze waarde in 2021 (BISI=0,174 is hetgeen b. Vergelijking kwaliteitstoestand binnen en buiten KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebied) op basis van alle beschikbare boxcorer-data; Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***.

Er is duidelijk sprake van een achteruitgang van de kwaliteit van het diepe zandige habitattype op basis van de consequent bemonsterde representatieve boxcorer-meetlocaties (Figuur 18a). Als een uitgebreide set aan meetlocaties (2015, 2018 en 2021) wordt geanalyseerd en de bodemschaafresultaten (zijn enkel van binnen KRM-zoekgebieden) worden meegewogen, wordt zichtbaar dat er recentelijk mogelijk sprake is van enige kwaliteitsverbetering. Het gaat hier voornamelijk om de combinatie van meetlocaties van de Bruine Bank en van delen van Klaverbank en Doggersbank. Dit zal dus vooral bodemschaaf-gerelateerde indicatorsoorten betreffen. De vergelijking van resultaten van binnen en buiten KRM-zoekgebieden inclusief HR-gebieden op basis van boxcorer-monsters laat echter zien dat de kwaliteit binnen de KRM-zoekgebieden significant beter is (Figuur 18b) dan het veel grotere oppervlak (zie Figuur 1) gelegen buiten de KRM-zoekgebieden. De

huidige BISI-waarden van rond de 0,1 à 0,2 zijn nog ver verwijderd van een goede kwaliteitstoestand waarvoor de verwachting is dat de BISI-score rond de 0,5 dient te zijn².

3.2.2. Diep slibrijk habitattype (Offshore circalitoraal slib)



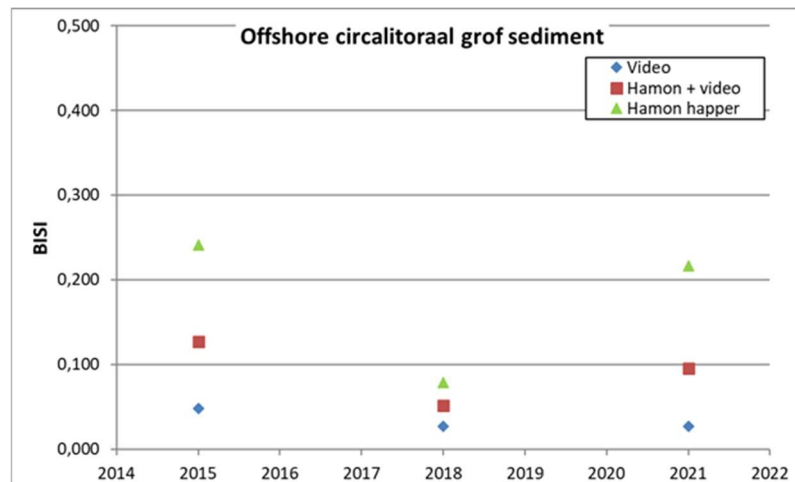
Figuur 19a. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het EU MSFD brede habitattype 'Offshore circalitoraal slib' op basis van de BISI. Getoonde trends met doorgetrokken lijn significant ($p < 0,05$) op basis van boxcorer meetlocaties die sinds 1995 consequent bemonsterd zijn; significante trendbreuk indien ontwikkeling weergegeven met verschillende lijnen. Gecombineerde boxcorer en bodemschaaf resultaten gebruikmakende van alle beschikbare data ter indicatie; b. Vergelijking kwaliteitstoestand binnen en buiten KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebied) op basis van alle beschikbare boxcorer-data; Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***.

Het diepe slibrijke habitattype vertoont op basis van een representatieve boxcorer bemonstering een duidelijke kwaliteitsverbetering van 1995 tot en met 2008 (Figuur 19a). Daarna gaat de kwaliteit significant ($p < 0,05$) achteruit. Beoordeling op basis van alle beschikbare boxcorer en bodemschaaf meetlocaties laat een vergelijkbaar patroon zien. Hoewel in 2015 de benthische habitatkwaliteit nog significant ($p < 0,001$) hoger uitviel in de KRM-zoekgebieden, was dat verschil, vooral door toename van kwaliteit buiten de KRM-zoekgebieden, in 2018 en 2021 grotendeels verdwenen (Figuur 19b). De KRM-zoekgebieden Friese Front en Centrale Oestergronden bestaan voor het grootste deel uit diep slibrijk habitat en bepalen de kwaliteitstoestand van het habitattype binnen de zoekgebieden. Het gedeelte aan diep slibrijk habitat buiten de KRM-zoekgebieden is in dezelfde orde van grootte (Figuur 1). Gezien de huidige vergelijkbare kwaliteitstoestand binnen en buiten KRM-zoekgebieden is de verwachting dat de combineerde boxcorer en bodemschaafbeoordeling een goed beeld geeft van de huidige kwaliteitstoestand. Mogelijk is de bodemschaaf-gerelateerde indicator-gemeenschap iets gevoeliger voor de huidige verstoringen dan de indicatorsoorten van de boxcorer. Een toename in de BISI-score naar rond de 0,25 à 0,35 rond 2006-2008 was aardig op weg richting een goede kwaliteitstand. De huidige situatie (BISI rond de 0,2) is daar echter alweer verder van verwijderd.

² Voor het vaststellen van de drempelwaarde wordt aangesloten bij hetgeen in internationaal verband (EU MSFD) zal worden vastgesteld. Het proces van vaststelling van de kwaliteitsdrempelwaarde voor D6C5 'kwaliteit benthische habitattypen' onder de KRM, loopt momenteel nog (MSCG, 2022). Desalniettemin is de verwachting dat de drempelwaarde voor wat betreft de BISI rond de 0,5 zal liggen. Zie hoofdstuk 2.2 voor de overwegingen.

3.2.3. **Diep grof sediment habitatype (Offshore circalitoraal grof sediment)**

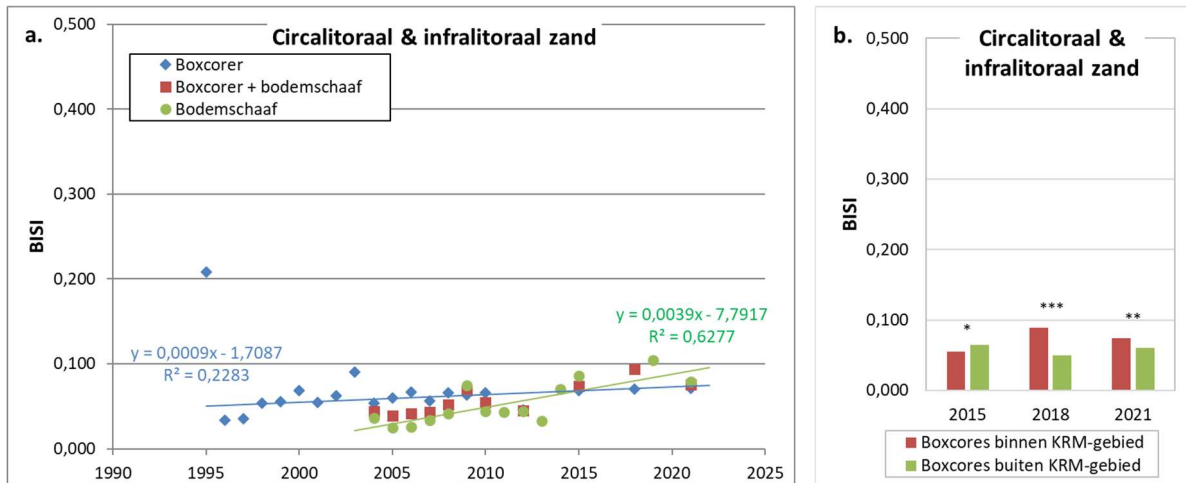
Figuur 20. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het EU MSFD brede habitatype 'Offshore circalitoraal grof sediment' op basis van de BISI.



Het diepe grof sediment habitatype valt vrijwel in zijn geheel binnen het HR-gebied van de Klaverbank. De monitoring van het habitatype op de Klaverbank met Hamon-happer en video wordt dan ook gezien als representatief voor het habitatype voor de gehele Nederlandse Noordzee (er zijn geen extra meetlocaties buiten de Klaverbank). De BISI-score lijkt te variëren tussen de 0,02 en de 0,25 afhankelijk van de meettechniek (en bijbehorende indicatorsoorten). Waar de kwaliteit van de Klaverbank als geheel (Hoofdstuk 3.1.7) lijkt af te nemen is dat voor dit habitatype niet direct zichtbaar. Hoewel aardig wat kwaliteitsverbetering gevraagd wordt om een goede kwaliteitstoestand te bereiken, is wel de verwachting dat indien effectief de gebiedssluiting voor bodemberoerende visserij vanaf maart 2023 op de Klaverbank verbetering van dit habitatype moet laten zien omdat een groot gedeelte van het oppervlak binnen de gesloten gebieden valt.

3.2.4. **Ondiep zandig habitatype (Circalitoraal & infralitoraal zand)**

Het ondiepe zandige habitatype is al lange tijd van lage kwaliteit (Figuur 21a). Ondanks dit lage kwaliteitsniveau is er wel sprake van een geringe maar significante toename van de kwaliteit. De kwaliteit van het habitatype is wel significant hoger (of minder laag) binnen de in dit geval voornamelijk HR-gebieden (Noordzeekustzone, Voordelta, Vlakte van de Raan, Doggerbank en daaraan toegevoegd een stukje KRM-zoekgebied op het Friese Front), dan daarbuiten (Figuur 21b). Maatregelen binnen KRM-zoekgebieden zijn zodoende niet noodzakelijkerwijs voldoende om het habitatype op het niveau van de Nederlandse Noordzee in een goede kwaliteitstoestand te krijgen. Wel omvat het onlangs gesloten gebied van FF 'sub area 2' en de zuidelijke punt van 'sub area 1' (gelegen binnen en grenzend aan het KRM-zoekgebied Friese Front en binnen de BISI Assessment Tool aangeduid als FF400; Wijnhoven, 2023b) een groot percentage ondiep zandig habitat, waarvan eventuele kwaliteitsverbetering kan bijdragen (Figuur 1). Hetzelfde geldt in de toekomst wellicht voor de Borkumse Stenen (NZA, 2020). Desondanks is nog altijd ongeveer ruim 2x zoveel oppervlak voor dit habitatype gelegen buiten KRM-zoekgebieden en de gesloten en voorgenomen te sluiten KRM-gebieden in het bijzonder, zodat er wellicht nog wel wat wordt gevraagd om de BISI-score die nu onder of net aan de 0,1 reikt, rond de 0,5 te krijgen.

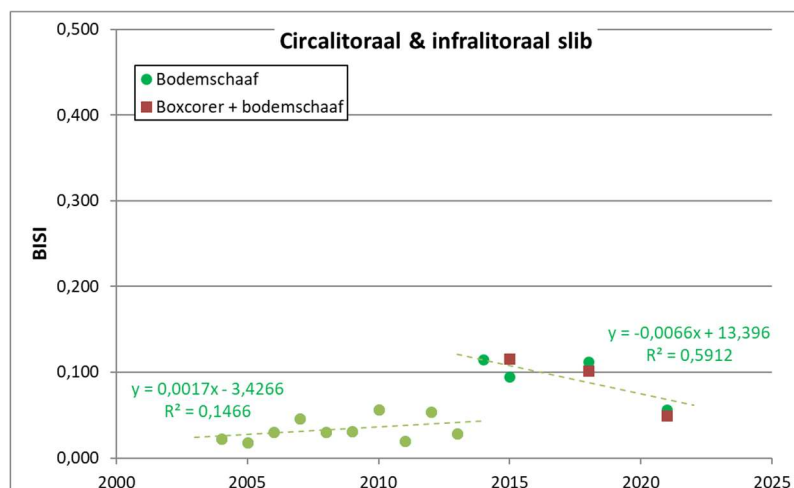


Figuur 21a. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het EU MSFD brede habitattypetype 'Circalitoraal & infralitoraal zand' op basis van de BISI. Getoonde trends met doorgetrokken lijn significant ($p < 0,05$) op basis van meetlocaties die sinds 1995 (boxcorer) en 2004 (bodemschaaf) consequent bemonsterd zijn. Gecombineerde boxcorer en bodemschaaf resultaten gebruikmakende van alle beschikbare data ter indicatie; b. Vergelijking kwaliteitstoestand binnen en buiten KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebied) op basis van alle beschikbare boxcorer-data; Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***.

3.2.5. Ondiep slibrijk habitattypetype (Circalitoraal & infralitoraal slib)

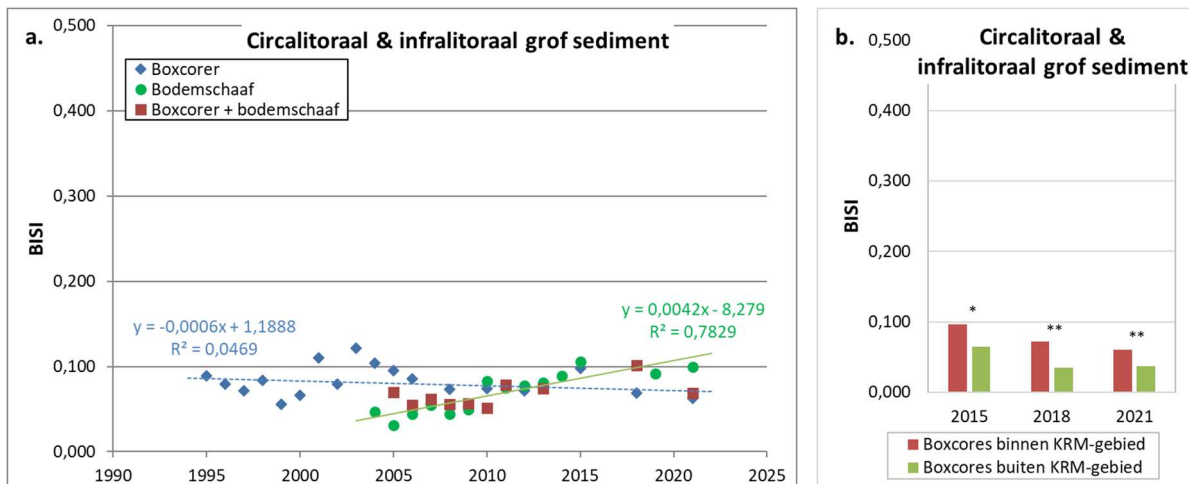
Het voorkomen van ondiep slibrijk habitattypetype buiten de kustzone is beperkt (Figuur 1). Aangezien het habitattypetype met 540 km² procentueel gezien ook niet veel voorkomt in het Nederlandse deel van de Noordzee (0,9%; Min IenW & Min LNV, 2024b), is het aantal boxcorer meetlocaties (met name in het verleden onderdeel uitmakende van het BIOMON-meetprogramma) zeer beperkt. Zodoende zijn we voor de kwaliteitsbeoordeling voornamelijk aangewezen op de beoordeling op basis van bodemschaafmonsters vanuit de WOT. Hoewel er sprake is van een significante trendbreuk rond 2014 is de kwaliteitstoestand permanent laag te noemen met BISI-scores net boven en onder de 0,1.

Figuur 22. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het EU MSFD brede habitattypetype 'Circalitoraal & infralitoraal slib' op basis van de BISI. Ontwikkelingen die sinds 2004 op basis van bodemschaaf meetlocaties consequent bemonsterd zijn aangeduid met gestippelde lijnen zijn niet significant ($p < 0,05$) zodat een constant niveau wordt verondersteld. Ontwikkelingen volgens verschillende lijnen geeft aan dat er sprake is van significante ($p < 0,05$) trendbreuk. Gecombineerde boxcorer en bodemschaaf resultaten gebruikmakende van alle beschikbare data weergegeven ter indicatie.



Naast ondiepe slibrijke delen op de Vlake van de Raan en in beperkte mate andere HR-gebieden (Noordzeekustzone en Voordelta) en KRM-zoekgebied (Friese Front) ligt het habitattype toch voornamelijk buiten KRM-zoekgebieden, in de kustzone. Daarmee lijkt het realiseren van kwaliteitsverbetering voor dit habitattype nog niet iets voor de komende jaren.

3.2.6. Ondiep grof sediment habitattype (Circalitoraal & infralitoraal grof sediment)

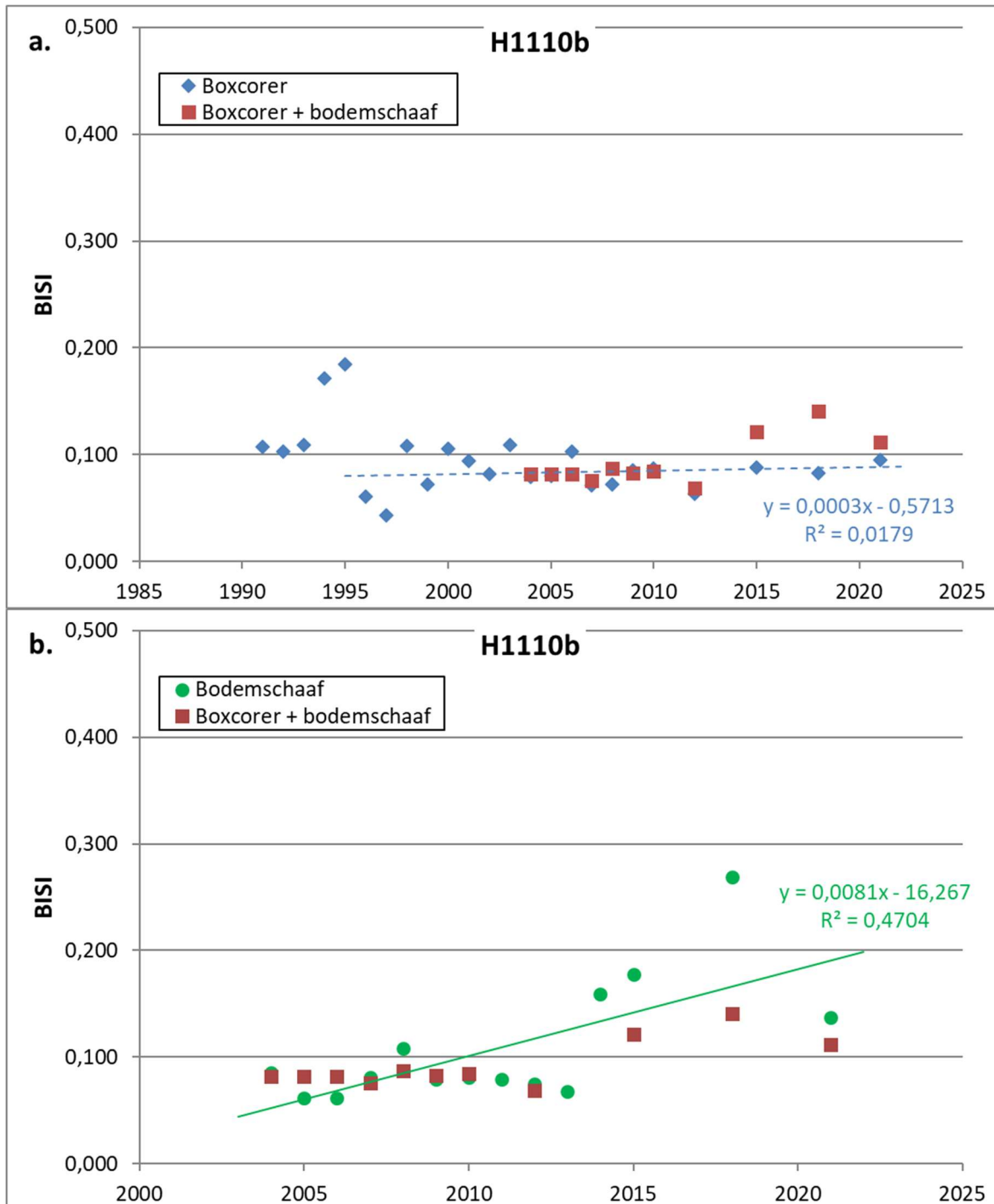


Figuur 23a. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van de benthische habitats in het EU MSFD brede habitattype ‘Circalitoraal & infralitoraal grof sediment’ op basis van de BISI. Getoonde trends met doorgetrokken lijn significant ($p < 0,05$), ontwikkeling met gestippelde lijn niet significant, op basis van meetlocaties die sinds 1995 (boxcorer) en 2004 (bodemschaaf) consequent bemonsterd zijn. Gecombineerde boxcorer en bodemschaaf resultaten gebruikmakende van alle beschikbare data ter indicatie; b. Vergelijking kwaliteitstoestand binnen en buiten KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebied) op basis van alle beschikbare boxcorer-data; Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***.

Het ondiepe grof sediment habitattype ligt voor een groot deel op de Doggersbank en in zeer beperkte mate op Friese Front, Vlake van de Raan en in de Noordzeekustzone (Figuur 1). Daarnaast ligt er ongeveer een vergelijkbaar oppervlak in de kustzone en de nabije offshore, inclusief het onlangs gesloten FF400 gebied aansluitend op het Friese Front. Zodoende zijn de consequente monitoringsets voor boxcorer en bodemschaaf niet direct vergelijkbaar, omdat eerstgenoemde een substantieel aantal meetlocaties van de Doggersbank omvat en de tweede set enkel de kustzone omvat. Desondanks komt de BISI-score voor beiden nauwelijks boven de 0,1 (Figuur 23a) en wordt een flinke kwaliteitsverbetering gevraagd alvorens een goede kwaliteitstoestand voor dit habitattype wordt bereikt. Wel is een significante ($p < 0,001$) toename van de kwaliteit van het habitattype in de kustzone zichtbaar. Analyse van de boxcorer-monsters laat zien dat de kwaliteitstoestand significant hoger is in de KRM-zoekgebieden dan daarbuiten. Aangezien het oppervlak binnen en buiten KRM-zoekgebieden qua oppervlak vergelijkbaar is, is de verwachting dat de huidige monitoring een behoorlijk beeld geeft van de werkelijke toestand. De voorziene maatregelen (NZA, 2020) beschermen maar een beperkt gedeelte van het habitattype op de Doggersbank en kleine stukjes nabij Friese Front en Vlake van de Raan. Dit lijkt te beperkt om het habitattype op het niveau van de Nederlandse Noordzee in een goede kwaliteitstoestand te krijgen.

3.3 Kwaliteitstoestand habitatrichtlijn habitat(sub)typen

3.3.1. H1110b Permanent overstroomde zandbanken van de kustzone



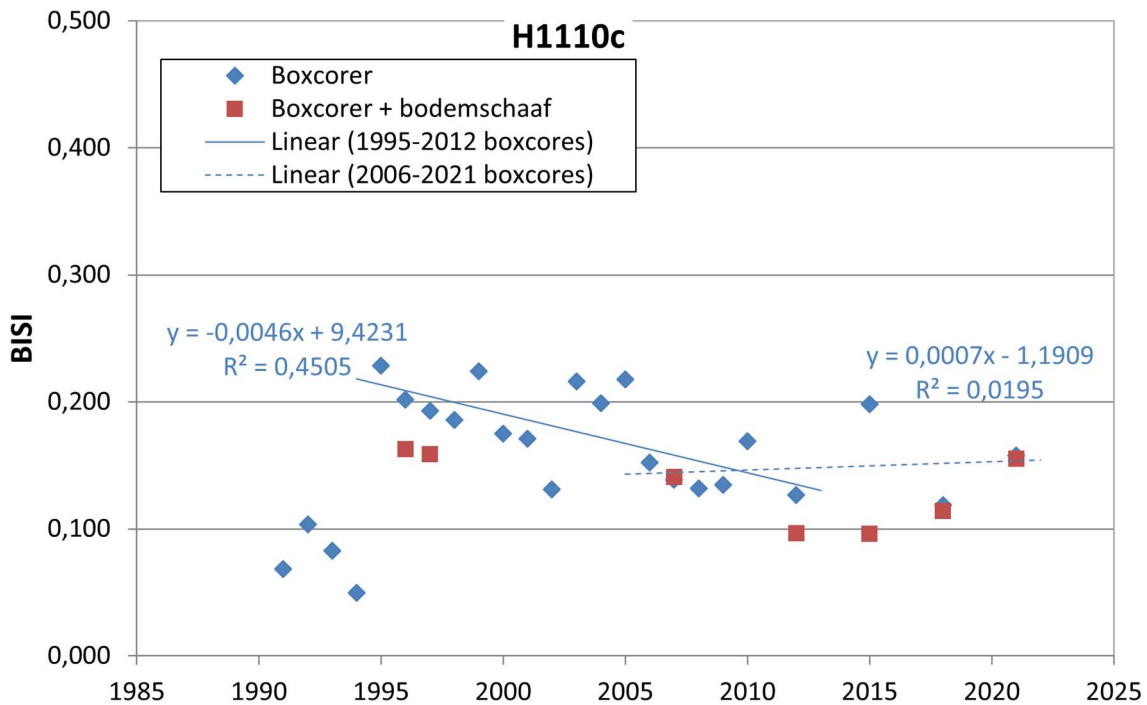
Figuur 24. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van habitatrichtlijn habitatsubtype H1110b Permanent overstroomde zandbanken van de kustzone, op basis van de BISI, toegespitst op bemonstering met de boxcorer (a.) en met de bodemschaaf (b.). Significante ($p < 0,05$) trend weergegeven met doorgetrokken lijn; ontwikkeling als gestippelde lijn niet significant.

De kwaliteitsbeoordeling op basis van de BISI voor wat betreft H1110b omvat het naar oppervlak gewogen gemiddelde van de afzonderlijke HR-gebieden Noordzeekustzone, Voordelta en Vlakte van de Raan, en het gedeelte gelegen buiten de HR-gebieden. Laatstgenoemde is qua oppervlak veruit het grootste; zo'n 74% van het totaal. De verspreiding van H1110b op basis van 10x10 km hokken reikt verder dan het kustgebied (Figuur 1), maar in werkelijkheid wordt H1110b begrensd door de -20 m NAP lijn (Min EZ, 2014). Dit komt dan overeen met de bodemschaafbemonstering die enkel wordt uitgevoerd in de kustzone (met zelfde begrenzing) zodat zowel de boxcorer bemonstering als de bodemschaafbemonstering een representatief beeld zal geven van ieder van de afzonderlijk gebieden/gebiedsdelen.

Vergelijkbaar met de bevindingen voor de HR-gebieden van de kustzone laat het HR-habitatsubtype H1110b op basis van de boxcorer bemonstering een permanent lage kwaliteit zien gedurende de afgelopen 25 jaar (Figuur 24a). Op basis van de bodemschaafbemonstering valt echter een significante kwaliteitsverbetering waar te nemen voor de afgelopen 17 jaar die met name wordt veroorzaakt door hogere (minder lage) BISI-scores vanaf 2014. Een toename in de kwaliteitstoestand van de benthische habitats is in iets mindere mate ook zichtbaar in de Voordelta en op de Vlakte van de Raan, maar moet toch vooral zichtbaar zijn in het gedeelte buiten de HR-gebieden. Meest voor de hand liggende oorzaak is een afname in de visserijdruk. Enerzijds opvallend is dat de visserijdruk in de kustzone hoger is in de HR-gebieden dan daarbuiten (ICES, 2021a; zie ook Figuur 3 voor situatie in 2020) en dat zodoende een afname van de visserijdruk buiten de HR-gebieden wellicht ook eerder tot kwaliteitsverbetering leidt omdat gebiedsdelen in de zone met lage tot matige visserijdruk komen. Anderzijds is het niet verrassend dat de visserijdruk in de HR-gebieden hoger is, omdat de HR-gebieden qua biodiversiteit de meest interessante delen van de kustzone betreffen die wellicht ook een vergelijkbaar belangrijke functie als leefgebied voor de commercieel bevisbare soorten vervullen. Daarnaast ontbreken gedurende de onderzochte periode nog grotendeels maatregelen die bodemberoering door visserij in HR-gebieden beperken en daarbij verder gaan dan in de gebieden daarbuiten. Kwaliteitstoename komt vooral op het conto van de toename voor een aantal schelpdiersoorten in de kustzone zoals ook al geconstateerd door o.a. Perdon et al. (2019). Overigens kan ook verbetering in de waterkwaliteit een rol spelen door afname van organische belasting en zwevend stof vanuit de riviermondingen (Min IenW & Min LNV, 2024a).

3.3.2. H1110c Permanent overstroomde zandbanken van de offshore

Het patroon van de kwaliteitsontwikkeling van HR-habitatsubtype H1110c is zeer gelijkend op de ontwikkeling van de Doggersbank, omdat een zeer beperkt aantal extra boxcorer meetlocaties in de beoordeling worden betrokken (zie ook Figuur 1). De uitbreiding van het beoordeelde gebied richting het zuidoosten is wellicht extra van belang gezien de voorgenomen gebiedssluiting inclusief deze extra delen op en rond de Doggersbank (NZA, 2021). De kwaliteit van de benthische habitats vertoont volgens de BISI-resultaten een significante ($p < 0,01$) afname tot ongeveer 2012. Op dit moment is de toestand constant. Als ook bodemschaafresultaten worden meegewogen (die overigens enkel de Doggersbank betreffen) lijkt er sprake te zijn van een voorzichtige verbetering/herstel. Zoals geconcludeerd voor de Doggersbank heeft hoge visserijdruk wellicht geleid tot de afname in kwaliteit maar speelt een afname in de ecologische verstoring mogelijk een rol in een voorzichtig herstel (zie Hoofdstuk 3.1.3).



Figuur 25. Kwaliteitsontwikkeling en kwaliteitstoestand van habitatrichtlijn habitatsubtype H1110c Permanent overstromde zandbanken van de offshore, op basis van de BISI, toegespitst op bemonstering met de boxcorer. Gecombineerde boxcorer en bodemschaaf resultaten gebruikmakende van alle beschikbare data ter indicatie. Significante ($p < 0,05$) trend weergegeven met doorgetrokken lijn; ontwikkeling als gestippelde lijn niet significant; significante ($p < 0,01$) trendbreuk indien ontwikkeling weergegeven met verschillende lijnen.

3.3.3. H1170 Riffen van de open zee

Voor de resultaten met betrekking tot HR habitattype H1170 wordt verwezen naar de resultaten voor de Klaverbank (Hoofdstuk 3.1.7) die in afwezigheid van monitoring op de Borkumse Stenen de toestand van H1170 reflecteren.

3.4 Algemene discussie methodiek

De huidige beoordeling maakt gebruik van de BISI v3. Eén van de verbeterpunten is het onderscheidend vermogen met betrekking tot de identificatie van mogelijke oorzaken en eventuele gevolgen van effecten van kwaliteitsontwikkelingen op het ecologisch functioneren. Met name het kunnen detecteren van mogelijke oorzaken is een belangrijk maar tevens ook ingewikkeld punt. Het effect van verschillende typen verstoringen op benthische gemeenschappen is veelal zeer vergelijkbaar. Het selecteren van zeer specifieke indicatorsoorten indicatief voor de ene maar niet voor de andere verstoring is veelal lastig (Van Denderen et al., 2015). Te meer daar deze indicatorsoorten ook aan de andere geschiktheidseisen van goede indicatoren, zoals algemeen voorkomend onder goede omstandigheden en op te volgen met gangbare monitoringprogramma's, dienen te voldoen (Wijnhoven et al., 2013; Wijnhoven & Bos, 2017).

Ter verbetering van het onderscheidend vermogen van de BISI om specifieke oorzaken van kwaliteitsverandering te detecteren, maakt de BISI daarom gebruik van meerdere indicatorsoorten per (specifieke) beoordeling. Hiermee wordt het risico op toevallige veranderingen in populaties en effecten van natuurlijke fluctuaties op BISI-scores geminimaliseerd. Desondanks blijkt dat ook de huidige beoordelingen (volgens BISI v3) nog steeds kwaliteitsontwikkelingen laten zien die vaak vergelijkbaar zijn voor verschillende specifieke beoordelingen. Dit wordt naar verwachting vooral

veroorzaakt door de over het algemeen lage kwaliteit van de benthische habitats. Enige kwaliteitsverbetering betekent dan meestal dat minder gevoelige soorten de eerste populatietoename (verbetering) laten zien. En dat zijn juist soorten die weinig onderscheidend zijn voor het kunnen detecteren van oorzaken. Er wordt verbetering in de detecteerbaarheid van oorzaken verwacht wanneer de kwaliteit zich bevindt rond de goede kwaliteitstoestand. In dat geval zal een verandering in kwaliteit juist de meest gevoelige en daarmee, met betrekking tot de indicatie van oorzaken, meest specifieke indicatorsoorten treffen. Daar komt bij dat afstemming en inschatting van de indicatiewaarde van indicatorsoorten kan worden aangescherpt wanneer ook werkelijk situaties met duidelijk één verstorende factor en rond goede kwaliteitsomstandigheden zich voor gaan doen. Ook is de lijst van gebruikte indicatorsoorten voor sommige habitats en gebieden nog vrij beperkt voor wat betreft het aantal gebruikte indicatorsoorten. Daarnaast is in sommige gevallen ook de eventuele oorzaak (onderwerp van de specifieke beoordeling) nog weinig specifiek. Zo omvat 'ecologische verstoring' eventuele effecten van organische belasting, verschillende groepen verontreinigingen, zwevend stof in de waterkolom, zuurstofarme condities, sedimentatie/erosie processen en aanverwante oorzaken. Idealiter zou men deze oorzaken willen kunnen onderscheiden door met specifieke indicatorsoorten te werken (bijvoorbeeld wel gevoelig voor bepaalde verontreinigingen, maar niet voor organische belasting). Dergelijke indicatorsoorten zijn echter zeldzaam. Mogelijk liggen er nog mogelijkheden voor aanscherping van de specifieke beoordelingen van de BISI door onder andere gebruik te maken van ervaringen die worden opgedaan in de internationale context (ontwikkeling BISI voor toepassing in kader van OSPAR) en/of gebruik te maken van resultaten op basis van andere indicatoren waarmee resultaten worden vergeleken en afgestemd (Tyler-Walters et al., 2018; TG-Seabed, 2023).

De huidige toepassing is op een grof-schalige habitatindeling op het niveau van brede habitattypes (hetgeen ook ten behoeve van de KRM wordt gevraagd). Wel is de verwachting dat uitwerking en toepassing voor verder gespecificeerde habitattypes, de specificiteit van de specifieke beoordelingen verder zal toenemen, omdat de interne variatie binnen de habitats veel minder groot zal zijn. Te denken valt aan nu nog niet gespecificeerde 'Other Habitat Types' onder de KRM of bedreigde en achteruitgaande habitats onder OSPAR, waaronder schelpdierbanken en biogene riffen.

4. Literatuur

- Bos, O.G., Tamis, J.E. (2020). Evaluatie van OSPAR aanbevelingen voor bedreigde en / of achteruitgaande soorten en habitats in Nederland. Wageningen Marine Research rapport C006/20NL (<https://doi.org/10.18174/512835>).
- EUSeaMap 2021. A European broad-scale seabed habitat map. EUSeaMap version 2021- Technical report <https://archimer.ifremer.fr/doc/00723/83528/>.
- ICES (2021a). ICES data outputs of EU request on how management scenarios to reduce mobile bottom fishing disturbance on seafloor habitats affect fisheries landing and value. Data Outputs. (<https://doi.org/10.17895/ices.data.8192>).
- ICES (2021b). OSPAR request on the production of spatial data layers of fishing intensity/pressure. In Report of the ICES Advisory Committee, 2021. ICES Advice 2021, ospar.2021.11. (<https://doi.org/10.17895/ices.advice.8297>).
- Janssen, J.A.M. (red.), Bijlsma, R.J. (red.), Arts, G.H.P., Baptist, M.J., Hennekens, S.M., De Knegt, B., Van der Meij, T., Schaminée, J.H.J., Van Strien, A.J., Wijnhoven, S., Ysebaert, T.J.W. (2020). Habitatrichtlijnrapportage 2019: Annex D Habitattypen. Achtergronddocument. Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-technical report 171.
- Matear, L., Vina-Herbon, C., Woodcock, K.A., Duncombe-Smith, S.W., Smith, A.P., Schmitt, P., Kreutle, A., Marra, S., Curtis, E.J., & Baigent, H.N. (2022). Extent of Physical Disturbance to Benthic

Habitats (BH3): Fisheries. In: OSPAR, 2023: The 2023 Quality Status Report for the Northeast Atlantic. OSPAR Commission, London. OSPAR Benthic Habitats Expert Group, Intersessional Correspondence Group on the Coordination of Biodiversity Assessment and Monitoring, OSPAR Biodiversity Committee.

- Min EZ (2014). Profiel habitattypen H1110 Permanent overstromde zandbanken (versie 2014), (https://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/profielen/habitattypen/Profiel_habitattypen_1110_2014.pdf).
- Min IenW, Min LNV (2018). Mariene Strategie (deel 1). Huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren 2018-2024, Hoofddocument. Een uitgave van Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, februari 2018, wvI0118tp312.
- Min IenW, Min LNV (2024a). KRM-factsheet D5. Eutrofiëring. Bijlage van: Min IenW & Min LNV, 2024. Mariene Strategie (deel 1). Actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren. 2024-2030. (In prep).
- Min IenW, Min LNV (2024b). KRM-factsheet D6. Integriteit van de zeebodem en benthische habitats. Bijlage van: Min IenW & Min LNV, 2024. Mariene Strategie (deel 1). Actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren. 2024-2030. (In prep).
- Min IenW, Min LNV (2024c). KRM-factsheet D8. Verontreinigingen. Bijlage van: Min IenW & Min LNV, 2024. Mariene Strategie (deel 1). Actualisatie van huidige milieutoestand, goede milieutoestand, milieudoelen en indicatoren. 2024-2030. (In prep).
- MSCG (2022). Threshold values for the assessment of good environmental status under D6C4 and D6C5 – Recommendations from the Technical Group on Seabed Habitats and Sea-floor Integrity (TG Seabed). Marine Strategy Framework Directive (MSFD), Common Implementation Strategy, Marine Strategy Coordination Group (MSCG). ([MSCG 31 2022-WP-Seabed Threshold Values Proposal](#)).
- NASA (2007). Thames River Plume in the North Sea. NASA earth observatory. (<https://earthobservatory.nasa.gov/images/18169/thames-river-plume-in-the-north-sea>).
- NZA (2020). Het Akkoord voor de Noordzee. Extra mijlen voor een gezonde Noordzee. Overlegorgaan Fysieke Leefomgeving. (<https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2020/06/19/bijlage-ofi-rapport-het-akkoordvoor-de-noordzee>).
- OSPAR (2023). Revised OSPAR CEMP Guideline. Common Indicator: BH3 Extent of Physical Disturbance to Benthic Habitats. Revision of OSPAR Agreement 2017-09, adopted during BDC2 (December 2022). ([Revised OSPAR CEMP BH3](#)).
- Perdon, K. J., Troost, K., van Zwol, J., van Asch, M., & van der Pool, J. (2019). Schelpdierbestanden in de Nederlandse kustzone in 2019. CVO rapport; No. 19.010. Stichting Wageningen Research, Centrum voor Visserijonderzoek (CVO). (<https://doi.org/10.18174/497850>).
- Prins, T., Van der Meer, J., Herman, P. (2020). Eindrapportage monitoring- en onderzoeksprogramma Natuurcompensatie Voordelta (PMR-NCV). Wageningen Marine Research rapport C053/20, Deltares rapport 1230156-001-ZKS-0001.
- Raicevich, S., Korpinen, S., with contributions from Schöder, A. integrating contributions from Muller, H., Van Lancker, V., Vaz, S., Punzón, A., Sandman, A., Wijnhoven, S., Häubner, N., Connor, D., Krause, J., Papadopoulou, N., Canals, M. and others (2022). Guidance for the assessment of sea-floor integrity under the MSFD v2 ([SEABED 11-2022-02](#)).
- Rijnsdorp, A.D., Depestele, J., Eigaard, O.R., Hintzen, N.T., Ivanovic, A., Molenaar, P., O'Neill, F.G., Polet, H., Poos, J.J., Van Kooten, T. (2020). Mitigating seafloor disturbance of bottom trawl fisheries for North Sea sole *Solea solea* by replacing mechanical with electrical stimulation. *PLoS One* 15(11), e0228528.

- Schroeder, A., Gutow, L. & M. Gusky (2008). FishPact. Auswirkungen von Grundschieppnetzfischereien sowie von Sand- und Kiesabbauvorhaben auf die Meeresbodenstruktur und das Benthos in den Schutzgebieten der deutschen AWZ der Nordsee (MAR 36032/15). Report for the Bundesamt für Naturschutz.
- Tien, N., Hintzen, N., Verkempynck, R., Kraan, M., Trapman, B., Craeymeersch, J., Van Asch, M. (2017). De bodemberoerende visserij in de Voordelta sinds 2004. Wageningen University & Research Rapport C105/17.
- TG-Seabed (2023). Proposal for a roadmap to establish consistent, coherent and comparable quantitative threshold values associated to indicators used to detect adverse effects on seabed habitat quality (D6C5 Quality). MSFD CIS Technical Group on seabed habitats and sea-floor integrity (TG Seabed) paper ([SEABED 16-2023-03](#)).
- Tyler-Walters, H., Tillin, H.M., d'Avack, E.A.S., Perry, F. & Stamp, T., 2018. Marine Evidence based Sensitivity Assessment (MarESA) – A Guide. Plymouth: Marine Biological Association.
- Van Denderen, P.D., Bolam, S.G., Hiddink, J.G., Jennings, S., Kenny, A., Rijnsdorp, A.D., Van Kooten, T. (2015). Similar effects of bottom trawling and natural disturbance on composition and function of benthic communities across habitats. *Marine Ecology Progress Series* 541, 31–43.
- Van der Reijden, K.J., Koop, L., O'Flynn, S., Garcia, S., Bos, O.G., Van Sluis, C., Maaholm, D.J., Herman, P.M.J., Simons, D.G., Olf, H., Ysebaert, T., Snellen, M., Govers, L.L., Rijnsdorp, A.D., Aguilar, R. (2019). Discovery of *Sabellaria spinulosa* reefs in an intensively fished area of the Dutch Continental Shelf, North Sea. *Journal of Sea Research* 144, 85-94.
- Van Moorsel, G., Van Horssen, P., Poot, M., Soldaat, L. (2020). Ruimtelijke analyse en trends benthos Voordelta. Rapport Ecosub, Greenstat en Centraal Bureau voor de Statistiek.
- VIBEG (2011). Vissen binnen de grenzen van Natura 2000. Afspraken over het visserijbeheer in de Noordzeekustzone en Vlake van de Raan voor de ontwikkeling van natuur en visserij.
- VIBEG2 (2017). Noordzeekustvisserijakkoord 2017 (VIBEG2). Ministerie van Economische Zaken.
- Wijnhoven, S., Duineveld, G., Lavaleye, M., Craeymeersch, J., Troost, K., van Asch, M. (2013). Kaderrichtlijn Marien indicatoren Noordzee. Naar een uitgebalanceerde selectie van indicatorsoorten ter evaluatie van habitats en gebieden en scenario's hoe die te monitoren. Monitor Taskforce Publication Series 2013-02. NIOZ, Den Hoorn & Yerseke, 105 pp.
- Wijnhoven, S., Bos, O. (2017). Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Ontwikkelingsproces en beschrijving van de Nationale Benthos Indicator Noordzee inclusief protocol voor toepassing. Rapport Ecoauthor & Wageningen Marine Research. Ecoauthor Report Series 2017 - 02, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven, S. (2017a). Protocol Benthic Indicator Species Index (BISI). Annex 1 van Wijnhoven & Bos (2017).
- Wijnhoven, S. (2017b). Assessment tool 'Benthic Indicator Species Index (BISI)' v260917. Excel-bestand met uitwerking voor de te evalueren gebieden van het NCP en toepassing voor de situatie in 2015 (T0); tevens Appendix 2 van Wijnhoven & Bos (2017).
- Wijnhoven, S. (2017c). Actualisatie meetplan KRM-benthosmonitoring. Monsterlocaties ter evaluatie gesloten gebieden Friese Front en Centrale Oestergronden en aanpassingen Klaverbank en Doggersbank. Rapport Ecoauthor & Wageningen Marine Research. Ecoauthor Report Series 2017 - 03, Heinkenszand, the Netherlands.
- Wijnhoven, S. (2018). T0 beoordeling kwaliteitstoestand NCP op basis van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI). Toestand en ontwikkelingen van benthische habitats en KRM gebieden op de Noordzee in en voorafgaand aan 2015. Rapport Ecoauthor & Wageningen Marine Research. Ecoauthor Report Series 2018 – 01, Heinkenszand, the Netherlands.

- Wijnhoven, S. (2019a). Advies en evaluatie benthosbemonstering Noordzee: Update van het adviesrapport en benthos meetlocatie overzicht van 2018 naar aanleiding van verdere afstemming met de meetprogramma's in de kustzone van de Noordzee. Ecoauthor Report Series 2019 - 02, Heinkenszand, the Netherlands.

Wijnhoven, S. (2019b). Protocol Benthic Indicator Species Index (BISI): Protocol BISI for generic application (BISI v2). Version v311219 as an update of v181218. Ecoauthor Report Series 2019 - 05, Heinkenszand, the Netherlands (<http://ecoauthor.net/wpcontent/uploads/2020/02/Protocol-BISI-v2-for-Generic-Application-v311219.pdf>).

- Wijnhoven, S. (2019c). Assessment tool: 'Benthic Indicator Species Index (BISI)': Application of BISI v2 in the Dutch North Sea with consolidation of earlier identified references. v311219 (<http://ecoauthor.net/wp-content/uploads/2020/02/BISI-Assessment-Tool-for-the-Dutch-North-Sea-311219.xlsx>).

- Wijnhoven, S. (2020a). Notitie: Overzicht te gebruiken 'schaaf'-monsters van de kustzone van de Noordzee voor KRM beoordelingen periode 2014-2018. Ecoauthor Notitie 31 januari 2020. Met digitale bijlage: 'WMR monsters tbv KRM beoordeling 2015_2018_SW300120.xlsx'.

- Wijnhoven, S. (2020b). Analyse consequenties van splitsen Hamon monsters Klaverbank voor kwaliteitsbeoordeling inclusief aanbevelingen voor toekomstige werkwijze. Ecoauthor Report Series 2020 - 01, Heinkenszand, the Netherlands.

- Wijnhoven, S. (2022). Overzicht statistische analyses ten behoeve van monitoringsplan benthische habitats gesloten gebieden. MONS-project ID49 (Monitoringsplan benthische habitats gesloten gebieden – product 1 van 2). Ecoauthor Report Series 2022 - 01, Heinkenszand, the Netherlands.

- Wijnhoven, S. (2023a). Protocol Benthic Indicator Species Index (BISI): Protocol BISI for generic application (BISI v3). Version v170424. Ecoauthor Report Series 2023 - 01, Heinkenszand, the Netherlands. (<http://ecoauthor.net/wp-content/uploads/2024/04/Protocol-BISI-for-generic-application-BISI-v3-v170424.pdf>).

- Wijnhoven, S. (2023b). Assessment tool: 'Benthic Indicator Species Index (BISI)': Application of BISI v3 in the Dutch North Sea with consolidation of earlier identified references. v021023. (<http://ecoauthor.net/wp-content/uploads/2023/11/BISI-v3-Assessment-Tool-for-the-Dutch-North-Sea-v021023.xlsx>)

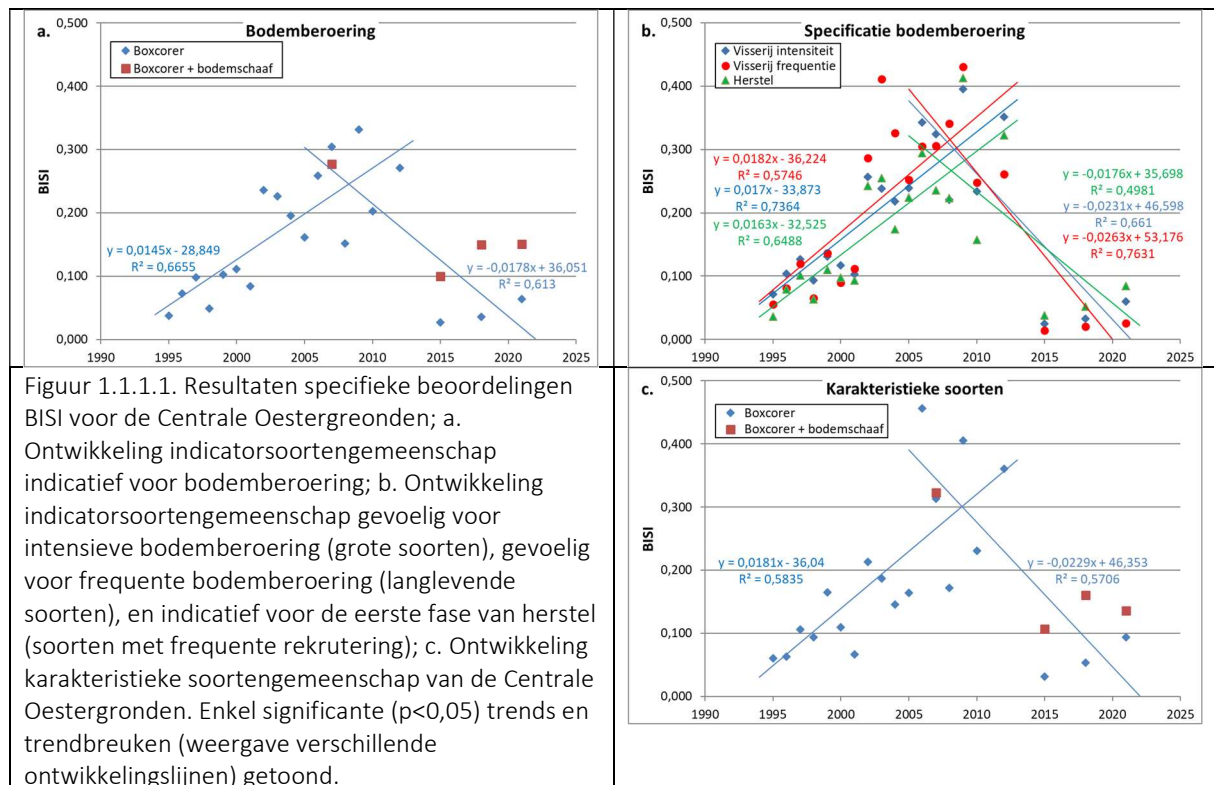
Appendix 1. Resultaten specifieke beoordelingen

Specifieke beoordelingen zijn uitgevoerd op basis van selecties van indicatorsoorten met specifieke karakteristieken en gevoeligheden. Bedoeld ter indicatie van mogelijke oorzaken van waargenomen kwaliteitstoestand en -ontwikkeling en mogelijke effecten op het ecologisch functioneren.

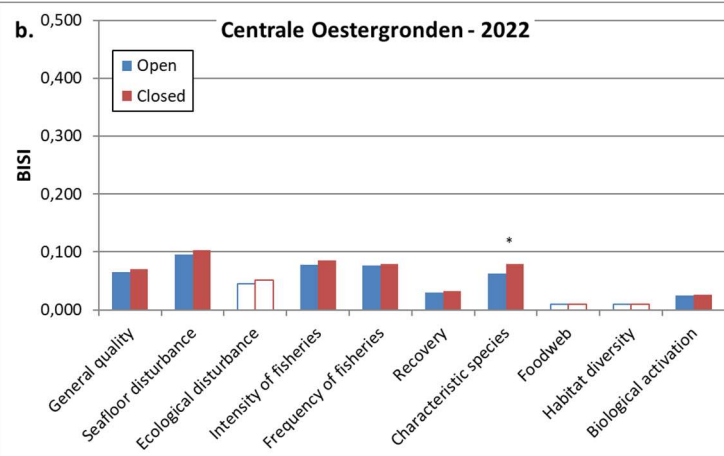
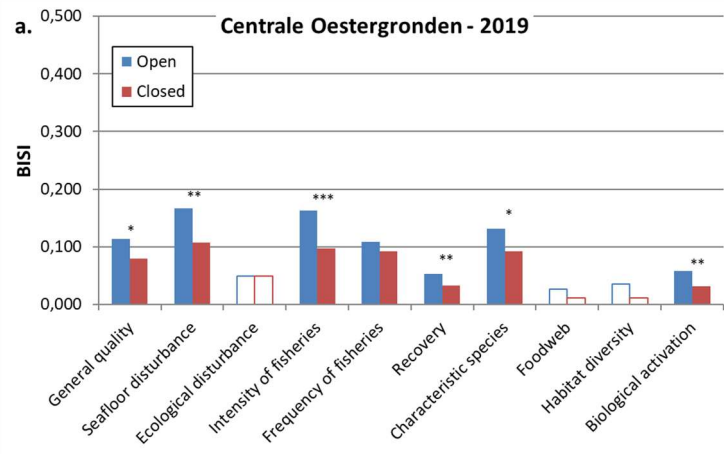
Resultaten van specifiek beoordelingen en trend- en trendbreukanalyses enkel uitgevoerd op basis van consequent bemonsterde datasets (zelfde inspanningen en ruimtelijke verdeling meetlocaties: BIOMON-boxcorer en WOT-bodemschaaf datasets). Ter indicatie zijn ook de resultaten van de gecombineerde boxcorer/bodemschaaf specifieke beoordelingen weergegeven waarvoor wel de gehele beschikbare dataset is ingezet. Voor de jaren 2015-2021 is dat de KRM-benthos-monitoring dataset. Resultaten worden enkel in overweging genomen als de specifieke beoordeling is opgebouwd uit ten minste 5 indicatorsoorten (zodat niet voor alle KRM-zoekgebieden er resultaten voor alle typen specifieke beoordelingen worden gepresenteerd).

1.1 Oorzaken en effecten kwaliteit KRM-zoekgebieden (inclusief HR-gebieden)

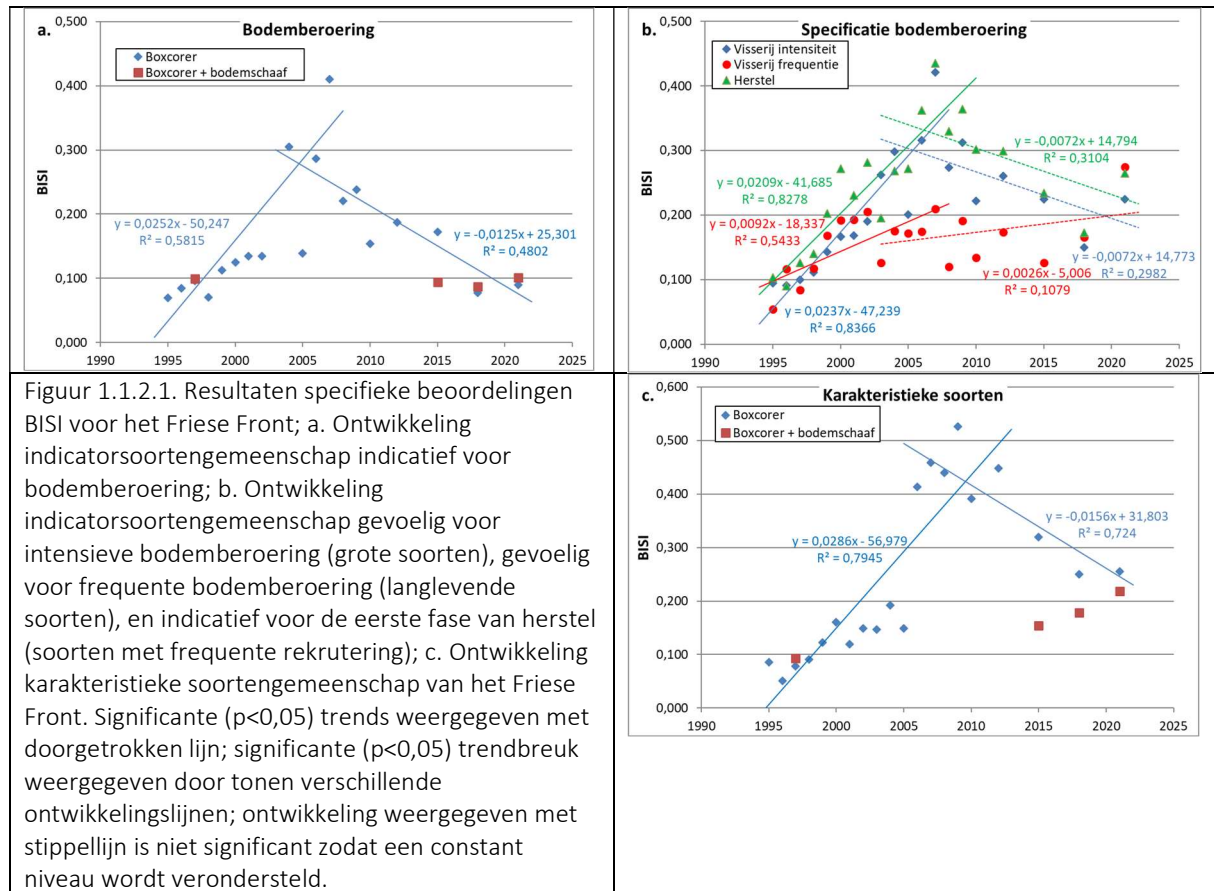
1.1.1. Centrale Oestergronden (COE)

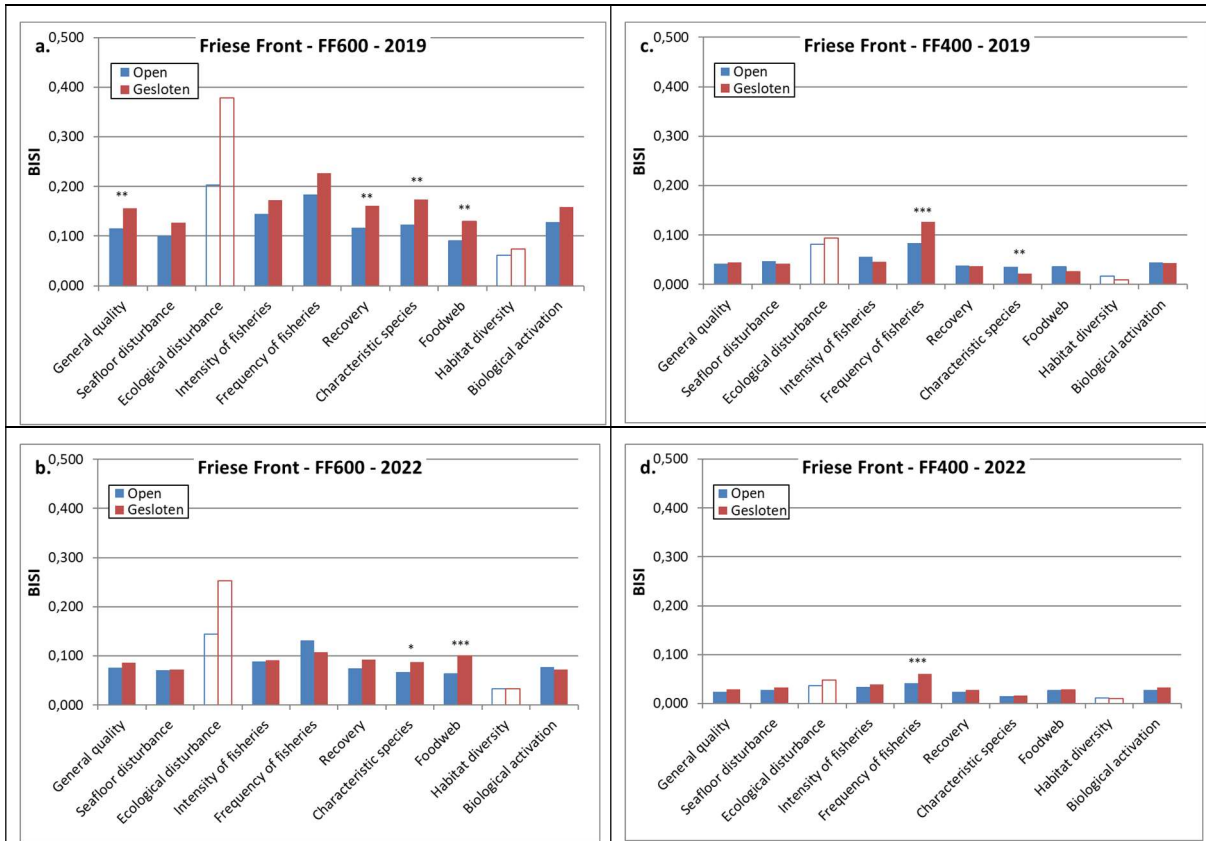


Figuur 1.1.1.2. Vergelijking kwaliteitstoestand gesloten gebied COE1000 (gelegen in en grenzend aan het KRM-zoekgebied Centrale Oestergronden) en qua habitatsamenstelling vergelijkbare open gebieden gedurende de T0, op basis van de BISI. Resultaten voor de algemene en de specifieke beoordelingen in 2019 (a.) en 2022 (b.) voor gebiedssluiting in 2023. Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***. Kolommen zonder invulling tonen resultaten waarvoor het aantal betrokken indicatorsoorten < 5 en daarmee te gering is voor betrouwbare resultaten.



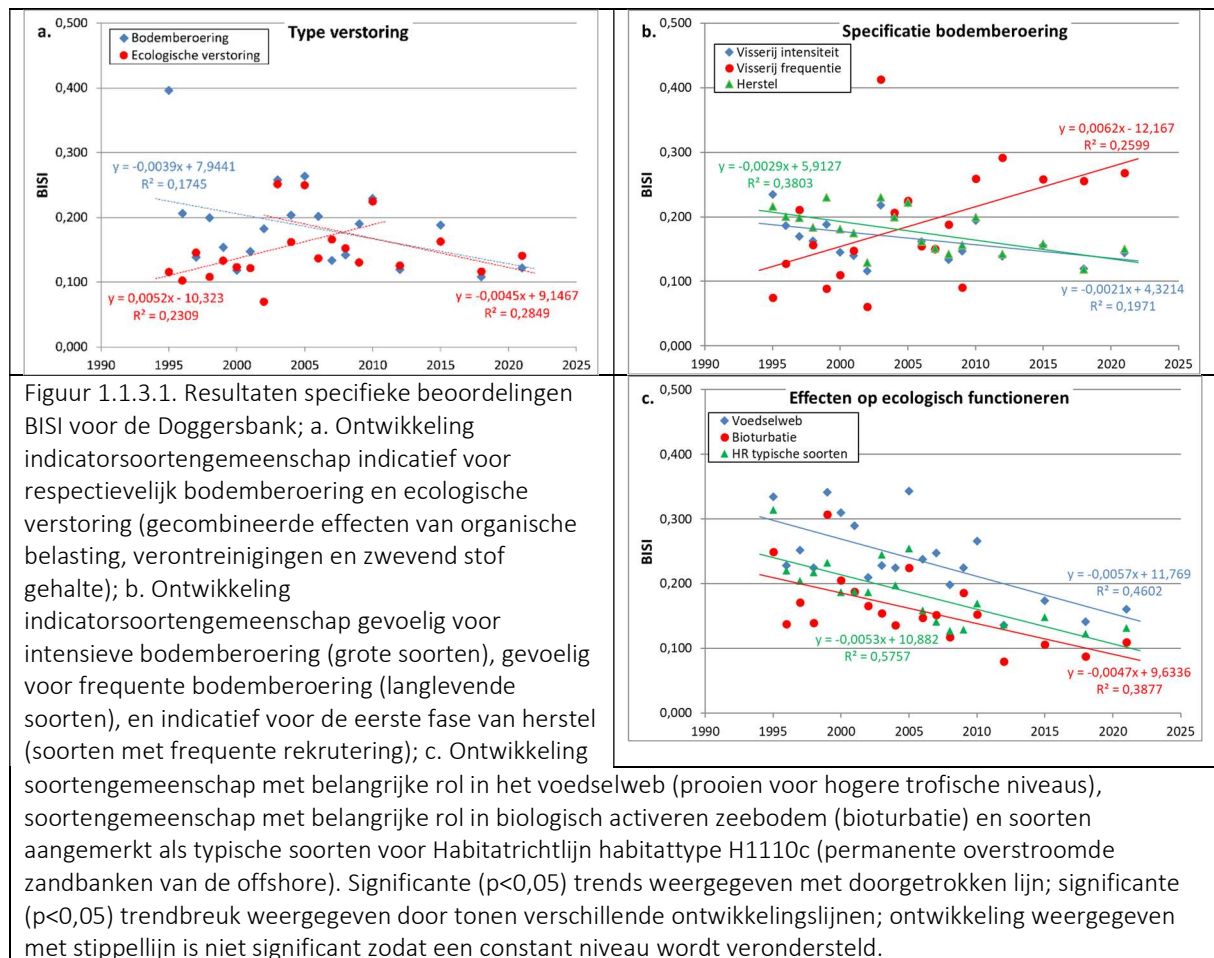
1.1.2. Friese Front (FF)

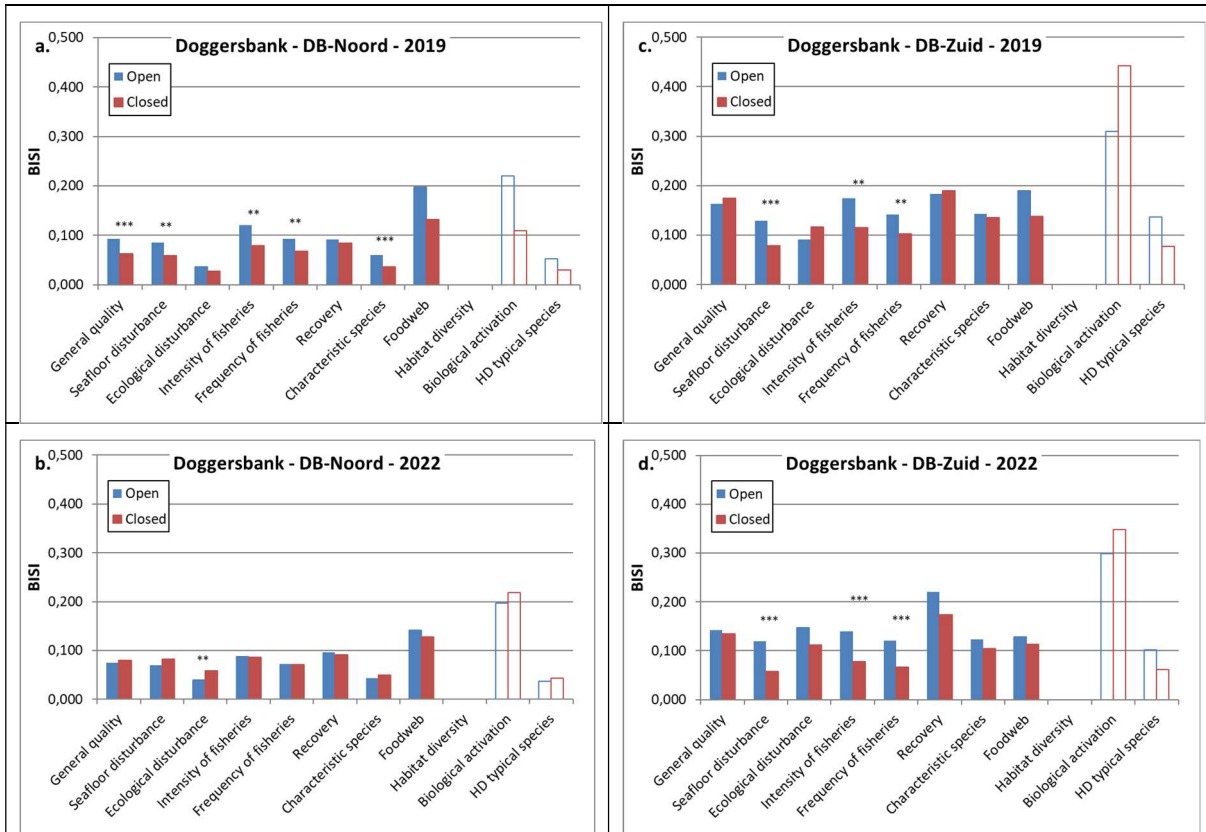




Figuur 1.1.2.2. Vergelijking kwaliteitstoestand gesloten – en vergelijkbare open gebieden gedurende de TO, op basis van de BISI voor deelgebied FF600 (nu onderdeel van ‘FF sub area 1’) en deelgebied FF400 (voor groot deel de begrenzing van het huidige ‘FF sub area 2’ volgend), beiden binnen en grenzend aan het KRM-zoekgebied Friese Front. Resultaten voor de algemene en de specifieke beoordelingen in 2019 (a. en c.) en 2022 (b. en d.) voor gebiedssluiting in 2023. Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***. Kolommen zonder invulling tonen resultaten waarvoor het aantal betrokken indicatorsoorten < 5 en daarmee te gering is voor betrouwbare resultaten.

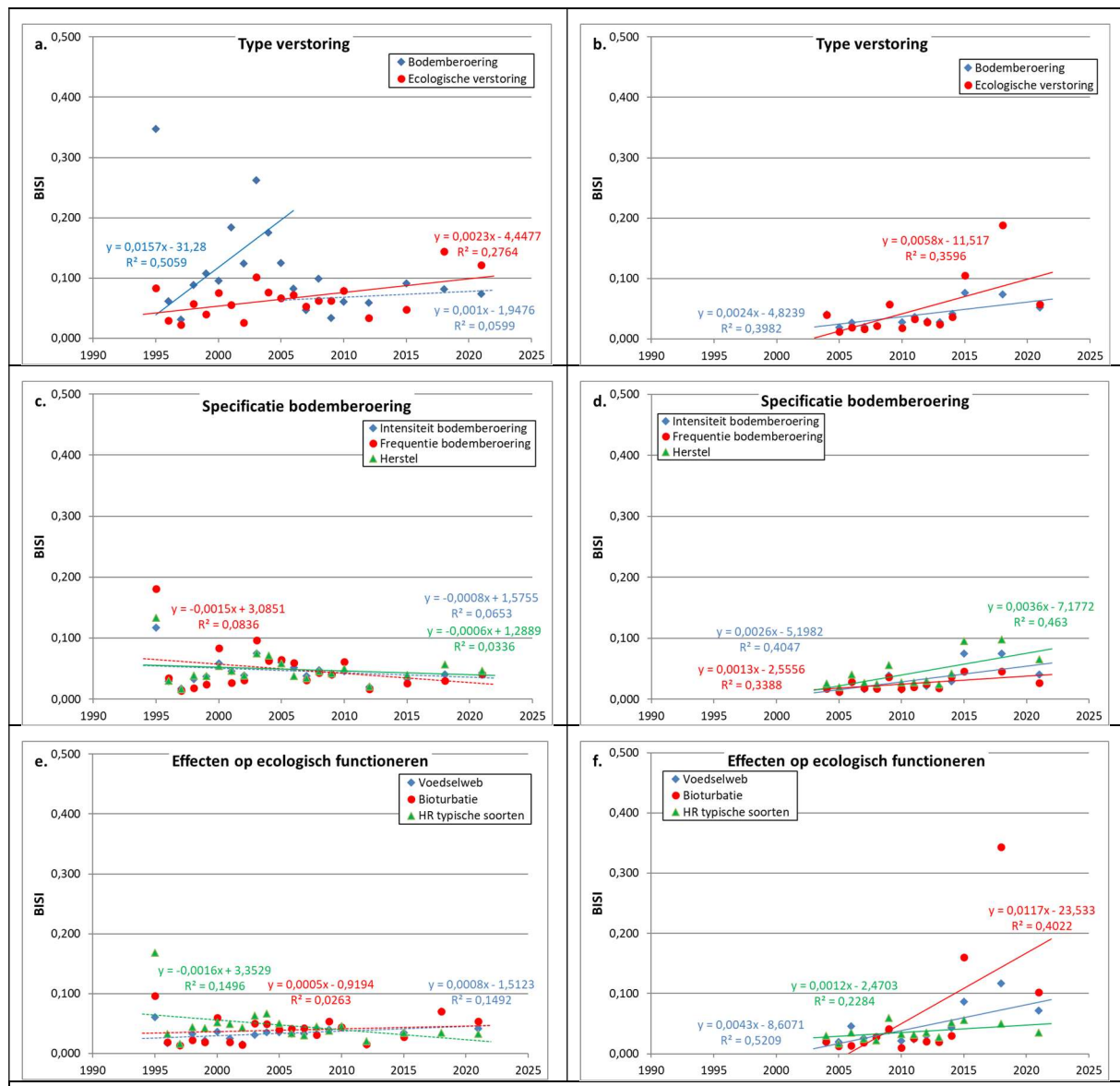
1.1.3. Doggersbank (DB)





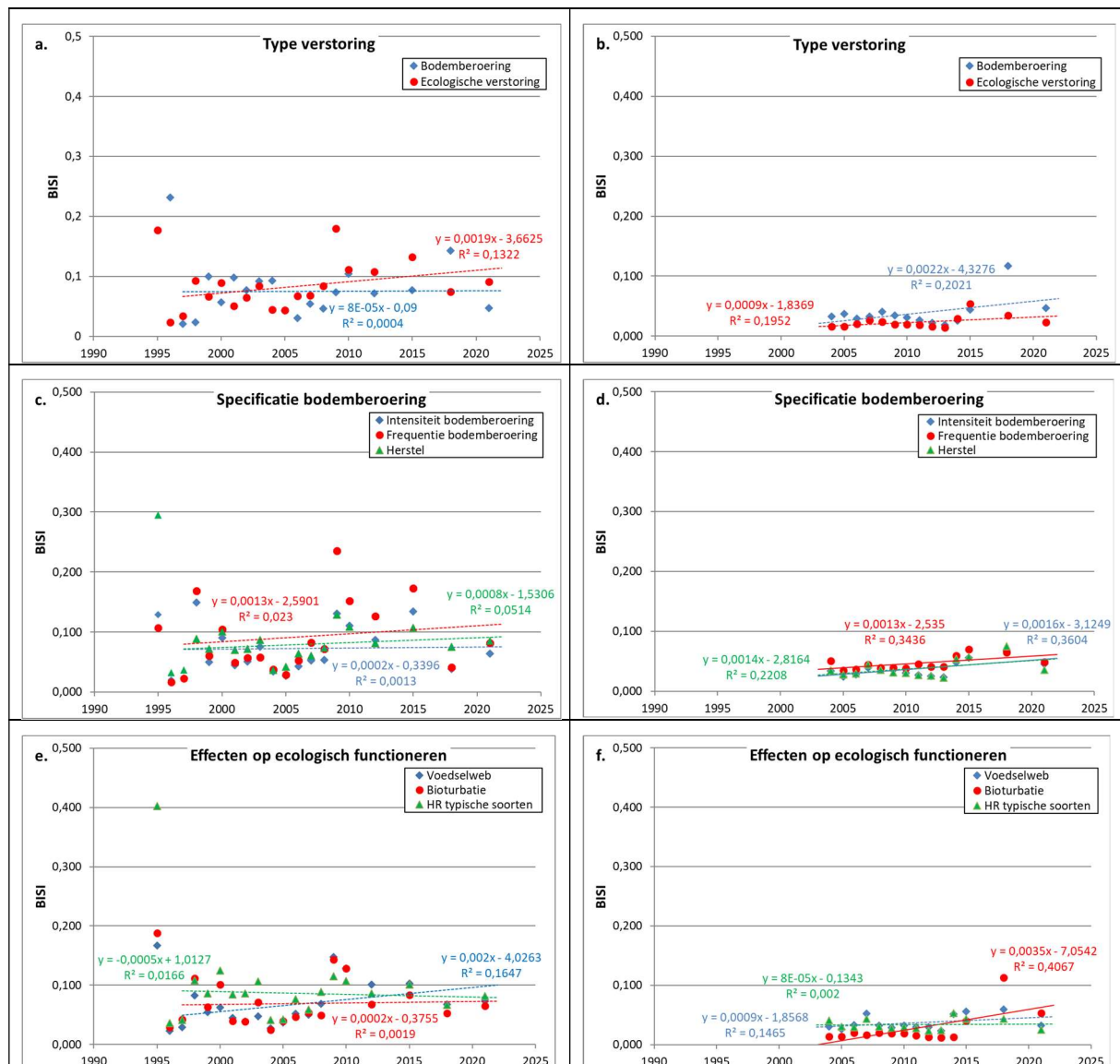
Figuur 1.1.3.2. Vergelijking kwaliteitstoestand voorgenomen te sluiten – en vergelijkbare open gebieden gedurende de T0, op basis van de BISI voor deelgebied DB-Noord en deelgebied DB-Zuid, beiden gelegen op de Doggersbank. Resultaten voor de algemene en de specifieke beoordelingen in 2019 (a. en c.) en 2022 (b. en d.) voor gebiedssluiting (sluitingsdatum vooralsnog niet vastgesteld). Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***. Kolommen zonder invulling tonen resultaten waarvoor het aantal betrokken indicatorsoorten < 5 en daarmee te gering is voor betrouwbare resultaten.

1.1.4. Voordelta (VD)



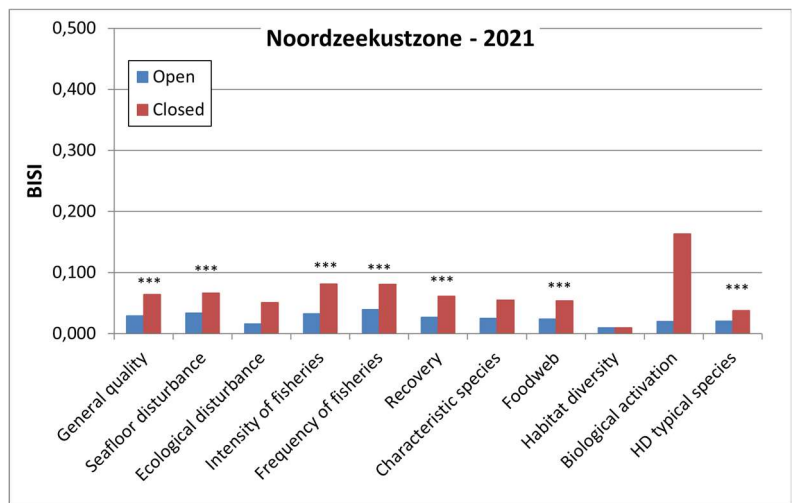
Figuur 1.1.4.1. Resultaten specifieke beoordelingen BISI voor de Voordelta op basis van boxcorder-bemonstering (a, c, e) en op basis van bodemschaafbemonstering (b, d, f); a. en b. Ontwikkeling indicatorsoortengemeenschap indicatief voor respectievelijk bodemberoering en ecologische verstoring (gecombineerde effecten van organische belasting, verontreinigingen en zwevend stof gehalte); c. en d. Ontwikkeling indicatorsoortengemeenschap gevoelig voor intensieve bodemberoering (grote soorten), gevoelig voor frequente bodemberoering (levende soorten), en indicatief voor de eerste fase van herstel (soorten met frequente rekrutering); e. en f. Ontwikkeling soortengemeenschap met belangrijke rol in het voedselweb (prooien voor hogere trofische niveaus), soortengemeenschap met belangrijke rol in biologisch activeren zeebodem (bioturbatie) en soorten aangemerkt als typische soorten voor Habitatrichtlijn habitattypen H1110b (permanente overstroomde zandbanken van de kustzone). Significante ($p < 0,05$) trends weergegeven met doorgetrokken lijn; significante ($p < 0,05$) trendbreuk weergegeven door tonen verschillende ontwikkelingslijnen; ontwikkeling weergegeven met stippellijn is niet significant zodat een constant niveau wordt verondersteld.

1.1.5. Noordzeekustzone (NZKZ)

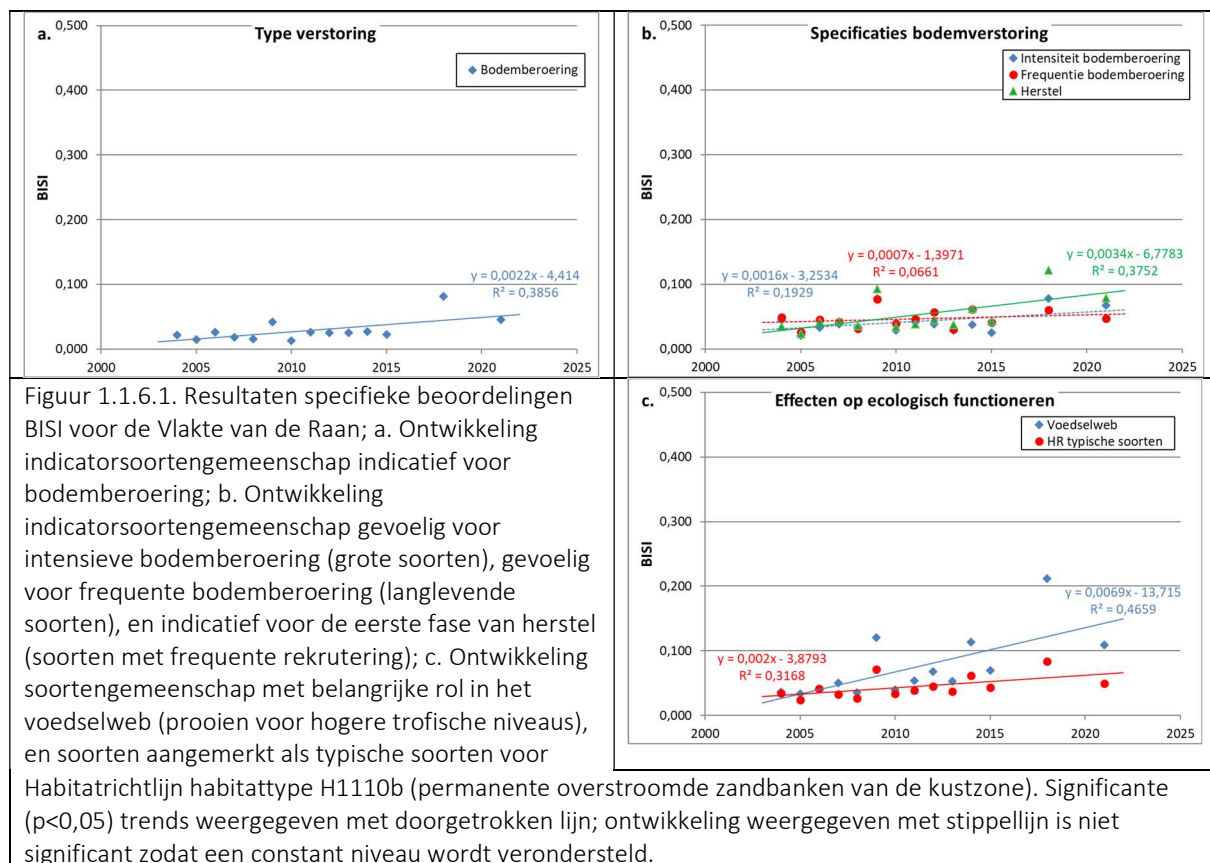


Figuur 1.1.5.1. Resultaten specifieke beoordelingen BISI voor de Noordzeekustzone op basis van boxcorer-bemonstering (a, c, e) en op basis van bodemschaafbemonstering (b, d, f); a. en b. Ontwikkeling indicatorsoortengemeenschap indicatief voor respectievelijk bodemberoering en ecologische verstoring (gecombineerde effecten van organische belasting, verontreinigingen en zwevend stof gehalte); c. en d. Ontwikkeling indicatorsoortengemeenschap gevoelig voor intensieve bodemberoering (grote soorten), gevoelig voor frequente bodemberoering (langlevende soorten), en indicatief voor de eerste fase van herstel (soorten met frequente rekrutering); e. en f. Ontwikkeling soortengemeenschap met belangrijke rol in het voedselweb (prooien voor hogere trofische niveaus), soortengemeenschap met belangrijke rol in biologisch activeren zeebodem (bioturbatie) en soorten aangemerkt als typische soorten voor Habitatrichtlijn habitattypen H1110b (permanente overstroomde zandbanken van de kustzone). Significante ($p < 0,05$) trends en trendbreuken weergegeven met doorgetrokken lijn; ontwikkeling weergegeven met stippellijn is niet significant zodat een constant niveau wordt verondersteld.

Figuur 1.1.5.2. Vergelijking kwaliteitstoestand gesloten gebied (NZKZ gesloten) in de Noordzeekustzone en qua habitatsamenstelling vergelijkbare open gebieden op basis van de BISI. Resultaten voor de algemene en de specifieke beoordelingen in 2021. Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***. Kolommen zonder invulling tonen resultaten waarvoor het aantal betrokken indicatorsoorten < 5 en daarmee te gering is voor betrouwbare resultaten.

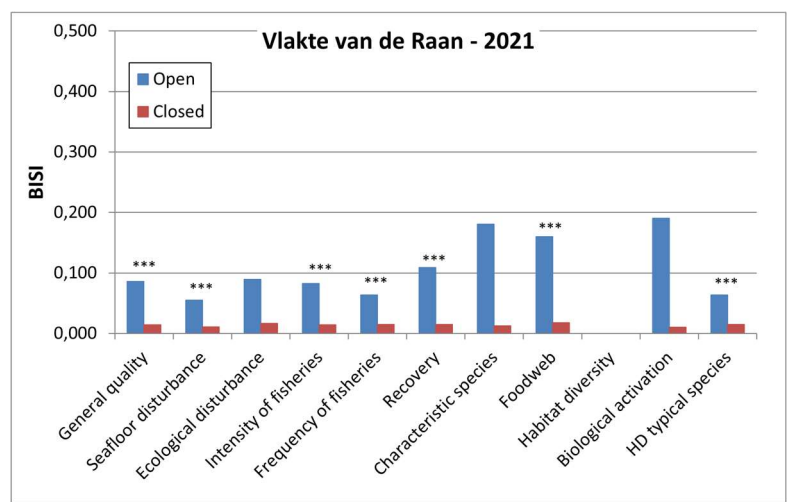


1.1.6. Vlake van de Raan (VvdR)

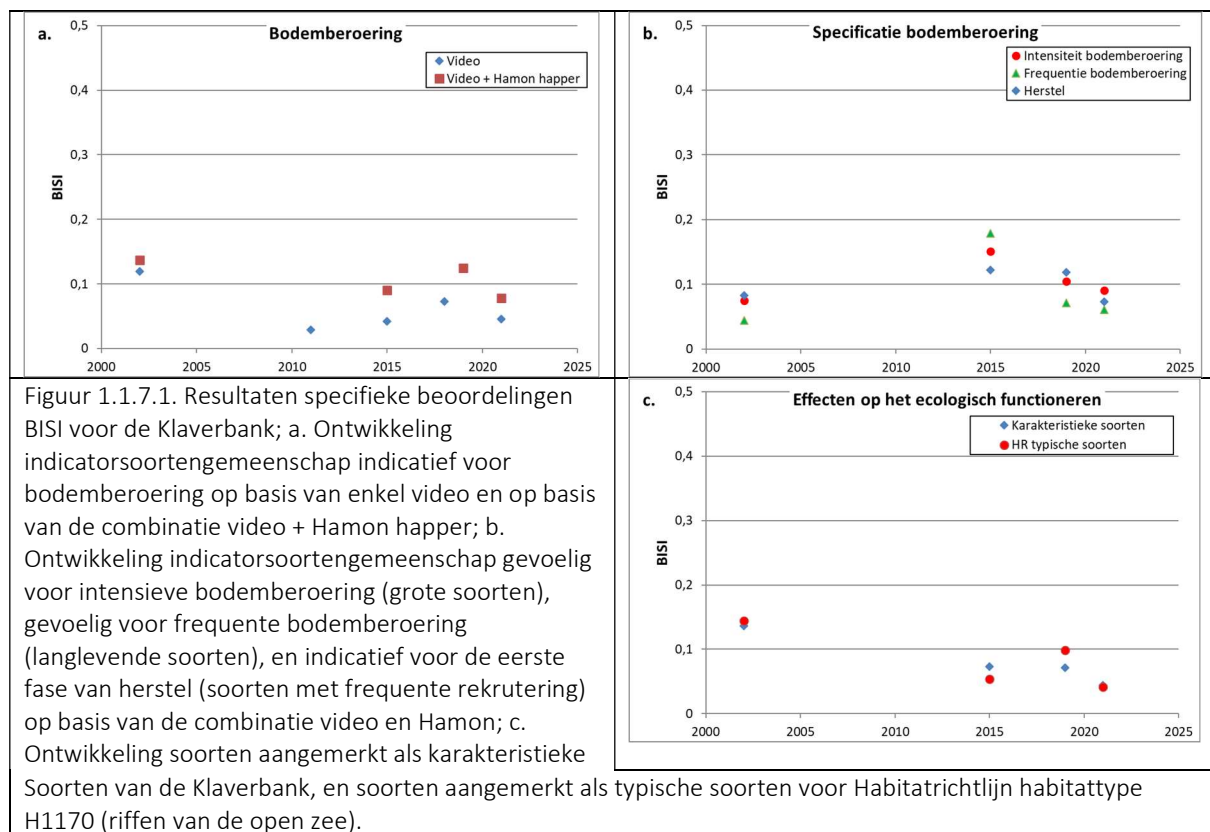


Figuur 1.1.6.1. Resultaten specifieke beoordelingen BISI voor de Vlake van de Raan; a. Ontwikkeling indicatorsoortengemeenschap indicatief voor bodemberoering; b. Ontwikkeling indicatorsoortengemeenschap gevoelig voor intensieve bodemberoering (grote soorten), gevoelig voor frequente bodemberoering (langlevende soorten), en indicatief voor de eerste fase van herstel (soorten met frequente rekrutering); c. Ontwikkeling soortengemeenschap met belangrijke rol in het voedselweb (prooien voor hogere trofische niveaus), en soorten aangemerkt als typische soorten voor Habitatrichtlijn habitattypen H1110b (permanente overstromde zandbanken van de kustzone). Significante ($p < 0,05$) trends weergegeven met doorgetrokken lijn; ontwikkeling weergegeven met stippellijn is niet significant zodat een constant niveau wordt verondersteld.

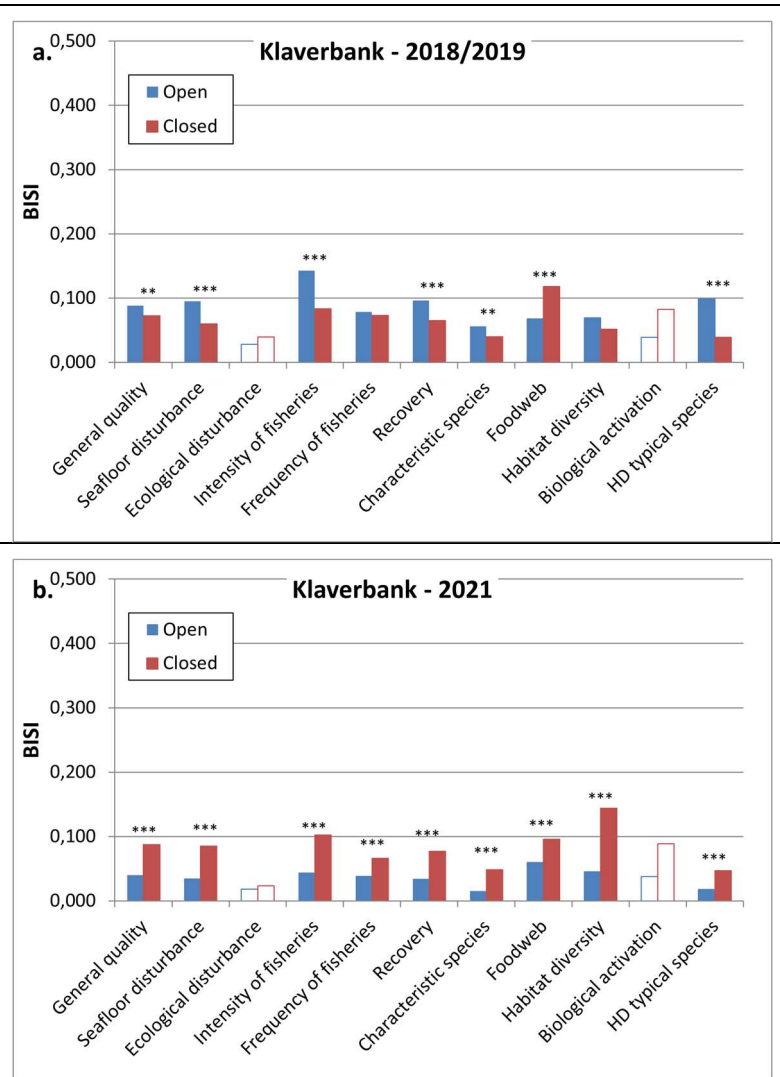
Figuur 1.1.6.2. Vergelijking kwaliteitstoestand gesloten gebied (VvdR gesloten) op de Vlakte van de Raan en qua habitatsamenstelling vergelijkbare open gebieden op basis van de BISI. Resultaten voor de algemene en de specifieke beoordelingen in 2021. Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***. Kolommen zonder invulling tonen resultaten waarvoor het aantal betrokken indicatorsoorten < 5 en daarmee te gering is voor betrouwbare resultaten.



1.1.7. Klaverbank (KB)



Figuur 1.1.7.2. Vergelijking kwaliteitstoestand gesloten – en vergelijkbare open gebieden op de Klaverbank gedurende de T0, op basis van de BISI; a. Resultaten voor de algemene en de specifieke beoordelingen in 2018/2019 en b. 2021 voor gebiedssluiting in maart 2023. Significante verschil met $p < 0,05$ *; $p < 0,01$ **; $p < 0,001$ ***. Kolommen zonder invulling tonen resultaten waarvoor het aantal betrokken indicatorsoorten < 5 en daarmee te gering is voor betrouwbare resultaten.



1.1.8. Bruine Bank (BB)

