



KRM-factsheet

# Benthische habitats kwaliteit (BISI) (D6C3)

## Benthische habitats kwaliteit (BISI)

GES Component/Criteria	D6C3
<b>Goede Milieutoestand (Art 9)</b>	
Nederlandse omschrijving van de GMT	Verbetering van de kwaliteit van de beoordeelde gebieden en habitats op het Nederlandse deel van de Noordzee (Benthische Indicator Soorten Index).
Geüpdate sinds de vorige MS	Ja, nieuwe GMT omschrijving vergeleken met de vorige rapportage van art 9 (2012)
<b>Indicatoren (Art 8)</b>	
Titel	Benthische habitats kwaliteit (BISI)
Reporting unit	Nederlandse deel van de Noordzee (NCP)
Bron	Nationale uitwerking
URL	Wijnhoven, S., Bos, O.G. (2017). Benthische Indicator Soorten Index (BISI): Ontwikkelingsproces en beschrijving van de Nationale Benthos Indicator Noordzee inclusief protocol voor toepassing. Ecoauthor Report Series 2017 - 02, Heinkenszand, the Netherlands.

## Kernboodschap

De kwaliteitstoestand in 2015 ten opzichte waarvan kwaliteitsverbeteringen worden nagestreefd is vastgesteld. Op de Doggersbank, Klaverbank, Friese Front en Centrale Oestergronden zullen maatregelen (sluiten delen voor bodemberoerende visserij) binnenkort effectief worden. Effecten daarvan zullen pas na 2018 zichtbaar worden en 'autonome' significante kwaliteitsverbetering wordt niet verwacht. In de Voordelta en Noordzeekustzone zijn de eerste tekenen van kwaliteitsverbetering ten gevolge van maatregelen (sluiten gebieden in 2008 en 2009) en transitie (ruimtelijke verplaatsing en alternatieve visserijmethoden) zichtbaar. Significante kwaliteitsverbetering is in 2018 mogelijk. De Vlake van de Raan (delen gesloten in 2012) vertoont nog geen verbetering.

## Toelichting Indicator

Met behulp van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI) wordt de gebiedspecifieke abundantie van indicatorsoorten, als maat voor bodemhabitatkwaliteit, vergeleken met een realistische referentie. De realistische referentie reflecteert de toestand die naar verwachting op de middellange termijn zal worden bereikt wanneer de dominante verstoringen substantieel worden gereduceerd. De referentie is de waargenomen maximum abundantie van de indicatorsoorten gedurende de afgelopen 30 jaar; op standaard wijze verhoogd indien de in het verleden geleverde monitoringsinspanning aanleiding geeft om aan te nemen dat de maximum abundantie in werkelijkheid hoger is geweest. De mate dat de referentietoestand op basis van de gecombineerde verzameling indicatorsoorten (BISI-waarde = 1) wordt benaderd (score 0-1) wordt geëvalueerd. Per ecotoop/habitat wordt een significante toename ( $p < 0.05$ ) in BISI-waarde ten opzichte van de To (2015) nagestreefd per te evalueren eenheid (onderscheid in specifieke gesloten gebieden, gebieden met speciale ecologische waarden zoals de Natura 2000 gebieden) en uiteindelijk NCP-breed. De afzonderlijke eenheden met significante kwaliteitsverbetering worden op basis

van oppervlak per ecotoop/habitat opgeteld totdat 100% oppervlak met significante kwaliteitsverbetering wordt gehaald. Indien voor een bepaald habitat geen significante verbetering op landelijk niveau wordt gehaald, maar wel binnen een (kleiner) specifiek te beoordelen gebied, dan kan worden aangegeven welk percentage van het landelijk aanwezige oppervlak al een kwaliteitsverbetering laat zien. Naast dat de BISI wordt ingezet voor de KRM beoordeling, is deze uitgerust voor de evaluatie van specifieke maatregelen en evaluaties in het kader van Natura 2000. Daarnaast wordt via specifieke evaluaties (naast de algemene kwaliteitsbeoordeling) de mogelijke oorzaak en eventuele ecologische effecten gediuid (op basis van sub-selecties aan indicatorsoorten). De indicator is met name (maar niet uitsluitend) indicatief voor de effecten van bodemberoerende activiteiten (verschillende types visserij), ecologische verstoring (als nutriënten, verontreinigingen, temperatuur) en veranderende abiotiek (door bijvoorbeeld zandwinning of landaanwinning).

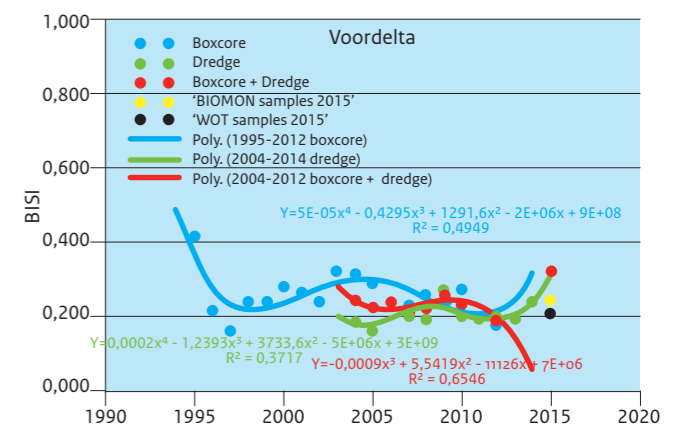
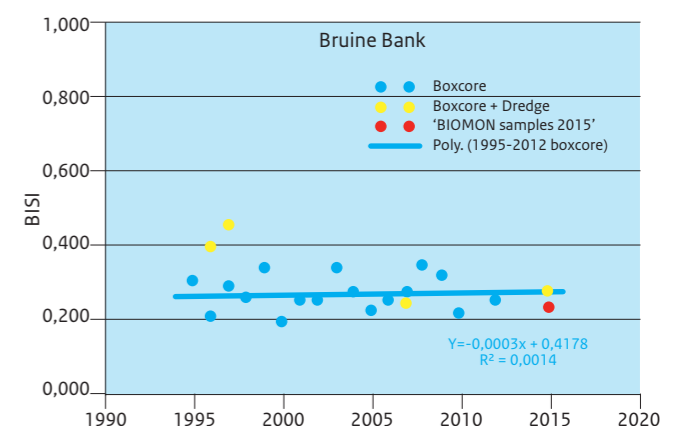
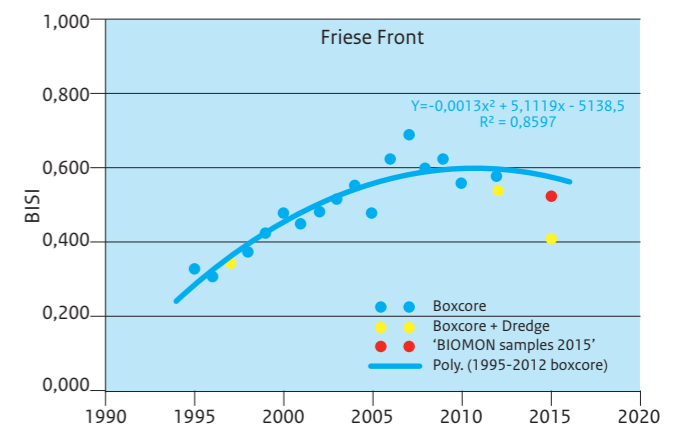
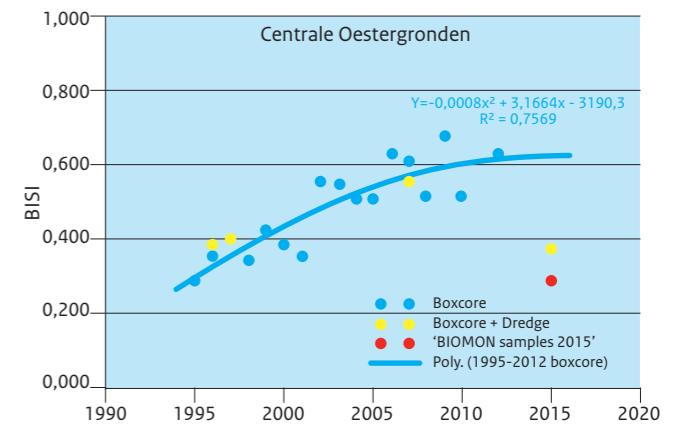
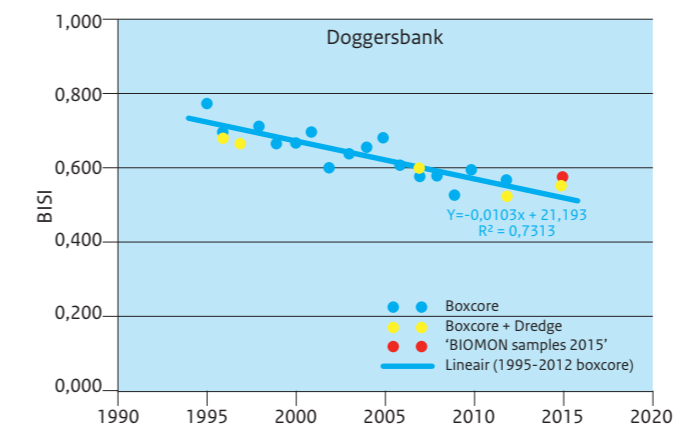
De Benthische Indicator Soorten Index is specifiek ontwikkeld en uitgewerkt voor de evaluatie van de ontwikkeling van de kwaliteitstoestand van gebieden met bijzondere ecologische waarden die ook aangewezen kunnen zijn als Natura 2000 gebied voor de Habitatrichtlijn of bodembeschermingsgebied KRM (d.w.z. Doggersbank, Centrale Oestergronden, Friese Front, Klaverbank, Noordzeekustzone, Voordelta, Vlake van de Raan, aangevuld met de Bruine Bank als representatief voor de Zuidelijke Bocht en het diepe zandigeecotoop). Daarnaast is de indicator uitgewerkt voor de evaluatie van de Habitat Richtlijn habitats (d.w.z. H1170 – Riffen, en H1110 – Permanent overstroomde zandbanken, opgesplitst in H1110b - Noordzee kustzone, en H1110c Doggersbank) en de EUNIS ecotopen op classificatie niveau 3 (d.w.z. Diep grof sediment -, Diep zandig -, Diep slibrijk -, Ondiep tot matig diep grof sediment -, Ondiep tot matig diep zandig -, en Ondiep tot matig diep slibrijk habitat). Ook is de methodiek inzetbaar voor de evaluatie van de effecten van beheermaatregelen waarbij specifiek de ontwikkeling van voor bepaalde typen van visserij gesloten gebieden worden vergeleken met qua habitat en/of potentieel te verwachten

benthische gemeenschap vergelijkbare voor visserij open gebieden binnen gebieden met bijzondere ecologische waarden. De methodiek is zo uitgewerkt dat deze aansluit en is afgestemd op het huidige (en in de nabije toekomst te verwachten) macrobenthos monitoring programma bestaande uit de bemonstering met Boxcore, Bodemschaaf (in kustgebieden zo nu en dan vervangen door Zuigkor of Van Veen hap) en op de Klaverbank voornamelijk Hamon hap monsters en Video transect inventarisaties. Hierbij is het van belang of monsterlocaties initieel random over een gebied zijn toebedeeld (en dus een min of meer representatief beeld van de totale toestand geven) of (random) gestratificeerd zijn toebedeeld en dan specifiek zijn bedoeld voor de evaluatie van het betreffende gebied of habitat (vooral ingezet voor de beoordeling van de effecten van maatregelen). De verschillende monsters kunnen dus niet altijd worden gecombineerd, maar worden voor verschillende evaluaties ingezet. Voor de KRM wordt hier een significante kwaliteitsverbetering op landelijk niveau van de genoemde ecotopen/habitats nagestreefd. Op de langere termijn is een ontwikkeling van eerst de gesloten gebieden, vervolgens de gebieden met speciale ecologische waarden in de richting van BISI-score = 1 het streven.

## Resultaten

In 2015 zijn voor het eerst voldoende monsters genomen in vrijwel alle gebieden, habitats en ecotopen die dienen ter evaluatie van de Nederlandse Noordzee. Hiermee kon de uitgangssituatie (To) worden vastgesteld. De evaluatie van de kwaliteitstoestand van de habitats (EUNIS en Habitatrichtlijn) op basis van de BISI bestaat uit een vergelijking van de te evalueren jaren ten opzichte van de To waarbij het doel significante kwaliteitsverbetering is (uiteindelijk op het niveau van het NCP). De eerste evaluatie kan dus pas in 2018 (eerst volgend jaar met bemonstering volgens nationaal benthos monitoringprogramma) plaats vinden.

Op basis van de beschikbare recente historische data kan echter voor een groot aantal gebieden al een ontwikkeling (trend) in de kwaliteitstoestand (de BISI) worden weergegeven, en is aan te duiden hoe de situatie in 2015 zich daartoe verhoudt. Op basis van de geplande en al genomen maatregelen en de 'autonome' trend kan een inschatting worden gemaakt of de verwachting is of en wanneer de GMT voor te evalueren habitats wordt gehaald.



Figuur 1. Recent historische ontwikkelingen in de kwaliteitstoestand (BISI-score) van gebieden met speciale ecologische waarden op basis van data met constante monitoringsinspanning gedurende meerdere jaren. Wanneer de beoordeling op één bemonsteringstechniek gebaseerd is betreft het resultaat de evaluatie op basis van een subset aan indicatorsoorten (indicatief de helft van het aantal soorten). Daarnaast is de monitoringsinspanning in 2015 (en in de toekomst) groter. Beide genoemde aspecten maken dat de trends een indicatie betreffen van de te verwachten ontwikkelingen zonder verdere maatregelen. De resultaten met betrekking tot de verschillende monitoringstechnieken zijn in 2015 met vergelijkbare monitoringsinspanning als in het verleden vergeleken met de resultaten op basis van het (uitgebreide) nationale benthos monitoring programma (benodigd om significante verschillen indien aanwezig in de toekomst te kunnen aantonen).

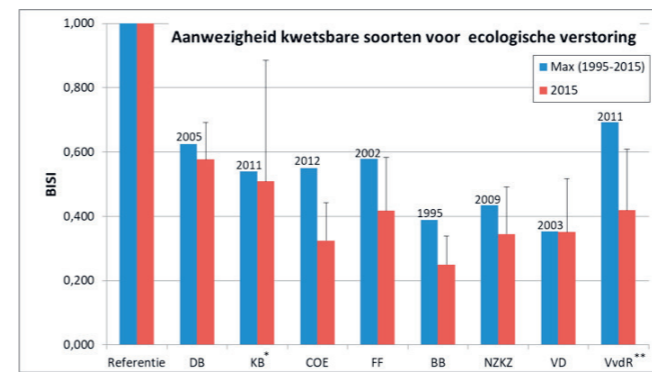
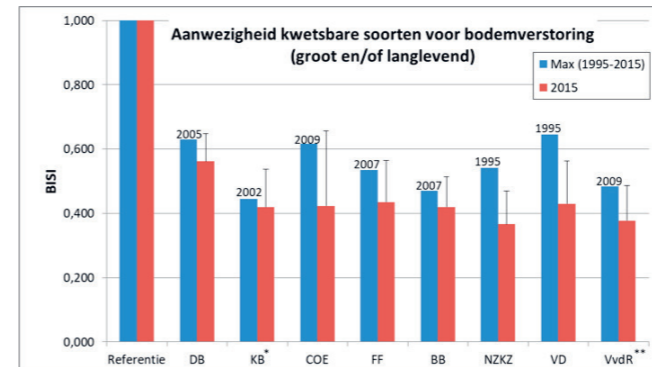
Er is hier voor gekozen de ontwikkeling van de gebieden met speciale ecologische waarden te tonen omdat daar de datadichtheid in het verleden evenals met het in 2015 voor het eerst uitgevoerde nationale benthos monitoring programma, het grootst is. Een significante verbetering in de kwaliteitstoestand (in de vorm van de BISI-score) zal in de toekomst worden omgezet in een significante toename voor de in dat gebied aanwezige habitats. Het aanwezige percentage ten opzichte van het NCP-brede oppervlak aan habitat indiceert de mate dat de GMT wordt behaald. De resultaten met betrekking tot de recent historische ontwikkeling laten zien dat er afhankelijk van de te evalueren gebieden enige nuance verschillen zitten tussen de monitoring technieken (en de evaluatie op basis van de bijbehorende soorten) maar dat de kwaliteitsontwikkelingen veelal dezelfde richting op wijzen per gebied. De BISI-score voor 2015 in relatie tot de waargenomen trend is zeer informatief voor wat kan worden verwacht in 2018.

De Doggersbank vertoont al bijna 2 decennia een afnemende kwaliteit. De beoordeling van 2015 lijkt aan te geven dat deze achteruitgang tot stilstand lijkt te komen. Een mogelijke verandering van de trend is ook zichtbaar in de kustgebieden met een permanent hoge verstoring van de benthische habitats: de Noordzeekustzone en mogelijk de Voordelta. Alle drie de genoemde gebieden dragen in hoge mate bij aan de kwaliteitstoestand van het ‘ondiep tot matig diep zandige habitat (HabBenCircalitsand)’ en HR-habitattype H1110. In de kustzone lijkt deze ontwikkeling naast het sluiten van gebieden in 2008 en 2009 toe te schrijven aan de verplaatsing van en de transitie (vistuig) in de visserij. In alle drie de gebieden maar met name op de Doggersbank is ecologische verstoring groter dan het effect van bodemberoering, maar zijn het veranderingen in bodemberoerende activiteiten die de veranderingen in kwaliteit veroorzaken (zie Figuur 2 en Wijnhoven, 2018; To rapportage in prep.). Op de Vlakte van de Raan is nog geen sprake van kwaliteitsverandering en/of effect van het sluiten van gebieden in 2012. Daarmee is ook niet direct significante kwaliteitsverbetering te verwachten in 2018 voor het ‘ondiep tot matig diep slibrijke habitat (HabBenCircalitmud)’ dat hier naast het zandige kan worden aangetroffen. Zowel op het Friese Front als de Centrale Oestergronden was de laatste 2 decennia sprake van een verbetering van de kwaliteitstoestand, die echter de laatste jaren aan het afvlakken was, of zelfs weer een lichte afname liet zien. De tendens

naar een afname is het eerste zichtbaar op het Friese Front. De kwaliteitsbeoordeling in 2015 bevestigt dat die kwaliteitsafname doorzet en versnelt. Hier lijken met name bodemberoerende activiteiten een rol te spelen en zien we mogelijk de effecten van de verplaatsing van visserij van de kustzones naar de offshore (eerst het Friese Front, daarna de Centrale Oestergronden). Hiermee is de verwachting dat de GMT voor het ‘diepe slibrijke habitat’ (HabBenOffshMud) voorlopig niet wordt gehaald. Mogelijk dat hier na 2018 de maatregelen (gebiedssluiting) het gewenste effect zullen geven. Ook voor de Doggersbank en de Klaverbank volgt effectieve sluiting van gebieden in 2018 en zijn effecten daarvan later te verwachten. Op basis van de ‘autonome’ ontwikkeling zou het ‘ondiepe tot matig diepe grof sediment habitat (HabBenCircalitCoarSed)’, goed vertegenwoordigd op de Doggersbank, enige verbetering kunnen laten zien in 2018. Dit is niet de verwachting voor het ‘diepe zandige habitat (HabBenOffshSand)’ waarvoor de Bruine Bank (naast gedeeltelijk de Doggerbank) een goede indicatie geeft en waar geen veranderingen in kwaliteit zichtbaar zijn en worden verwacht. De databeschikbaarheid voor het ‘diepe grof sediment habitat (HabBenOffshCoarSed) en daarmee het HR habitat-type H1170, met name aanwezig op de Klaverbank, is ontoereikend om goed inzicht in recente ontwikkelingen te verkrijgen. De To is hier nu vastgelegd voordat gebieden effectief voor visserij zullen worden gesloten in 2018.

De resultaten van de specifieke beoordelingen (Figuur 2) laten zien dat grote en/of langlevende soorten in veel lagere abundanties worden aangetroffen dan valt te verwachten onder goede bodemkwaliteit omstandigheden (referentie). De grote en langlevende soorten populaties zijn het minste aangetast op de Doggersbank. De hoogste waarden op bv de Centrale Oestergronden en het Friese Front zijn vrij recentelijk gehaald, terwijl dit voor de Noordzeekustzone en de Voordelta in 1995 (het eerste jaar in de analyses) is geweest. Dit is in lijn met de gestage achteruitgang van de kwetsbare soorten voor bodemverstorende activiteiten in de kustzone die al voor de jaren 90 is ingezet. De Centrale Oestergronden en het Friese Front lieten juist lange tijd een toename van die soorten zien. Na vijf tot tien jaar stagnatie is nu in 2015 voor het eerst een sterke achteruitgang te zien.

Het zijn niet enkel de grote en langlevende soorten die veel minder talrijk zijn dan onder goede omstandigheden het geval is. Ook soorten die gevoelig zijn voor ecologische verstoring als nutriënten verrijking, toxische stoffen, slechte zuurstof condities of temperatuurverhoging, vertonen veel lagere abundanties. In een aantal gebieden zijn die soorten er zelfs nog slechter aan toe dan de indicatorsoorten voor bodemverstoring. In de kustgebieden zijn de abundanties van soorten gevoelig voor ecologische verstoring de laatste 20 jaar niet veel hoger geweest, wat aangeeft dat ecologische verstoring een probleem is dat vooral in de kustzone al veel langer speelt.



Figuur 2. Resultaten kwaliteitsbeoordelingen (± standaard error) op basis van BISI (specifieke beoordelingen) voor 2015 en de maximale waarde gedurende de afgelopen 20 jaar ter identificatie van mogelijke oorzaken van waargenomen gereduceerde kwaliteit; a) Beoordeling op basis van aanwezigheid grote en/of langlevende soorten, indicatief voor bodemverstoring; b) Beoordeling op basis van aanwezigheid indicatorsoorten voor ecologische verstoring (nutriënten verrijking, verontreinigingen, gereduceerde zuurstofcondities, temperatuurverhoging), ten opzichte van de referentie. De maximale waarde voor de afgelopen 20 jaar (jaar ter indicatie weergegeven) is gebaseerd de Boxcore-soorten geëxtrapoleerd naar de Schaaf-Boxcore kwaliteitsverhouding zoals waargenomen in 2015.

DB = Doggersbank; KB = Klaverbank; COE = Centrale Oestergronden; FF = Friese Front; BB = Bruine Bank; NZKZ = Noordzeekustzone; VD = Voordelta; VvdR = Vlakte van de Raan.

\*Voor de Klaverbank zijn enkel gegevens beschikbaar voor 2002, 2011 op basis van video die zijn omgerekend naar een grab en video beoordeling zoals in 2015.

\*\*Voor de Vlakte van de Raan zijn enkel schaaftdata beschikbaar voor de periode 2004-2014 die zijn omgerekend naar de Schaaf-Boxcore beoordeling zoals in 2015.

## Conclusie

In 2015 is de uitgangssituatie (To) vastgesteld waarmee de BISI-scores (habitat kwaliteit) in de toekomst wordt vergeleken. In de kustzone zijn de laatste paar jaar de eerste tekenen van verbetering mogelijk zichtbaar ten gevolge van de sluiting van gebieden, de verplaatsing van de visserij en de transitie naar technieken met minder bodemverstoring. Op de Doggersbank lijkt de achteruitgang in kwaliteit tot stilstand te komen. Op het Friese Front en de Centrale Oestergronden is juist in 2015 een achteruitgang in

bodemhabitat kwaliteit te zien na een lange periode van verbetering die de laatste 5 tot 10 jaar tot stilstand was gekomen. De resultaten geven zicht op kwaliteitsverbetering voor HabBenCircalitsand en H1110b en het lijkt er op dat het ook met HabBenCircalitCoarSed en H1110c de goede kant op kan gaan. Of het voldoende zal zijn voor het bereiken van de GMT voor 2020 moet nog blijken. Voor de andere habitats (met uitzondering van HabBenOffshCoarSed en H1170 waarvoor de huidige beschikbare informatie ontoereikend is) zal het bereiken van de GMT naar verwachting na 2020 liggen. Dit zijn tevens de habitats die profijt moeten gaan hebben van de in 2018 effectief te sluiten gebieden.

## Methode

### Benthische Indicatorsoortenindex (Benthic Indicator Species Index, BISI)

De vergelijking tussen de aanwezigheid en/of aantallen van een verzameling (gebieds- of habitatspecifieke) indicatorsoorten (soorten met indicatiewaarde) tijdens een bepaald beoordelingsmoment en de vastgestelde referentiewaarde voor de desbetreffende verzameling indicatorsoorten. Als methode dient de berekening van het meetkundige gemiddelde van de gewogen verhouding van waarneming tot referentiewaarde op basis van logaritmische transformatie (met soort- en beoordelings specifieke indicatiewaarden), waarbij de waargenomen populatieschommelingen verdisconteerd worden bij het testen van mogelijke verschillen in aantallen.

Het gebruik van bepaalde referentiewaarden (aanwezigheid en abundantie van een verzameling indicatorsoorten) doet geen uitspraken over de toestand voorafgaand aan antropogene verstoring. Aangezien een dergelijke situatie zich moeilijk laat reconstrueren, bestaat er twijfel over het nut van zo'n streefwaarde, aangezien het onwaarschijnlijk is dat het wegnemen van de bedreigingen zal leiden tot herstel van de benthische gemeenschappen uit het verre verleden (oftewel de zuivere referentietoestand). Vanwege de grote verschillen tussen de oude referentiewaarde en de huidige toestand is een dergelijke referentiewaarde bovendien minder geschikt om de kwaliteitsveranderingen waar te nemen die op grond van effectieve maatregelen en vermindering van heersende bedreigingen te verwachten zijn. De vaststelling van referentiewaarden (geënt op recente waarnemingen van mogelijke populatiemaxima en verbeteringen met een factor tien en/of de standaard deviatie afhankelijk van de gerealiseerde monitoringinspanningen waarvan het maximum is afgeleid) dient een afspiegeling te zijn van mogelijke realistische verbeteringen die naar verwachting op de middellange termijn zullen optreden bij effectief gebleken beheersmaatregelen. Waarschijnlijk kan de beoordeling van verbeteringen in de kwaliteitstoestand en het relatieve belang van veranderingen in de toekomst eveneens plaatsvinden zonder aanpassing van de referentiewaarden. Bij de ontwikkeling van de beoordelingsmethode is uitgegaan van een dynamische aanpak, met ruimte voor de aanpassing van onderzochte verzamelingen indicatorsoorten, indicatorwaarden en referentiewaarden op grond

van nieuwe inzichten. Zelfs als er in dat geval een noodzaak tot herberekening van eerdere beoordelingen ontstaat, kost deze aanpassing slechts een beperkte inspanning. Door de solide methodiek zullen dergelijke aanpassingen de eerdere resultaten niet drastisch veranderen.

Hoewel statistische toetsen van bevindingen afhangen van het type beoordeling, ligt hier een voornaam rol voor de To-toestand. Dit is de kwaliteitstoestand alvorens de meeste geplande beheersmaatregelen voor behoud en/of verbetering van de kwaliteitstoestand van de zeehabitats, en de zeebodemhabitats in het bijzonder, in werking treden; oftewel de toestand rond 2015. Ontwikkelingen ten opzichte van To worden behalve door het bepalen van het verschil met de referentiewaarde ook beoordeeld via onafhankelijke of gepaarde t-toetsen, volgens een Voor-Na-Controle-Ingrep ontwerp (Before-After-Control-Impact: BACI) om de gevolgen van beheersmaatregelen te onderzoeken. Het ligt in de lijn der verwachting dat trendanalyses van de ontwikkeling in BISI-waarden ook bruikbaar zijn voor de toekomst (richting 2030).

Voor de beoordeling van het gehele Nederlands Continentaal Plat (NCP) en de verschillende constellaties van zijn subdivisies binnen het raamwerk van de Kaderrichtlijn Mariene Strategie (Marine Strategy Framework Directive, MSFD) wordt het gehele gebied bestreken door de gebieden met speciale ecologische waarden (waarvan verschillende ook dienst doen als Natura 2000-gebieden binnen de Habitatrichtlijn (Habitat Directive, HD)). Een aantal van die gebieden kennen delen met bijzondere beheersmaatregelen (zoals voor bepaalde visserij gesloten gebieden), omvatten Habitatrichtlijn habitats en allen zijn onder te verdelen in de EUNIS-ecotopen (niveau 3).

Tot de verzameling van (types) onderzoeksgebieden behoort ook de verzameling indicatorsoorten waarvan de abundantie wordt vergeleken met referentiewaarden. Hierbij inbegrepen is het minimum aan meetinspanning dat voor analyse vereist is, evenals het type monitoringmethode dat voor elk van de indicatorsoorten geschikt is. De beoordeling vermeldt daarnaast ook het onderzochte gegevenstype, te weten aanwezigheid (ruimtelijke verspreiding) en/of aantallen (dichtheid). Wijziging van de referentiewaarde is wellicht noodzakelijk bij aanpassingen van de gebruikte gegevens-types en bemonsteringsmethode. Aangezien voor de ontwikkeling van de methodiek het huidige MSFD-monitoringprogramma als uitgangspunt heeft gefungeerd, zou de monsternamen in principe voor alle indicatorsoorten moeten volstaan (dit aspect verdient echter aandacht bij de toepassing van de methodiek op nieuwe gebieden, regio's en/of beoordelingen). De methodiek neemt vanzelf ook de meetinspanningen in ogenschouw door op basis van waargenomen schommelingen de verschillen in BISI-waarden te beoordelen. Als gevolg hiervan kunnen significante verschillen echter over het hoofd worden gezien wanneer er een gebrek aan meetinspanningen ontstaat.

De beoordeling van de gehele verzameling indicatorsoorten op ontwikkelingen in de algemene kwaliteitstoestand wordt aangevuld

door (gebiedspecifieke) indicatorwaarden voor soortspecifieke eigenschappen en kenmerken, die de vermoedelijke oorzaken en de belangrijkste gevolgen van waargenomen kwaliteitsontwikkelingen in afzonderlijke beoordelingen vaststellen. Voor zover relevant richten deze deelbeoordelingen zich specifiek op bodemberoering, ecologische verstoring (door vervuilende en giftige stoffen alsook hypoxie en temperatuurstijgingen), intensiteit van bodemberoerende visserijactiviteiten (gemeten naar soortelijke omvang), frequentie van bodemberoerende visserijactiviteiten (gemeten naar soortelijke leeftijd), herstel (gemeten naar de frequentie van aanwas), typische soorten, voedselwebsamenstelling (belang voor hogere schakels in de voedselketen), habitatdiversiteit (soorten die vaste structuren aanbrengen), biologische activatie van zeebodemoppervlak (soorten die van bioturbatie of bio-irrigatie gebruikmaken) en habitatrichtlijnspecifieke soorten. De bepaling van het relatieve belang en de eventuele opname van een soort in de beoordeling gebeurt op basis van indicatorwaarden voor verschillende criteria.

Het berekenen van het meetkundig gemiddelde van de gewogen verhouding van waarneming tot referentiewaarde op basis van logaritmische transformatie (met soort- en beoordelingspecifieke indicatorwaarden) gebeurt met de volgende formule:  
$$BISI = \exp\left(\frac{1}{S} \sum (IV) \log(O_i/R_i)\right)$$
$$S = \text{Aantal onderzochte indicatorsoorten}$$
$$IV = \text{Soortspecifieke indicatorwaarde (0-1)}$$
$$O_i = \text{Waargenomen aanwezigheid (verhouding van monsters tot aanwezige indicatorsoort) of waargenomen aantallen (gemiddelde dichtheid)}$$
$$R_i = \text{Referentieaanwezigheid (vastgestelde verhouding van monsters tot aanwezige indicatorsoort bij referentietoestand) of waargenomen aantallen (vastgestelde gemiddelde dichtheid bij referentietoestand)}.$$

BISI = Benthische Indicator Soorten Index uitgedrukt als een score tussen 0 (zeer lage kwaliteit) en 1 (zeer hoge kwaliteit), inclusief een berekende standaarddeviatie voor het toetsen van de significantie.

NB Naast de gebruikte bemonsteringsmethode zijn ook de bemonsterde oppervlakten van invloed op de waargenomen bevindingen. Gelet op het huidige gebruik van een vrij rigide bemonsteringsprogramma voor de beoordelingen zijn de verschillen in vangbaarheid door de verschillen in monsterkenmerken waarschijnlijk gering (bij een verandering van bemonsteringsmethode of een toepassing in andere gebieden verdient dit aspect wel aandacht).

Aangezien de BISI-waarde een maatstaf is voor de relatieve kwaliteit van de plaatselijke benthische gemeenschap gebaseerd op een vergelijking tussen een verzameling indicatorsoortpopulaties en een (onder de huidige omstandigheden realistische) vastgestelde referentiewaarde, is de huidige methodiek bij uitstek geschikt om de mate van diachrone ontwikkelingen tussen waarnemingsjaren te beoordelen (inclusief een analyse van diachrone veranderingen in verschillende gebieden). Voor een directe vergelijking tussen de

kwaliteitstoestand in verschillende gebieden met uiteenlopende referentiewaarden is de methodiek echter minder bruikbaar. De regionale verschillen in verantwoordelijke bedreigingen, ontwikkelingen en/of gevolgen komen echter wel terug in de respectievelijke deelbeoordelingen. Ter evaluatie van de actuele To-kwaliteitstoestand is naast de huidige BISI-indicator ook de recente ontwikkeling (veelal gemeten naar de minder intensieve monitoring van de afgelopen decennia) en het verwachte verschil met een oude zuivere referentiewaarde (uit de vakliteratuur) uitgewerkt (Wijnhoven, 2018; in prep.).

De oorsprong van MSFD- en HD-beoordelingen ligt deels in afzonderlijke beoordelingen van bodembeschermingsgebieden (inclusief diverse Natura2000-gebieden) dan wel HD-habitats of EUNIS-ecotopen (niveau 3), waarvoor de BISI-waarden bij To (zowel algemene kwaliteitstoestand als afzonderlijke BISI-beoordelingen) via tweezijdige onafhankelijke t-toetsen worden vergeleken met de referentiewaarden. Toekomstige beoordelingen in 2018, 2021, 2024 enzovoorts volgen de gebruikte methodiek voor de To-toestand, die grotendeels op basis van meetgegevens uit 2015 is vastgesteld. Deze vergelijking kan dienen voor het vaststellen van significante verschillen met de referentiewaarde en diachrone veranderingen daarin, naast hun vermoedelijke oorzaken en belangrijkste gevolgen. Om daarnaast de specifieke resultaten van beheersmaatregelen te bepalen, kunnen tweezijdige onafhankelijke t-toetsen mogelijkerwijs de verschillen tussen toekomstige meetgegevens en de To-toestand beoordelen (aangezien het huidige monitoringprogramma uit vastgestelde steekproefgebieden bestaat). Trendanalyses kunnen een verdere uitbreiding van de beoordelingen vormen wanneer tegen 2030 diverse jaren aan BISI-waarden beschikbaar zijn. Het is ook mogelijk om te beoordelen of kwaliteitsveranderingen daadwerkelijk het gevolg zijn van beheersmaatregelen met behulp van een Voor-Na-Controle-Ingrep ontwerp (Before-After-Control-Impact approach) met specifiek geselecteerde monsters (van vergelijkbare aantallen in vergelijkbare habitats of verwachte gemeenschappen). Dit ontwerp omvat bij aanvang ook tweezijdige onafhankelijke t-toetsen voor het bepalen van de mogelijke verschillen tijdens To tussen diverse beheersgebieden (gesloten dan wel open gebieden voor bepaalde bodemberoerende visserijactiviteiten). Mogelijke verschillen in ontwikkelingen tussen verschillende beheersgebieden kunnen worden vastgesteld op grond van verschillende waarden per IIS (Individuele Indicator Soort), volgens de formule  $IIS = \exp((IV) \log(O_i/R_i))$ . Zodoende is voor de gehele verzameling indicatorsoorten na het toetsen van mogelijke verschillen in variantie een vergelijking mogelijk tussen gemiddelde IIS-waarden ± standaarddeviatie enerzijds en de To-toestand en andere diachrone evaluatiemomenten via gepaarde t-toetsen anderzijds (mits het monitoringprogramma onveranderd blijft).

Voor bodembeschermingsgebieden met beheersmaatregelen is de keuze ofwel een gelijktijdige beoordeling van verschillende gesloten gebieden, ofwel per gebied een afzonderlijke beoordeling met een grotere gevoeligheid (aangezien in veel gevallen betrekkelijk grote verschillen in soortensamenstellingen tussen gesloten

gebieden worden verwacht, verdienen afzonderlijke beoordelingen de voorkeur boven een grotere monstervang en een resulterende toename van mogelijke variantie).

## Kennishiaten

De huidige methodiek is zoals vermeld bruikbaar voor het beoordelen van kwaliteitstoestanden op basis van realistische referentiewaarden voor de nabije toekomst. Op de middellange termijn is het zeer goed mogelijk om hogere kwaliteitsdoelen te bereiken, aangezien de voorlopige bevindingen van effectieve beheersmaatregelen en beoordeelde verzamelingen wellicht een beter begrip opleveren van de mogelijkheden en de toekomstige realistische referentiewaarden. Voor de verdere ontwikkeling van de indicator kunnen bestaande of vermoede onderzoeksgebieden zonder verstoring (eventueel ook buiten het Nederlandse Noordzeegebied) eveneens van waarde zijn. Op de lange termijn, of na intensieve herstelmaatregelen (terugkeer naar oude milieumomstandigheden en aanbod van vergelijkbare soortenrijkdom), is het zelfs niet uit te sluiten dat de oude referentiewaarden plaatselijk te behalen zijn.

Discussies over de indicatorwaarden voor bepaalde bedreigingen bij sommige indicatorsoorten maken duidelijk dat de kennis over de levensgeschiedenisstrategieën van bepaalde (vaak ook veelvoorkomende) soorten wellicht te wensen overlaait. Dientengevolge kan toekomstige informatie afkomstig uit effectieve beheersmaatregelen en grootschalig veldwerk het noodzakelijk maken om de indicatorwaarden van enkele soorten aan te passen.

## Milieudoelen (Art 10)

### Gerelateerde doelen

- D6T1: 10-15% van het oppervlak van het Nederlandse deel van de Noordzee wordt niet noemenswaardig beroerd door menselijke activiteiten.
- D6T2: verbetering kwaliteit van de beoordeelde gebieden en habitats.
- D6T4: verder ontwikkelen en testen van regionale beoordelingsmethoden (OSPAR en ICES) die in de toekomst gebruikt kunnen worden voor een beoordeling van benthische en pelagische habitats.
- D6T5: terugkeer en herstel van biogene riffen, waaronder platteoesterbanken.
- D1T3: realiseren instandhoudingsdoelstellingen voor habitattypen en soorten in de Natura 2000-gebieden op zee (VHR).

## Beoordeling Art 8 versus de goede milieutoestand (Art 9)

Overall Status D6	
<b>Conclusie MS deel I 2018</b>	Goede milieutoestand nog niet gehaald (deels ook onbekend).
<b>GMT gehaald</b>	Verwacht wordt dat na 2020 voldaan wordt aan het GMT.
<b>Beoordeelde periode</b>	De huidige kwaliteitstoestand (2015) is vastgesteld. Daarnaast is inzicht verkregen in de kwaliteitsontwikkelingen van de afgelopen decennia. Dit echter op basis van gereduceerde databeschikbaarheid en veelal niet alle gewenste bemonsteringstechnieken waardoor beoordelingen slechts gedeeltelijk (op basis van subset aan indicatorsoorten) konden worden uitgevoerd. Dit geeft wel enig inzicht in recente ontwikkelingen maar heeft niet de gewenste betrouwbaarheid die in 2015 en in de toekomst wordt gehaald.
<b>Gerelateerde drukfactoren</b>	Fysieke vernietiging Fysieke verstoring van de zeebodem (abrasie/bodemberoering) Fysieke verstoring van de zeebodem (verplaatsing zand/slib) Wijzigingen van hydrologische omstandigheden (doorzicht) Onttrekking van of sterfte/letsel van in het wild levende soorten Introductie of verspreiding van niet-inheemse soorten Toevoer van nutriënten Toevoer van organisch materiaal Temperatuurstijging door klimaatverandering

Status Criterium D6C3	
<b>Criteria status</b>	Status nog niet vast te stellen doordat de eerste evaluatie in 2018 uitgevoerd kan worden.
<b>Beschrijving criterium status</b>	Status nog niet bekend doordat een verbetering ten opzichte van de T0 (situatie in 2015) moet worden vastgesteld. Voor deze trend beoordeling zijn nu nog geen gegevens beschikbaar (het eerstvolgende jaar met benthos monitoring is 2018). Op basis van indicatieve trends lijkt het er echter erop dat in 2018 nog niet voldaan wordt aan GMT.
<b>Gebruikte parameter</b>	Trend als GMT definitie
<b>Drempelwaarde of gewenste trend (TV upper)</b>	De kwaliteit van de beoordeelde gebieden en habitats op het Nederlandse deel van de Noordzee (Benthische Indicator Soorten Index) neemt toe (stijgende trend +1). HabBenCircalCoarSed – kwaliteit moet toenemen (+1) HabBenCircalSand – kwaliteit moet toenemen (+1) HabBenCircalMud – kwaliteit moet toenemen (+1) HabBenOffshCoarSed – kwaliteit moet toenemen (+1) HabBenOffshSand - kwaliteit moet toenemen (+1) HabBenOffshMud – kwaliteit moet toenemen (+1) H1110b – kwaliteit moet toenemen (+1) H1110c – kwaliteit moet toenemen (+1) H1170 - kwaliteit moet toenemen (+1)
<b>Bron van de drempelwaarde, limiet of trend</b>	Nationale uitwerking
<b>Bereikte waarde of trend (Value achieved upper)</b>	Tot dusver onbekend omdat de eerste evaluatie in 2018 gaat plaatsvinden. Indicatieve trends op basis van incomplete datasets laten echter zien: HabBenCircalCoarSed – kwaliteit lijkt toe te nemen (+1) HabBenCircalSand – kwaliteit neemt toe (+1) HabBenCircalMud – kwaliteit onveranderd (0) HabBenOffshCoarSed – (onduidelijk door gebrekkige informatie voor 2015) HabBenOffshSand - kwaliteit onveranderd (0) HabBenOffshMud – kwaliteit neemt af (-1) H1110b – kwaliteit neemt toe (+1) H1110c – kwaliteit lijkt toe te nemen (+1) H1170 - (onduidelijk door gebrekkige informatie voor 2015)
<b>Trend vergeleken met de vorige beoordeling</b>	Niet beschikbaar
<b>Drempelwaarde of gewenste trend bereikt?</b>	Nog niet bekend
<b>Beschrijving</b>	Eerste evaluatie kan pas plaats vinden in 2018
<b>Gerelateerde indicator</b>	D6C3, D6C5