

Bureaustudie Monitoringstrategie MONS (ID 135 deel 1)



Bureaustudie Monitoringstrategie MONS (ID 135 deel 1)

Auteur(s)

Anouk Blauw
Sharon Tatman
Willem Stolte
David Geurts

Bureaustudie Monitoringstrategie MONS (ID 135 deel 1)

Opdrachtgever	Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving-
Contactpersoon	
Referenties	
Trefwoorden	

Documentgegevens

Versie	0.1
Datum	15-2-2022
Projectnummer	11207739-002
Document ID	11207739-002-ZKS-0002
Pagina's	48
Classificatie	
Status	concept Dit document is een concept en uitsluitend bedoeld voor discussiedoeleinden. Aan de inhoud van dit rapport kunnen noch door de opdrachtgever, noch door derden rechten worden ontleend.

Auteur(s)

	Anouk Blauw	
	Sharon Tatman	
	Willem Stolte	
	David Geurts	

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
0.1	Anouk Blauw	Peter Herman	Paul Saager	
	Sharon Tatman			
	Willem Stolte			
	David Geurts			

Samenvatting

De komende jaren gaat er veel veranderen op de Noordzee. Er worden veel windparken gebouwd om duurzame energie te leveren en klimaatverandering tegen te gaan (energietransitie). Dit betekent dat in de gebieden met de windparken geen bodemberoerende visserij wordt toegestaan. Er worden wel mogelijkheden onderzocht om de windparken te combineren met andere manieren om voedsel te produceren op zee, zoals zeewierkweek (voedseltransitie). Daarnaast wordt de aanwijzing van beschermde gebieden voorbereid waar ook niet mag worden gevestigd. Tot slot worden er plannen gemaakt voor ingrepen die de natuurwaarde van de Noordzee moeten bevorderen, zoals de aanleg van oesterbanken (natuurtransitie). Deze drie transities zullen naar verwachting grote effecten hebben op het ecologisch functioneren van de Noordzee. Ook klimaatverandering zal waarschijnlijk effecten hebben op het Noordzee-ecosysteem. In het Noordzee-akkoord is afgesproken dat er een onderzoeksprogramma wordt uitgevoerd om te volgen, begrijpen en voorspellen wat de gevolgen van al deze veranderingen zullen zijn voor de Noordzee: Monitoring en Onderzoek Natuurversterking en Soortenbescherming (MONS).

Als onderdeel van het MONS programma wordt een monitoringprogramma voorzien, waarmee in combinatie met bestaande monitoring, de onderzoeksvragen uit het MONS programma kunnen worden beantwoord. De voorliggende rapportage beschrijft de resultaten van een voorstudie voor de uitwerking van een monitoringstrategie voor MONS. Hierin wordt een plan van aanpak voorgesteld voor de uitwerking van de monitoringstrategie en geven we aan welke bronnen van informatie beschikbaar zijn als basis voor verdere uitwerking. Als overkoepelende structuur voor de monitoringstrategie volgen we de monitoringcyclus, zoals die ook door RWS en Deltares is gebruikt voor herziening van de monitoringstrategie voor eutrofiëring. Hierin worden verschillende stappen omschreven. In de voorliggende studie hebben we een overzicht gegeven van welke informatie nu beschikbaar is voor de uitwerking van de verschillende stappen van de monitoringcyclus, op basis van de MONS (no regret) rapporten die tot nu toe zijn opgeleverd.

De eerste stap van de monitoringcyclus: het overkoepelende doel en beleidskader, zijn duidelijk uit het Noordzee Akkoord en het MONS startrapport. De tweede stap: de specificatie van de informatiebehoeften, is in het MONS startrapport en de no regret studies ten dele uitgewerkt. We geven een overzicht van wat er al bekend is uit eerdere MONS-rapporten over de informatiebehoefte voor MONS. Nog niet voor alle variabelen is expliciet omschreven welke vragen met de nieuwe monitoringdata zouden moeten kunnen worden beantwoord. De MONS monitoringstrategie wordt gedefinieerd aanvullend op monitoring vanuit andere programma's. We hebben daarom op een rij gezet wat al in andere monitoringprogramma's buiten MONS wordt gemeten: zowel huidige monitoring in beleidskader (MWTL en WOT), als in andere onderzoeksprogramma's en wat door andere landen wordt gemeten in Nederlandse wateren. Ook hebben we aangegeven welke andere initiatieven en ontwikkelingen er lopen die mogelijk van invloed zijn op toekomstige monitoringprogramma's buiten MONS. Voor het uitwerken van de informatieverzamelingstrategie, geven we een overzicht van de innovatieve monitoringmethoden die in de no regret studies zijn genoemd. Veelal wordt hierbij eerst een proeffase voorgesteld, waarin de technieken getest en verfijnd worden vooraleer ze routinematig kunnen worden toegepast. Vervolgens hebben we een plan van aanpak opgesteld om de monitoringstrategie verder uit te werken. Hierbij hebben we aangegeven welke informatiebronnen beschikbaar zijn als basis om de verschillende stappen van de monitoringcyclus verder uit te werken en hoeveel tijd en geld dat ongeveer zou kosten.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Achtergrond en doel	7
1.1	Inleiding	7
1.2	Doel en aanpak	8
1.3	Leeswijzer	9
2	Monitoring cyclus	10
2.1	Inleiding	10
2.2	Stappenplan monitoringstrategie	10
2.3	Toepassing in MONS	12
3	MONS informatiebehoefte	14
3.1	Abiotisch systeem en waterkwaliteit	14
3.2	Primaire productie en fytoplanktonsamenstelling	16
3.3	Zoöplankton	18
3.4	Vis	19
3.5	Benthische habitats rondom windparken	20
3.6	Benthische habitats gesloten gebieden	21
3.7	Natuurinclusief bouwen van windparken	22
3.8	Zee- en Kustvogels	22
4	Monitoring buiten MONS kader	25
4.1	Bestaande Nederlandse monitoring	25
4.1.1	Bestaande monitoring NCP	25
4.1.2	Nieuwe ontwikkelingen NCP	25
4.2	Internationale monitoring op NCP	26
4.2.1	Continuous Plankton Recorder (CPR)	26
4.2.2	FerryBox monitoring	26
4.2.3	Satelliet metingen	27
5	Veelbelovende innovatieve monitoringmethoden	29
5.1	Innovaties <i>in situ</i> sensoren of instrumenten	29
5.1.1	Cytosense flowcytometer	30
5.1.2	Mesozoöplanktonscanners	30
5.1.3	Beeldherkenning vanuit video en/of stills	31
5.1.4	Primaire productie sensoren	31
5.2	DNA-analyse technieken	32
5.2.1	eDNA	32
5.2.2	RNA/DNA ratios	33

5.3	Tagging	33
5.4	In situ platforms	34
5.4.1	Vaste platforms	34
5.4.2	Ships of opportunity	35
5.4.3	Robotics	36
5.4.3.1	Remotely operated vehicles (ROV)	36
5.4.3.2	Autonomous underwater vehicles (AUVs)	36
5.5	Remote sensing	37
5.5.1	Aardobservatie	37
5.5.2	Hydro-akoestiek	37
5.5.3	Airborne	38
5.6	Overige ontwikkelingen	38
6	Plan van aanpak monitoringstrategie	39
6.1	Beleidskader en doelstelling	39
6.2	Informatiebehoeften	39
6.3	Informatieverzamelstrategie	40
6.4	Monitoringprogramma	41
6.5	Meetplan	42
6.6	Data inwinning	42
6.7	Data analyse en interpretatie	42
6.8	Data management	43
6.9	Data en informatie uitwisseling	44
6.10	Verwachte inspanning en kosten	44
6.11	Aanbevelingen en slotopmerkingen	45
7	Referenties	46
A	Projecten die mogelijk relevante informatie kunnen leveren voor MONS monitoringstrategie	47
B	MONS projecten met relatie met monitoring	50

1 Achtergrond en doel

1.1 Inleiding

Een gezonde Noordzee is voor iedereen van belang. Nu al vraagt het mariene ecosysteem om bescherming en herstel op basis van bestaand gebruik. Het veranderende gebruik (in vorm en intensiteit) moet passen binnen de ecologische draagkracht en ruimte van de Noordzee. De ecologische draagkracht is randvoorwaardelijk voor het individuele en cumulatieve gebruik van de Noordzee door verschillende functies. Om de Noordzee gezond te maken en te houden is een extra inspanning noodzakelijk.

Beleidsontwikkeling voor bescherming, herstel en duurzaam gebruik wordt bemoeilijkt door een structureel gebrek aan kennis. Dit geldt voor alle componenten van het Noordzee-ecosysteem, die de komende jaren majeure veranderingen zal ondergaan.

Het Noordzeeakkoord (NZA) beschrijft de uitdagingen van een veranderend gebruik en wil een nieuwe balans vinden. Het NZA schetst een grote behoefte aan een integraal en systematisch onderzoek- en monitoringsprogramma dat de basis vormt voor kennis over het functioneren van de Noordzee. Het programma Monitoring-Onderzoek-Natuurherstel-Soortbescherming (MONS) heeft als doel de centrale vraag te beantwoorden *hoe het veranderende gebruik van de Noordzee past binnen de ecologische draagkracht van de Noordzee*. Daarbij staan twee vragen centraal, namelijk

- “wat de ecologische draagkracht van het Noordzee-ecosysteem is” en
- “wat de effecten van de verschillende gebruiksfuncties daarop zijn”.

(Bijlage 2 in het NZA, OFL (2020).

Daartoe is een integraal en systematisch monitoringsprogramma nodig dat zich richt op de fysische, chemische en biologische basisparameters voor het functioneren van het ecosysteem en op (de variatie in) het voorkomen van vogels, vleermuizen, bodemdieren, vissen en zeezoogdieren.

Het MONS-programma geeft een eerste uitwerking van het onderzoek dat de komende tien jaar vanaf 2022 zal worden uitgevoerd om de kennisvragen zoals die geformuleerd zijn in het NZA te kunnen beantwoorden. De uitwerking van dit programma verloopt in fasen. In de eerste fase is een lijst met “no regret” onderzoeksprojecten’ in kaart gebracht waarvoor het onderzoek al op korte termijn kan worden uitgevoerd, gestart en al deels afgerond voor het einde van het jaar 2021. De “no regret” projecten zijn projecten die direct voortvloeien uit het NZA, waarbij de resultaten aan de basis staan van ander onderzoek later in MONS en/of die snel dienen te starten in 2021 omdat de resultaten bepalend zijn voor besluitvorming in het onderzoek in latere jaren van het MONS-programma. Het hier beschreven project is een van die “no regret” projecten, zoals vastgesteld in het Noordzee-Overleg (NZO) op 9 juni 2021.

1.2 Doel en aanpak

De centrale vraag van MONS is hoe het veranderende gebruik van de Noordzee past binnen de ecologische draagkracht van de Noordzee. Om ervoor te zorgen dat die centrale vraag beantwoord kan worden met de resultaten van MONS, zal een monitoring- en informatiestrategie (verder te noemen: een monitoringsstrategie) voor MONS ontwikkeld worden. Deze strategie zal gebruik maken van de voortzetting van bestaande programma's zoals het Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL) en eventuele andere (project)monitoringsprogramma's. Aanvullend op deze monitoring zullen ook nieuwe technieken ontwikkeld moeten worden, o.a. nieuwe sensoren en platforms of nieuwe data-analyse technieken. Dit is noodzakelijk om data efficiënter in te winnen, maar in een aantal gevallen ook omdat er geen andere technieken voorhanden zijn om bepaalde data in te winnen. Ook zal moeten worden gekeken naar het combineren van monitoringprogramma's.

De aanpak voor het opstellen van een MONS-monitoringsstrategie bestaat uit meerdere stappen. Gestart wordt met het opstellen van de bureaustudie, dit 'no regret' project (ID 135 deel 1). Het doel van deze bureaustudie is om als basis te dienen voor de 2^e fase: het met een brede deskstudie ('ID 135 deel 2') ontwikkelen van een monitoringsstrategie op basis van nieuwe technieken. Die strategie zal aanvullend of in combinatie worden uitgewerkt met reguliere monitoringsprogramma's. Het doel is te besparen op de kosten, op voorwaarde dat er tenminste een meerwaarde is bij het simultaan verzamelen van gegevens. Daarbij wordt ook gedacht aan welke ruimtelijke en temporele dekking nodig is, en welke nieuwe technieken (inclusief data-analyses) moeten worden ingezet.

Het opstellen van een MONS-monitoringsstrategie bestaat dus uit meerdere fases:

- Gestart wordt met het opstellen van de voorbereidende No-regret bureaustudie Innovatie in Monitoring (ID 135 deel 1), deze studie.
- De tweede studie is de brede studie, Innovatie in Monitoring Deskstudie monitoringsstrategie (ID 135 deel 2). Deze deskstudie wordt idealiter in 2022 opgestart.
- Op basis van de Deskstudie monitoringstrategie zal uiteindelijk een keuze moeten worden gemaakt welke nieuwe monitoringstechnieken extra nodig zijn voor MONS. Als deze nog verder onderzoek nodig hebben, dan worden ze in een apart traject jaarlijks getest en onderzocht in pilots of door middel van andere onderzoeksmethodieken, Innovatie in Monitoring Jaarlijkse testen en pilots van (reeds ontwikkelde) nieuwe technieken (ID 136).

Deze no-regret bureaustudie (ID 135 deel 1) geeft aan welke aspecten – en waarom – de brede deskstudie (ID 135 deel 2) in ieder geval moet gaan oppakken voor het opstellen van de meerjarige monitoringsstrategie. In deze no-regret bureaustudie zijn deze aspecten nader uitgewerkt:

- welke informatiebronnen zijn al beschikbaar?
- met welke organisaties, bedrijven en deskundigen zal moeten worden overlegd om aanvullende informatie te verkrijgen?
- wat kunnen de kosten zijn voor het opstellen van de monitoringstrategie, met welke MONS-projecten moet vooral worden samengewerkt bij de opstelling van de strategie, en
- wie kunnen potentiële gebruikers van de strategie zijn?

Bij het opstellen van deze bureaustudie wordt voortgeborduurd op het onderzoek van de MONS subgroep Monitoring en Innovatie dat het rapport "Innovaties in monitoring/combinaties van monitoring" heeft opgesteld dat als basis diende voor paragraaf 4.9 in het MONS Eindrapport (Asjes, 2021). Er zal ook worden afgestemd met de werkzaamheden die worden verricht in andere 'no regret' projecten waar de behoefte voor meerjarige monitoring worden opgesteld en eventuele witte vlekken in monitoring kunnen worden vastgesteld (nieuwe monitoringsbehoefte).

1.3 Leeswijzer

We beginnen dit rapport met het nader specificeren wat we bedoelen met monitoring en welke strategie en stappen nodig zijn om te komen tot een monitoringstrategie (hoofdstuk 2). Vervolgens geven we een overzicht van wat er al bekend is uit eerdere MONS-rapporten over de informatiebehoefte voor MONS (hoofdstuk 3). Het MONS monitoringprogramma wil aansluiten op bestaande monitoringsprogramma's, zodat er geen overlap ontstaat en alleen wordt gemeten wat nog ontbreekt om de vragen van MONS te beantwoorden. Hoofdstuk 4 geeft daarom een overzicht van bestaande monitoringprogramma's en waar meer informatie over deze programma's kan worden gevonden. Hierin worden ook ontwikkelingen genoemd die de bestaande monitoring naast MONS zouden kunnen veranderen en waar de MONS monitoringstrategie mee zou moeten afstemmen. Om te komen tot een informatieverzamelstrategie voor MONS is veel achtergrondinformatie nodig, waaronder informatie over de monitoringmethoden die zouden kunnen worden ingezet om in de informatiebehoefte te voorzien. In hoofdstuk 5 staat een overzicht van de veelbelovende innovatieve monitoringmethoden die in de verschillende no-regret MONS studies zijn genoemd. Tenslotte wordt in hoofdstuk 6 beschreven wat verder nog zou moeten gebeuren om tot een MONS monitoringstrategie te komen en hoeveel tijd en geld dat ongeveer zou kosten.

2 Monitoring cyclus

2.1 Inleiding

Voor deze bureaustudie is het belangrijk om de begrippen “monitoring” en “monitoringstrategie” goed te duiden. Het doel van MONS is om de vraag te beantwoorden hoe en of het veranderende gebruik van de Noordzee past binnen de ecologische draagkracht van de Noordzee. Het onderscheid en de gewenste interactie tussen meten, monitoren en modelleren (“TRIPLE-M”) is beschreven door verschillende onderzoekers van Nederlandse mariene kennisinstellingen in de positie paper “Systeembegrip ecosysteem Noordzee” (Herman et al., 2019). Met “meten” bedoelen we hypothese-gedreven veldonderzoek dat ons in staat stelt om een beter inzicht in cruciale processen te krijgen, en om daarmee modellen en hun formuleringen te verbeteren. De verkregen data vormt ook de basis voor het verbeteren van de data-inwinning in daaropvolgende monitoring. Met “monitoring” wordt bedoeld veldwaarnemingen die systematisch en langjarig worden herhaald als onderdeel van een gestructureerd programma. Met deze data kan de kennis worden ontwikkeld over de toestand van de Noordzee om daarmee inzicht te krijgen in hoe het systeem functioneert. “Modellen” zijn geformaliseerde wiskundige methoden om patronen in meet- en monitoringdata te verklaren en om voorspellingen te doen over het functioneren van het ecosysteem onder verschillende scenario's van veranderende externe omstandigheden.

2.2 Stappenplan monitoringstrategie

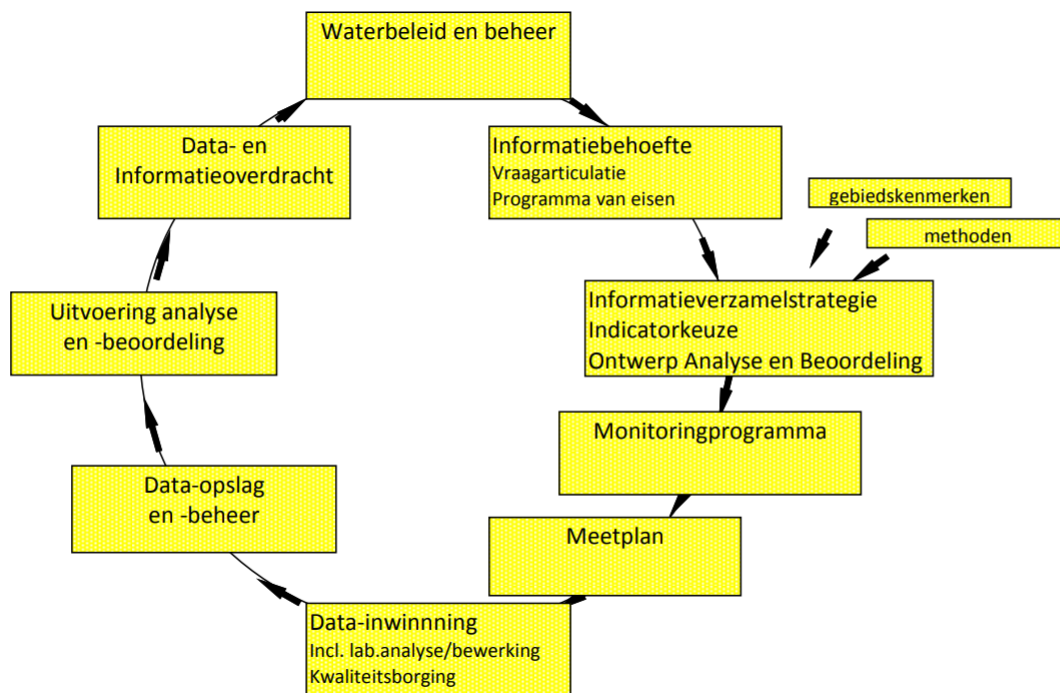
Monitoring is onderdeel van een informatiecycclus waarmee een informatiebehoefte kan worden beantwoord. Wij stellen voor om de monitoringcyclus (van Loon et al., 2016) toe te passen zoals die eerder door RWS en Deltares is gebruikt voor de uitwerking van een nieuwe monitoringstrategie voor eutrofiëring voor KRM (Blauw et al., 2020). Het toepassen van een gestructureerde aanpak volgens de monitoringcyclus is belangrijk om goed onderbouwde keuzes te maken en te waarborgen dat de monitoringresultaten geschikt zijn voor het doel waarvoor ze worden ingewonnen, op een betrouwbare en kostenefficiënte wijze.

Figuur 2-1 toont de stappen die worden onderscheiden in deze weergave van de monitoringcyclus. De volgende stappen worden onderscheiden:

1. Waterbeleid en beheer: in deze stap wordt de context beschreven waaruit de informatiebehoefte voor monitoring voortkomt. Dit levert op hoofdlijnen de vragen die met de monitoring moeten worden beantwoord. In het geval van MONS worden de vragen en informatiebehoeften op hoofdlijnen beschreven in het Noordzee Akkoord and het MONS rapport (Asjes et al., 2021).
2. Informatiebehoeften: in deze stap worden de vragen en informatiebehoeften en achterliggende vragen in meer detail uitgewerkt en vertaald naar SMART geformuleerde functionele eisen, zoals:
 - a. De variabelen waar informatie over nodig is
 - b. De ruimtelijke en temporele resolutie, de gebieden en perioden waarop de informatie nodig is om de vragen uit de stap ‘Waterbeleid en beheer’ te beantwoorden.
 - c. Met welke betrouwbaarheid je welke grootte van een verandering of trend wilt kunnen detecteren.
3. Informatieverzamelstrategie: in deze stap wordt de meest optimale combinatie van monitoringtechnieken en – platforms gekozen, zodat in de informatiebehoeften kan worden voldaan met de hoogste betrouwbaarheid en laagste kosten. Dit wordt

gedaan op basis van de vragen uit de vorige stap, het aanbod van monitoringtechnieken en -platforms en eigenschappen van het ecosysteem. Hier wordt ook nagedacht over indicatoren, ontwerp en beoordeling.

4. Monitoringprogramma: in deze stap worden de meetlocaties en frequenties bepaald voor de verschillende monitoringtechnieken en – platforms.
5. Meetplan: in deze stap wordt een gedetailleerd meetplan per jaar uitgewerkt, inclusief een planning van welke vaartochten, met welke meet- en onderhoudsactiviteiten, wanneer gaan plaatsvinden.
6. Data inwinning. Monsters die zijn verzameld moeten worden voorbereid en geanalyseerd in het laboratorium. Ruwe data van de sensoren en meetresultaten van de monsters moeten worden beoordeeld op kwaliteit. Hiervoor moeten procedures worden afgesproken en ingepland.
7. Data-opslag en -beheer: Data die zijn verzameld voor MONS zijn nodig voor een aantal MONS-onderzoeksprojecten en voor modelvalidatie. Het is daarvoor belangrijk dat de data ontsloten worden voor MONS-onderzoekers, volgens de FAIR-principes (findable, accessible, interoperable and Re-usable). Het is de bedoeling dat de meet- en monitoringdata die voor MONS worden ingezameld zo snel mogelijk worden gebruikt in onderzoeken. Dit is belangrijk voor de uitvoering van de onderzoeken maar ook als aanvullende kwaliteitscontrole op de data. Met name voor innovatieve monitoringtechnieken, waar nog weinig ervaring mee is opgedaan is het belangrijk om deze analyse snel te doen, zodat eventuele artefacten in de data door incorrect uitgevoerde of verstoorde metingen te detecteren. In dat geval kunnen de meetmethoden snel worden aangepast aan de nieuwe inzichten. Ook meta-data over de inwinningmethode, eventuele databewerkingen en resultaten van de kwaliteitsbeoordeling worden beschikbaar gemaakt voor gebruikers van de data. Er moeten afspraken worden gemaakt over de wijze van dataontsluiting buiten het MONS programma. Om de data vindbaar en bruikbaar te maken voor anderen zijn er verschillende Europese data portalen beschikbaar. Deze gebruiken hun eigen manieren om de data en meta-data op te slaan en te delen. Het opslaan van data in deze Europese (en wereldwijde) data-portalen vraagt dus extra inspanning.
8. Uitvoering analyse en beoordeling: In deze stap van de monitoringcyclus zouden de oorspronkelijke kennisvragen en informatiebehoefte uit stap 1 en 2 moeten worden beantwoord. In het geval van het MONS programma zullen de vragen voornamelijk worden beantwoord in de MONS-onderzoeksprojecten.
9. Het delen van onderzoeksresultaten uit het MONS onderzoeksprogramma zal in ieder geval plaatsvinden via rapportages aan het MONS programmabureau en peer-reviewed wetenschappelijke tijdschriften. Daarnaast kan er worden nagedacht over andere manieren om de onderzoeksresultaten sneller en meer interactief te delen binnen en buiten het MONS-programma, zoals MONS-conferenties. Dit kan gezien worden als onderdeel van de MONS-monitoringstrategie, maar dit kan ook elders binnen het MONS-programma worden belegd. Het snel en interactief delen van onderzoeksresultaten is ook van groot belang om mensen die verantwoordelijk zijn voor beleid en beheer van de Noordzee snel te laten reageren op ontwikkelingen in de Noordzee, volgens een Adaptief Management Cyclus.



Figuur 2-1: Schematische weergave van de stappen in de monitoringcyclus (van Loon et al., 2016)

2.3 Toepassing in MONS

In 2021 en begin 2022 zijn voor MONS een aantal zogenaamde ‘no regret’ projecten uitgevoerd waarin een begin is gemaakt met het uitwerken van onderdelen van de MONS monitoringstrategie. Het voorliggende rapport beschrijft hoe een integrale monitoringstrategie kan worden uitgewerkt op basis van wat er nu al bekend is. Hierbij is gebruikt gemaakt van het MONS rapport door Asjes et al., (2021), de rapporten van de no regret projecten (zie Tabel 2-1) en andere beschikbare informatie. Uit deze rapporten is een eerste inventarisatie gemaakt van wat al is geïdentificeerd aan informatiebehoeften (stap 2 uit de monitoringcyclus), en (innovatieve) methoden en hun mogelijke toepassing in de MONS informatieverzamelstrategie (stap 3 uit de monitoringcyclus) en resulterend monitoringprogramma (stap 4). Ook voor de overige stappen geven we een eerste aanzet van hoe die kunnen worden ingevuld en waar relevante informatie kan worden gevonden voor verdere uitwerking. Op basis van deze informatie kunnen in de vervolgstudie de stappen van de monitoringcyclus voldoende gedetailleerd worden doorlopen om een doelmatige monitoring voor MONS uit te werken. Dit geldt zeker ook voor de stappen 2 en 3 waarvoor in de bestaande studies slechts een eerste aanzet is gegeven.

De MONS monitoringstrategie staat niet op zichzelf. Ook voor andere informatiebehoeften zijn monitoringprogramma's actief of in ontwikkeling. Om kosten te besparen en synergie te bevorderen is het zinvol om zoveel mogelijk aan te sluiten bij andere initiatieven. We hebben daarom een witte vlekken analyse uitgevoerd om te zien welke informatiebehoeften al voldoende worden afgedekt door bestaande monitoringprogramma's en voor welke informatiebehoeften nog aanvullende metingen en monitoring nodig zijn. We benoemen ook welke ontwikkelingen en wijzigingen in monitoringprogramma's en -infrastructuur mogelijk relevant kunnen zijn om mee af te stemmen.

Tabel 2-1: Lijst van uitgevoerde no regretprojecten

ID nr.	Titel no-regret project
--------	-------------------------

4	Monitoringsplan primaire productie
6	Monitoringsplan abiotische processen
14	Monitoringsplan zoöplankton
23	Monitoringsplan kleine pelagische vis
46	Monitoringsplan benthische habitats rond windmolens
49	Monitoringsplan benthische habitats gesloten gebieden - deel 1: Meetplan video t.b.v. monitoring hard substraat gemeenschappen offshore windparken - deel 2: Dutch offshore wind farm hard substrate sampling
51	Bureaustudie natuurinclusief bouwen in windparken
55	Geschiktheidskaarten/habitatkaarten rifvormende soorten
60	Zee- en kustvogels: bureaustudie foerageren
62	Zee- en kustvogels: voorkomen en beschikbaarheid voedsel
74	Zee- en kustvogels: bureaustudie beschermde gebieden
97 en 98	Zeezoogdieren: telemetrieonderzoek gezenderde zeehonden
135 Deel 1	Bureaustudie Innovatieve monitoring
137	IHM MONS Plan van Aanpak Dataprotocol

3 MONS informatiebehoefte

In de volgende paragrafen worden de data- en informatiebehoefte en (voor zover dat mogelijk is) de monitoringsprogramma-eisen (welke variabelen gemeten moeten worden, in welk detail: welke temporele, ruimtelijke en verticale resolutie, etc.) per no-regret rapportage beschreven. Tevens wordt bepaald of de data- en informatiebehoefte kan worden beantwoord met bestaande techniek(en) of dat het een witte vlek betreft in de monitoring (nieuwe data- en informatiebehoefte).

Tenslotte, en waar bekend, zal per data- en informatiebehoefte de informatiebron(nen) worden gegeven waar huidige data verkregen kan worden.

Er is voor gekozen om een indeling te hanteren op basis van ecosysteemcategorieën. Deze is vergelijkbaar met de indeling zoals ook gebruikt in het MONS eindrapport (Asjes et al. 2021), behalve in het geval van de eerste twee categorieën: “Basis van het voedselweb” uit Asjes et al. is hier onderverdeeld in “Abiotisch systeem en waterkwaliteit” en “Primaire Productie en fytoplanktonsamenstelling”.

3.1 Abiotisch systeem en waterkwaliteit

Bestudeerde no-regret studie

Monitoringplan abiotiek MONS (ID 6). Versie 31 januari 2022. Anouk Blauw, Willem Stolte, Sharon Tatman. Deltares

Data- en informatiebehoefte

In no-regret studie ID 6 is een strategische verkenning uitgevoerd van de noodzaak en opties voor een monitoringplan voor abiotische variabelen in de Noordzee. In deze verkenning staan de volgende kennisvragen centraal:

Welke ontwikkelingen in de hydrodynamiek zijn van belang in een veranderende Noordzee?

Hoe ontwikkelt de nutriëntenhuishouding (C, N, P en Si) zich in de verschillende hydrodynamische regimes van de Noordzee onder invloed van klimaatverandering en de energie- en voedseltransities?

De studie ID 6 behandelt alle variabelen waarvan we verwachten dat ze kunnen veranderen als gevolg van drie transitieën en die niet biologisch van aard zijn, dus: meteorologische, fysische en chemische variabelen. Uit het onderzoek komen de volgende groepen van relevante abiotische variabelen naar voren die in veel van de te verwachten effecten een belangrijke rol spelen:

- Meteorologische variabelen (wind, zon, luchttemperatuur etc.)
- Hydrodynamiek (watertemperatuur, saliniteit, golven, stroming etc.)
- Slib
- Licht
- Waterkwaliteit (nutriënten, zuurstof, pH etc.).
- Onderwatergeluid

Er zijn veel verschillende manieren om deze variabelen te meten. Voor de uitwerking van een monitoringplan moeten de variabelen in meer detail worden omschreven: tot de deelvariabelen die uiteindelijk echt gemeten kunnen worden en kunnen worden verwerkt in data-analyses en modelvalidaties. Tabel 2.2 in het rapport ID 6 geeft het overzicht van de relevante variabelen om te monitoren gedurende MONS. Ook wordt ingegaan op de

benodigde ruimtelijke en temporele resolutie om MONS kennisvragen te beantwoorden, op basis van de te verwachten tijd- en ruimteschalen van mogelijke veranderingen in het ecosysteem. Er wordt aanbevolen om te meten in gebieden waar we de grootste en de minste effecten van de transities verwachten, waar de effecten het makkelijkst kunnen worden geïnterpreteerd en waar we kunnen aansluiten op bestaande meetlocaties in verband met de continuïteit met historische tijdsreeksen en aansluiting op andere nieuwe monitoringsprogramma's (binnen of buiten MONS).

Om de grootste effecten van de transities te achterhalen wordt aanbevolen te monitoren in de kusttrivier, Oestergronden en de Duitse Bocht. Op de vraag met betrekking tot de ruimtelijke resolutie, is geconcludeerd dat veel van de te verwachten effecten betrekking hebben op verticale menging. Veel van de metingen die nu beschikbaar zijn, geven alleen de situatie bij het wateroppervlak weer. Om de te verwachten effecten goed te kunnen monitoren en veranderingen te detecteren en te duiden zouden vooral data over verticale profielen nodig zijn, zoals bijvoorbeeld CTD profielen. Om de effecten van windparken te onderscheiden van effecten door maricultuur en natuurherstel moeten ook effecten buiten de windparken en natuurherstellocaties worden gemeten. Dit zou vragen om monitoring op een redelijk groot aantal locaties, waar verschillende combinaties van effecten van windparken, natuurherstel en maricultuur voorkomen en overige omstandigheden vergelijkbaar zijn. Dit is een uitdaging en kan worden opgelost door gerichte onderzoeksmetingen en/ of te combineren met satellietdata in plaats van monitoring op een groot aantal vaste meetlocaties.

ID 6 stelt voor om een aantal van de huidige monitoringsprogramma's uit te breiden, zoals het meten van variabelen op een verticaal profiel (temperatuur, saliniteit, troebelheid, etc), het inrichten van een aantal vaste meetlocaties om over meerdere jaren semi-continu te meten, en het meten langs vaste scheepsroutes met continue metende sensoren. Er zijn tevens data die wel worden gemeten maar (nog) niet beschikbaar worden gesteld voor onderzoek, o.a. CTD-profielen van abiotische variabelen die door de dienst hydrografie worden gemeten. Zie voor meer detail Hoofdstuk 2 en 5 van het rapport van ID 6.

Er is één data- en informatiebehoefte waar geen bruikbare monitoringsmethoden voor beschikbaar zijn, maar die al wel geïdentificeerd is als essentieel binnen MONS: turbulentie en verticale menging zijn cruciale processen om effecten van windparken te begrijpen maar op dit moment zijn er nog geen bruikbare methoden om deze routinematig te meten.

De witte vlekken kunnen nog uitbreiden gedurende de looptijd van het MONS programma. Mogelijk worden tijdens de onderzoeken in het MONS-programma meer abiotische variabelen geïdentificeerd waarvoor behoefte is aan meer routinematige monitoringdata om ontwikkelingen in het Noordzee-ecosysteem te kunnen volgen. Variabelen waarvan het belang en/ of de mogelijkheden om ze te meten nog onbekend zijn, zijn bijvoorbeeld: bodemwateruitwisseling van nutriënten en veranderingen in bodemstructuren (zandgolven, biogene riffen etc.).

Informatiebron(nen)

Informatiebronnen voor actuele abiotische monitoringdata die nu al beschikbaar zijn staan in detail beschreven in paragraaf 2.4 van ID 6:

- [https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens Noordzee](https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/uurgegevens_Noordzee) (meteorologische data)
- Landelijk Meetnet Water (LMW) en Monitoring Waterstaatkundige Toestand des Lands (MWTL): <https://waterinfo.rws.nl> (meteorologische, abiotische en waterkwaliteitsdata)
- Ferrybox metingen langs vaarroutes van Cuxhaven (Duitsland) naar Immingham (Engeland) en de vaarroutes van Immingham naar Zeebrugge (België) en van

Zeebrugge naar Moss en Halden (Noorwegen). Langs deze trajecten zijn abiotische en waterkwaliteitsdata beschikbaar sinds respectievelijk 2006 en 2008 maar met significante gaten in de datasets. (<http://ferrydata.hzg.de/index.cgi?seite=start>). Er komen naar verwachting vanaf 2022 ook Ferryboxdata beschikbaar van een nieuw traject wat van Rotterdam naar Noorwegen en via Immingham (UK) weer terug in Rotterdam komt.

- Satellietdata en -producten van o.a. Sentinel-2 (alleen beschikbaar in de nabije kustzone) en Sentinel-3 voor waterkwaliteit-, chlorofyl a en slibconcentratiedata. Binnenkort komt een voor de Nederlandse Noordzee geoptimaliseerd satellietproduct voor chlorofyl a beschikbaar gebaseerd op Sentinel-3. (<https://resources.marine.copernicus.eu/products>)

3.2 Primaire productie en fytoplanktensamenstelling

Bestudeerde no-regret studie

Monitoringsplan voor Meerjarige monitoring fytoplanktensamenstelling en primaire productie (ID 4). Versie 1 december 2021. Dick van Oevelen, Karline Soetaert, Louis Peperzak, Anouk Blauw, Willem Stolte, Nicole Dijkman, Machtelt Rijkeboer.

Data- en informatiebehoefte

In het no-regret rapport ID 4 worden voorstellen gedaan voor het monitoren van pelagische en bethische primaire productie. Primaire productie is het vastleggen van anorganische nutriënten in levende materie door algen. In het rapport staat de kennisvraag centraal:

Wat zijn de verwachte regionale en temporele trends in fytoplankton samenstelling en primaire productie in een veranderende Noordzee?

Primaire productie en fytoplanktensamenstelling worden niet routinematig gemeten in de Noordzee. De focus van huidige monitoringsprogramma's, wat betreft de nutriëntenhuishouding, is gericht op het meten van de nutriëntconcentraties en chlorofyl a in de waterkolom en niet op het proces van primaire productie zelf. Gericht procesmatig onderzoek ter ondersteuning van modellen gebeurt ook weinig. Dit beperkt ons inzicht in de impact van huidige en toekomstige veranderingen in de Noordzee. Het is duidelijk dat er een kennisbehoefte is vanuit MONS naar de temporele en ruimtelijke trends in de fytoplanktensamenstelling en primaire productie van de Noordzee in relatie tot de drie transities, maar met name bij de aanleg van windparken en gebruik van delen van de zee voor zeevierkweek. Bovendien is de verwachting dat klimaatverandering de primaire productie van het Noordzeesysteem sterk kan gaan beïnvloeden.

Bestaande fytoplankton monitoringsdata is slechts geschikt voor schattingen van totale biomassa op basis van pigmentconcentratie. Deze monitoring wordt uitgevoerd binnen het MWTL-monitoringsprogramma. Pelagische primaire productie, met uitzondering van monitoring bij het NIOZ in het Marsdiep, wordt alleen op projectmatige basis gemeten. Kennis over de bentische primaire productie ontbreekt volledig voor de Noordzee. We kunnen daarmee concluderen dat er onvoldoende monitoringsgegevens voorhanden zijn en verzameld worden om in de data- en informatiebehoefte van MONS te voorzien. De huidige MWTL-monitoring wordt door RWS met name gebruikt om de eutrofiëringstatus te bepalen in het kader van OSPAR en de Europese Kaderrichtlijn Mariene Strategie (KRM). Om metingen van de chlorofyl-a concentratie en daarmee eutrofiëring coherent te beoordelen binnen Europa, zijn er plannen om de MWTL-meetstrategie mogelijk in de nabije toekomst aan te passen. Dit kan gevolgen hebben voor de huidige MWTL-monitoring aangezien de reguliere metingen op zee grotendeels vervangen worden door een combinatie van Ferryboxen, satellietbeeld analyse en zogenaamde match-up monsternames ter validatie van de satellietbeelden (Blauw et al. 2020). Dit nieuwe programma is echter specifiek gericht op

bepaling van de chlorofyl-a concentratie en is daarmee mogelijk onvoldoende voor de bredere data- en informatiebehoefte t.a.v. draagkracht vanuit MONS.

Er is behoefte aan ruimtelijk dekkende data van fytoplanktensamenstelling en pelagische primaire productie. Bovendien wordt ook aanbevolen om hoge-temporele resolutie data te monitoren. Daarvoor is voorgesteld om twee vaste monitoringsstations in te richten voor hoge tijdsresolutie monitoring van de fytoplanktensamenstelling en primaire productie. Beschikbare methoden voor automatische detectie van algen met flow-through sensoren kunnen niet de fytoplanktensamenstelling op soortsniveau bepalen, zoals dat tot een paar jaar geleden gebeurde met alle MWTL-monsters in het lab, onder de microscoop. Wel kunnen algengroepen worden onderscheiden en de grootteverdeling van de algen. Ook kunnen fotos van individuele algen worden gemaakt op basis waarvan, voor de grotere algen, een nadere bepaling van het type algen kan worden gemaakt. Er is in deze no-regret studie van uitgegaan dat de informatiebehoefte voor fytoplanktensamenstelling voornamelijk betrekking heeft op het ecosysteemfunctioneren en niet op trends in individuele algensoorten. Hiervoor zouden meetdata op het niveau van algengroepen en hun grootteverdeling voldoende zijn.

De metingen van primaire productie zouden moeten samengaan met licht- en turbiditeitsmetingen in de hele waterkolom, omdat deze data essentieel zijn voor het bepalen van de diepte-geïntegreerde primaire productie. De bentische primaire productie in de Noordzee is geheel onbekend en daarom wordt er expliciet om gerichte campagnes gevraagd in met name de ondiepere en/of heldere gedeeltes van de Noordzee. Zie voor meer details het rapport ID 4, Hoofdstuk 5 t/m 9.

Aanvullingen op het MWTL-programma ten behoeve van fytoplanktensamenstelling en primaire productie die worden voorgesteld zijn:

- Ferrybox monitoring met, naast sensoren voor temperatuur, saliniteit, zuurstof, turbiditeit en fluorescentie, ook sensoren voor fotosynthese-licht (PI)-curves door gebruik van een FRRF (*beschreven als innovatieve methodiek in paragraaf 5.1.4 Primaire productie sensor*) voor pelagische primaire productie en een flow cytometer voor fytoplanktensamenstelling (van bv. Cytosense, *beschreven als innovatieve methodiek in paragraaf 5.1.1*. De combinatie van FRRF en Cytosense wordt door RWS ook al toegepast in andere watersystemen, zoals het Markermeer. We stellen voor om aan te sluiten bij deze methodiek-ontwikkeling.
- voor iedere monsternamen eerst een verticaal profiel te nemen van temperatuur, saliniteit, turbiditeit, fluorescentie, zuurstof, pH, opgelost anorganisch koolstof en PAR en spectraal lichtklimaat. Hiermee krijgen we ook informatie over de verticale verdeling van de algen en het lichtklimaat onderwater, wat belangrijk is om de primaire productie over de waterkolom te integreren. *Deze methodiek is niet beschreven als innovatieve techniek. Het innovatieve bestaat eruit dat deze gegevens gestandaardiseerd, bewaard en ontsloten worden.*
- Uitbreiding van de pigmentsamenstelling in MWTL-monsters naar het volledige spectrum aan pigmenten in plaats van alleen chlorofyl-a/b en feofytine-a/b. *Hier gaat het ook niet om een innovatieve techniek. Aangezien chlorofyl-a en feofytine nu al met HPLC wordt gemeten is dit een uitbreiding van een bestaande techniek.*
- Al deze metingen gecombineerd met continue logging van GPS-coördinaten.

Om de ruimtelijke resolutie van monitoringdata te verhogen wordt in ID 4 ook aanbevolen om data van twee aanvullende platforms te gebruiken: satellietdata (Sentinel-3), *beschreven als innovatieve techniek in paragraaf 5.5.1 Aardobservatie*, en Ferrybox-data langs een ander transect en met een hogere resolutie dan de MWTL-transecten, *beschreven als innovatieve techniek in paragraaf 5.4.2 Ships of opportunity*.

Voor het monitoren van benthische primaire productie moeten lichtprofielen in water (bij voorkeur met lichtspectra) van wateroppervlak tot de bodem, in combinatie met nutriëntprofielen, worden uitgevoerd. Voor meer details, zie Hoofdstuk 9 in ID 4.

Informatiebron(nen)

Tabel 2 in het no-regret rapport ID 4 geeft het overzicht van bestaande metingen op de Noordzee aan fytoplankton en primaire productie. Dit betreft vooral MWTL-monitoring en projectmetingen door het NIOZ bij de jetty in het Marsdiep.

3.3 Zoöplankton

Bestudeerde no-regret studie

Voorstel voor monitoring van zoöplankton in de Noordzee (ID 14). Versie 1 december 2021. Robert G. Jak, Lodewijk van Walraven, Dick van Oevelen.

Data- en informatiebehoefte

In het no-regret rapport ID 14 is een conceptplan voor monitoring en ondersteunend onderzoek voor zoöplankton in het Nederlandse deel van de Noordzee opgesteld.

De centrale kennisvragen voor ID 14 zijn:

- *Wat is de samenstelling en verspreiding van zoöplankton in ruimte en tijd?*
- *Wat zijn de trends (jaren en tientallen jaren) (in samenstelling en verspreiding van zoöplankton in ruimte en tijd) en wat zijn de effecten van nieuw gebruik?*

Het zoöplankton in de Noordzee bestaat vooral uit kleine copepoden (tot ca. 3 mm), kwalachtigen en larven van bodemdieren. Het functioneren van zoöplankton is van doorslaggevend belang voor de doorgifte van de primaire productie (fytoplankton) naar de hogere trofische niveaus in en boven de waterkolom (kleine vis, grotere vissoorten, zeezoogdieren, visetende vogels). Voor de huidige ecosysteemkennis en -modellen is echter onvoldoende empirische informatie voorhanden om de rol van zoöplankton te kwantificeren en voorspellingen te doen van de consequenties van verschuivingen die op kunnen treden door veranderingen in het gebruik van de Noordzee, de nutriëntenhuishouding en het klimaat.

Uit onderzoek in ID 14 en eerdere studies is geconcludeerd dat er over ecologische aspecten kennisleemtes bestaan, o.a. over de verspreiding en lange-termijn trends van het zoöplankton, seizoensvariaties in verschillende delen van de Noordzee, problemen bij het vergelijken van zoöplankton gegevens vanwege de grote verscheidenheid aan meetapparatuur. Geconstateerde kennisleemtes, en bijbehorende data- en informatiebehoefte, bestaan uit:

- een gebrek aan kwantificering van de samenstelling/ biomassa,
- de verspreiding en seizoensdynamiek,
- de rol in het voedselweb,
- de gevoeligheid van soorten voor veranderingen in gebruik van de Noordzee en klimaatverandering,
- het belang van de veranderingen in algensoorten en hun biogeochemische samenstelling als voedselbron voor zoöplankton,
- de verspreiding en trofische rol van kwalachtigen in het pelagisch voedselweb.

Om deze kennisleemtes in te vullen wordt, na analyse van beschikbare kennis, data en monitoringstechnieken, voorgesteld om in het eerste jaar met een aantal gerichte pilotvaartochten – en studies nog openstaande vragen te beantwoorden. Er zijn verschillende innovatieve technieken beschikbaar, waarvan nog niet op voorhand duidelijk is hoe geschikt die zijn voor toepassing in de Nederlandse situatie. Met pilotvaartochten, in samenwerking

met MONS monitoring voor kleine vis, kunnen deze technieken in de Nederlandse praktijk worden uitgetoet. Andere openstaande vragen zijn bijvoorbeeld nog de bepaling van interessante gebieden en benodigde monitoringfrequentie aan de hand van analyse van literatuur, buitenlandse experts en analyse van bestaande (o.a. CPR data). Daarnaast is het nodig om referentiegegevens te verzamelen voor: 1) een lijst met (potentiële) soorten, 2) DNA metabarcoding en 3) imaging. Op basis van de resultaten van deze experimenten kan dan een definitieve keuze worden gemaakt voor de uitvoering van een monitoringprogramma in de daarop volgende jaren,

Voor zoöplankton is de aanwezigheid van benthische organismen op windturbines en andere harde structuren van belang aangezien zoöplankton een voedselbron is voor filtrerende benthische organismen. Om deze relaties in kaart te brengen is er behoefte aan informatie over het voedingstype (bv. passieve filter feeder, actieve filter feeder, deposit feeder) en de voedselvoorkeuren van de benthische soorten op hard substraat.

3.4 Vis

Bestudeerde no-regret studie

MONS monitoring plan small pelagic fish. Food for higher trophic levels (ID 23). Versie 1 december 2021. Bram Couperus, Ralf van Hal, Isabelle van der Ouderaa, Joey Volwater.

Data- en informatiebehoefte

In het no-regret rapport ID 23 is een conceptplan voor monitoring en ondersteunend onderzoek voor pelagische vis in het Nederlandse deel van de Noordzee opgesteld.

De centrale kennisvraag voor ID 23 zijn:

Wat is de verspreiding van kleine pelagische vis in het NCP, en hoe varieert dit per seizoen en jaar?

Hoe kunnen deze geografische en temporele verspreidingen worden verklaard door wat er bekend is over de gedrags- en habitatkenmerken van de desbetreffende soorten?

De beantwoording van deze vragen in MONS kan bijdragen aan het inzicht hoeveel voedsel pelagische vis doorgeeft aan hogere trofische niveaus en hoe deze voedselbeschikbaarheid varieert in de tijd. Additionele data- en informatievragen uit ID 23 zijn:

- Hoe zijn de migratie patronen van niet-commerciele vissoorten?
- Wat is de seizoensdynamiek in voorkomen en gedrag (bijv. paaien, foerageren) van niet-commerciele vissoorten?

Een andere kennislacune met betrekking tot pelagische vissen is dat er beperkte kennis is over sommige soorten die momenteel minder algemeen voorkomen in de Noordzee, maar die veel voorkomen in het zuidelijke grensgebied: het Kanaal en de Golf van Biskaje. Dit zijn sardines, ansjovis en zeebaars, soorten die als gevolg van klimaatverandering de komende jaren waarschijnlijk zullen toenemen in de Noordzee. Het monitoren van deze opkomst en fluctuaties is een kennislacune, temeer omdat hun opkomst waarschijnlijk van invloed zal zijn op het voorkomen van huidige dominante pelagische soorten zoals haring en sprat.

Tenslotte, sommige vis modellen hebben informatie nodig over de relatie tussen vissoorten en hard substraat, o.a. om inzicht te krijgen in de verblijftijden van vissoorten in windparken.

Voor alle vragen is informatie nodig over: hoeveel vissen zijn aanwezig (aantallen en biomassa), welke vissoorten betreft het, waar zitten ze (locaties) en wanneer (welke seizoenen). Voor de bovengenoemde vragen moeten deze basale vragen worden beantwoord. In het rapport ID 23 wordt een gedetailleerd overzicht gegeven van de huidige en voorgestelde benodigde monitoring. Deze omvat 2 hydro-akoestische surveys per jaar, die worden gecombineerd met bestaande surveys voor commerciële vissoorten: de IBTS in januari/ februari voor bodemvissen en de HERAS survey naar spot en haring in juni. Daarnaast worden hydro-akoestische metingen op vaste locaties voorgesteld om de temporele resolutie van de huidige monitoringprogramma's te verbeteren. Innovatieve monitoringstechnieken worden in het rapport voorgesteld, vooral voor het verkrijgen van genetische informatie om bijv. groeicurves te bepalen met behulp van RNA-DNA ratio technieken.

Informatiebron(nen)

Voor een overzicht van de informatiebronnen van de bestaande monitoring van pelagische vis wordt verwezen naar het gedetailleerde overzicht in Hoofdstuk 2 van ID 23 waar een overzicht wordt gegeven van de huidige ICES monitoring en eerdere projectmonitoring (bv. monitoring bij aanleg van nieuwe windparken zoals OWEZ, Windpark Egmond aan Zee).

3.5 Benthische habitats rondom windparken

Bestudeerde no-regret studie

Meetplan video ten behoeve van monitoring hard substraat gemeenschappen offshore windparken (ID 46 deel 1). Concept eindrapport Januari 2022. Sander Wijnhoven, Joop Coolen & Sander Glorius

Dutch offshore wind farm hard substrate sampling. Work plan towards the establishment of an offshore wind hard substrate sampling & monitoring programme in the Netherlands (ID 46 deel 2). Versie 1 december 2021. Joop Coolen, Sander Wijnhoven, Ninon Mavraki.

Data- en informatiebehoefte

In de afgelopen jaren zijn diverse windmolenparken aangelegd en deze trend zal verder doorzetten in de komende jaren. Als gevolg hiervan wordt er in hoog tempo hard substraat aangebracht op de bodem van de Noordzee. Het inzicht in wat de effecten zijn van de

grootschalige aanbreng van hard substraat is tot op heden onvoldoende bekend. Het voorgestelde meetplan dat onderdeel is van deze no-regret studie moet hier meer inzicht in geven.

De centrale kennisvraag voor monitoring die in deze studie wordt genoemd is:
Welke inheemse en niet-inheemse soorten zullen op de lange termijn op het hard substraat in windmolenparken voorkomen en hoe ziet de lokale successie er uit?

Bijkomende doelstellingen van monitoring zijn het verkrijgen van inzicht in:

- De factoren op kleine schaal (binnen het windpark) en grote schaal (connectiviteit van windparken) die een rol spelen bij het voorkomen van soorten en de ontwikkeling van levensgemeenschappen;
- De betekenis van het harde substraat en de windparkgerelateerde levensgemeenschappen voor de ontwikkeling van levensgemeenschappen elders in de (Nederlandse) Noordzee;
- De betekenis van levensgemeenschappen voor het voedselweb en ecologische processen in het algemeen;
- Hoe het specifieke ontwerp van windmolenparken kan bijdragen aan de vestiging en ontwikkeling van gemeenschappen met specifieke waarden ten aanzien van natuurcompensatie en hoe om te gaan met de ontmanteling van windmolenparken.

De informatievraag die hieraan gekoppeld is, is een kwantificering van hard-substraatgemeenschappen op de pijlers en andere harde structuren van offshore windparken. Hiervoor wordt het gebruiken van video in combinatie met een ROV om de voorgesteld. Hiermee is door RWS en WMR al ervaring opgedaan op de Klaverbank. Deze ervaringen kunnen worden meegenomen in de monitoring voor MONS. Het voorstel is om te monitoren in ten minste 7 windparken die verschillen in leeftijd en karakteristieken. Per park zou er op 10 locaties gemeten moeten worden.

Een belangrijke witte vlek in het kader van het monitoren van hard substraat in windmolenparken heeft te maken met dat er niet veel ervaring is met het maken van videobeelden met een ROV in het hoge intertidaal. Hiervoor moet eerst getest worden.

Informatiebron(nen)

Er worden geen specifieke informatiebronnen genoemd die ten grondslag liggen aan deze studie. De belangrijkste focus van de studie is het vergaren van nieuwe data die tot op heden niet beschikbaar is.

3.6 Benthische habitats gesloten gebieden

Bestudeerde no-regret studie

Overzicht statistische analyses ten behoeve van monitoringsplan benthische habitats gesloten gebieden: MONS-project ID49 (Monitoringsplan benthische habitats gesloten gebieden – product 1 van 2). Ecoauthor. S. Wijnhoven. Voorlopig concept, november 2021.

Data- en informatiebehoefte

De centrale kennisvraag vanuit MONS voor dit rapport luidt: Wat zijn de effecten van bodemberoering en wat is de effectiviteit van uitsluiting van bodemberoerende activiteiten voor de benthische gemeenschap?

In het eerste gedeelte van het rapport geeft de auteur een overzicht van de uitgevoerde statistische analyses volgens een aantal scenario's. Het tweede product zal ook een

daadwerkelijk meetplan omvatten. De uitkomsten van deze studie en het antwoord op de kennisvraag kan beleidsmakers helpen in het maken van de meest impactvolle keuzes wanneer het aan komt op het sluiten van gebieden voor bodemberoerende activiteiten.

De informatiebehoefte vanuit het rapport heeft met name betrekking op het intensiveren van het aantal monsters en de frequentie in specifieke gebieden. Momenteel zijn er onvoldoende metingen in de tijd om de juiste analyses uit te voeren voor het volgen van benthische gemeenschappen in gesloten gebieden. Daarnaast speelt ook de relatief grove resolutie van de metingen een rol (beperkt aantal meetpunten op een relatief grote schaal). Voor het intensiveren van de benthische monitoring zullen praktische en kostenefficiënte oplossingen moeten worden gezocht voor de inzet en beschikbaarheid van geschikte meetschepen.

Informatiebron(nen)

Het rapport geeft geen overzicht van bestaande monitoringsbronnen, maar verschillende relevante parameters worden wel gemeten in het kader van de KRM, WOT en Natura 2000. Daarnaast wordt er momenteel ook gebruik gemaakt van de Benthische Indicator Soorten Index (BISI).

3.7 Natuurinclusief bouwen van windparken

ID 51

Bestudeerde no-regret studie

Natuurinclusief bouwen van windparken; Bureau studie MONS project 51, concept versie december 2021, De Rijke Noordzee programma.

Data- en informatiebehoefte

In het rapport wordt ingegaan op de toenemende behoefte van monitoring zowel in als buiten windparken. Er wordt geconstateerd dat er op het moment te weinig bekend is en dat de variabiliteit van vooral de benthische systemen groot is door de grote spreiding in ligging van de toekomstige windparken, van dicht bij de kust tot verder offshore en bij grote waterdieptes. Tenslotte wordt genoemd dat ook de natuurversterkende maatregelen zelf gemonitord dienen te worden en dat alle monitoringsgegevens gedeeld dienen te worden.

In hoofdstuk 3.4 *Kennishiaten* wordt ingegaan op de nu ontbrekende kennis. In hoofdstuk 4.2 Aanbevelingen (4.2.1 Monitoring en onderzoek) wordt kort ingegaan op de rol van monitoring.

Er wordt niet verder in detail ingegaan hoe deze monitoring er uit zou moeten zien, maar het ligt voor de hand dat deze in de andere MONS no-regret projecten aan bod komt.

3.8 Zee- en Kustvogels

ID 60, 62, 74

Bestudeerde no-regret studie

Carrying capacity of the southern North Sea for seabirds: a review of data requirements and availability - Plan of Action for MONS desktop study. Bureau Waardenburg. T.M. van der Have, A. Potiek, R.C. Fijn. Concept versie 1 december 2021

Data- en informatiebehoefte

In het rapport wordt uiteengezet welke kennis nodig is, en welke stappen nodig zijn om die kennis te vergaren (plan of action) om een inschatting te maken van de carrying capacity van de zuidelijke Noordzee voor zeevogels. Er worden een aantal kennisleemtes gepresenteerd:

- Voor sommige soorten is meer informatie nodig omtrent het dieet.
- GPS data is niet voor alle soorten aanwezig. Dit is nodig om specifiek de fourageergebieden van vogels in kaart te brengen.
- Er is niet genoeg informatie over broedkolonies en waar vogels die op zee gezien worden broeden. Ook hiervoor is meer GPS data nodig.
- Er is te weinig informatie over niet-commerciële vissoorten, en over vissen op plekken die niet voor commerciële visserij interessant zijn. Dit geldt zowel voor prooi- als predatorvis.

Er wordt voorgesteld om de volgende informatie in te winnen:

- Met betrekking tot beschikbaarheid van prooi
 - Analyse belangrijkste prooi per soort, uit literatuur en dieetstudies
 - Verspreidingskaarten. Hoe zijn prooi-soorten, hun predatoren en commerciële visserij verdeeld over ruimte en tijd.
 - Ruimtelijke analyse van voedselbeschikbaarheid. Behalve dichtheden moeten calorische waarden van prooivis inzicht geven in de verspreiding van beschikbare energie.
 - Een voedselweb relationeel model moet worden opgesteld.
 - Tijdserie analyses van bovengenoemde factoren.
 - GIS analyse om ruimtelijke variatie vast te stellen voor verschillende factoren.
 - Populatie-trends vaststellen van prooi-soorten.
- Met betrekking tot locaties van belangrijke foerageergebieden:
 - Verspreidingskaarten van vogels. Hier moeten, naast tellingen, ook GPS tracking gegevens verwerkt worden.
 - Variatie in verspreiding tussen seizoenen
 - Broedlocaties van vogels
 - Trend in aantallen en broedsucces in kolonies
- Met betrekking tot drukfactoren
 - Wat is het effect van klimaatverandering, visserij, offshore windparken, en andere factoren op de foerageergeschiktheid van gebieden, prooidichtheid en/of vangbaarheid? Hoe wordt de verspreiding van soorten beïnvloed?
 -

Informatiebron(nen)

De informatiebronnen die ten grondslag liggen aan deze studie worden niet nader genoemd. Wel wordt een indruk gegeven van de kwaliteit en beschikbaarheid van de verschillende gegevenssoorten (Tabel 3-1).

Tabel 3-1: Beschikbaarheid gegevens voor bepaling van draagkracht voor zeevogels in de zuidelijke Noordzee (uit bovengenoemd rapport, paragraaf 5.1)

Type	Indicatie van gegevensbeschikbaarheid
Abiotische factoren	Goed
Biotische factoren	Redelijk tot goed
Voedselbeschikbaarheid	Redelijk
Prooivissen	onvoldoende (alleen commerciële vissoorten)
Predatorvissen(concurrenten)	onvoldoende (alleen commerciële vissoorten)
Schelpdieren	Goed
Voedselbehoefte zeevogels	Redelijk tot goed

4 Monitoring buiten MONS kader

4.1 Bestaande Nederlandse monitoring

4.1.1 Bestaande monitoring NCP

De monitoring op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) komt voort uit verschillende doelstellingen. Er is de noodzakelijke monitoring conform Europese afspraken zoals in het geval van Europese Richtlijnen. De monitoringprogramma's MWTL en WOT leveren de meeste data die nodig zijn voor de Kaderrichtlijn Marien (KRM), Kaderrichtlijn Water (KRW voor de kustzone) en OSPAR. Sinds 2012 is het grootste deel van deze data toegankelijk via de open data viewer van Informatiehuis Marien (IHM), waterinfo.nl, waterinfo-extra.nl en de Servicedesk Data van RWS. Dit platform geeft ook een goed overzicht van beschikbare mariene data, informatie en onderzoeksgegevens op het NCP voor alle geïnteresseerden. IHM houdt voor het ontsluiten van deze informatie twee viewers in de lucht:

- De Monitoringsagenda – Deze geoviewer geeft aan voor elk jaar waar en wat er gemeten wordt (<https://www.informatiehuismarien.nl/producten/monitoringsagenda/>)
- De Open Data Viewer – Deze geoviewer geeft per dataset weer op welke locaties gemeten is. In deze viewer kunnen gegevens worden gedownload. (<https://www.informatiehuismarien.nl/open-data-viewer/>)

Naast de bovengenoemde Europese en wettelijke kaders wordt er ook op verschillende schalen informatie verzamelt in diverse projecten. Deze projecten kunnen zich focussen op een relatief beperkte geografische schaal, zoals de Zandmotor, maar ook een grote focusgebied hebben, zoals bijvoorbeeld het WOZEP. Een overzicht van projecten die een monitoringscomponent hebben is weergegeven in Bijlage B van dit rapport. Een deel van deze projectdata is ook beschikbaar via dezelfde kanalen als de reguliere MWTL monitoringdata.

4.1.2 Nieuwe ontwikkelingen NCP

Er zijn verschillende ontwikkelingen die van belang kunnen zijn voor de Nederlandse monitoring buiten het MONS programma. Dit is van belang voor de MONS monitoringstrategie omdat deze is gedefinieerd aanvullend op wat al buiten het MONS programma aan monitoring wordt gedaan.

Werkgroep 'Digitale Noordzee'

Het KNMI maakt voor monitoring van meteorologie op de Noordzee veel gebruik van olieplatforms. Het voordeel van olieplatforms is stroomvoorziening en de aanwezigheid van personeel voor eventuele onderhoudswerkzaamheden. Een aantal olieplatforms wordt op korte termijn buiten gebruik gesteld en opgeruimd. Hierdoor dreigt de informatievoorziening voor weervoorspellingen (en waterstandsvoorspellingen) in gevaar te komen. De werkgroep 'Digitale Noordzee' zoekt daarom in opdracht van IDON naar alternatieven voor dit type monitoringplatform. Zij borduren in hun werk voort op ontwikkelingen bij het Offshore Expertise Centrum van de CIV, waarin monitoring met sensoren op platforms binnen toekomstige offshore windparken wordt voorbereid.

Herevaluatie MWTL-programma

Voor de monitoring van eutrofiering voor KRM en OSPAR binnen het MWTL-programma is een aangepaste monitoringstrategie uitgewerkt, waarbij meer gebruik wordt gemaakt van satellietdata en Ferryboxdata. Hierdoor zou 2-wekelijkse tot maandelijks MWTL-monitoring van chlorofyl-a niet meer strikt noodzakelijk zijn. Er wordt binnen RWS gekeken of in de

nabije toekomst het aantal locaties en de meetfrequentie van de MWTL-vaartroutes kan worden beperkt en wat de consequenties daarvan zouden zijn voor andere informatiebehoeften, zoals MONS en/ of modelvalidaties.

Ontwikkeling van GWI

Het NWO heeft een subsidieprogramma voor de ontwikkeling van grootschalige wetenschappelijke infrastructuur (GWI). Binnen het cluster Geosciences van dit cluster zijn plannen om rond 2023 een voorstel in te dienen voor atmosferische monitoring op de Noordzee. Als dit voorstel wordt goedgekeurd zullen er binnen dit programma mogelijk ook meetplatforms op de Noordzee worden gerealiseerd, waar mede-gebruik voor MONS-monitoring kan worden georganiseerd.

Binnen hetzelfde Geosciences cluster wordt momenteel ook een project uitgevoerd om de monitoringinfrastructuur voor de Noordzee van NIOZ te vernieuwen en uit te breiden. Hierin worden onder andere onderzoeksschepen gebouwd en verschillende sensoren en ander materiaal voor meten en monitoren aangeschaft. Vanuit dit onderzoek kan ervaring worden opgedaan met geavanceerde technieken, die op termijn interessant kunnen zijn voor het monitoringsprogramma.

Onderzoeksprojecten NWO

Er lopen verschillende door NWO gefinancierde onderzoeksprojecten en onderzoeksvorstellen waarbij synergieën met het MONS programma mogelijk zijn. Dit zijn bijvoorbeeld de projecten 'FOOTPRINT' en 'Calculating the environmental impact of future wind farms' en het onderzoeksvorstel: North Sea in Transition in Harmony (NoTiH). Ervaringen in deze projecten kunnen bijdragen tot de ontwikkeling van het monitoringsprogramma.

4.2 Internationale monitoring op NCP

4.2.1 Continuous Plankton Recorder (CPR)

De Continuous Plankton Recorder (CPR) is een instrument dat is ontworpen voor het nemen van planktonmonsters op zee. Een CPR wordt gesleept door een schip (bijv. containerschip of tanker) en kan onafgebroken over lange afstanden planktonconcentraties bemonsteren. Het instrument wordt al vele decenia ingezet op de Noordzee en verschillende schepen doen metingen op het NCP. Op de website van de CPR (www.cprsurvey.org) is een overzicht te vinden van welke data is verzameld en welke routes zijn gevaren. De gegevens met betrekking tot zoöplankton en fytoplankton worden door sommige landen (niet door Nederland) ook gebruikt voor OSPAR en KRM rapportages.

4.2.2 FerryBox monitoring

FerryBox is een monitoringsmethode die het mogelijk maakt om continu fysische, chemische en biologische parameters te meten. Een FerryBox systeem wordt geïnstalleerd aan boord van een schip (bijv. ferry, vrachtschip of onderzoeksschip) en meet continu een aantal ingestelde biologische parameters. Het systeem doet dit automatisch en zonder toezicht. Momenteel kunnen de systemen verschillende chemische (bijv. zuurstof en koolstofdioxide), fysische (bijv. temperatuur, turbiditeit en saliniteit) en biologische (bijv. chlorofyl-fluorescentie) parameters meten. Op sommige Ferrybox-trajecten is ook een autosampler aan boord, waarmee op vooraf ingestelde locaties of tijden een watermonster kan worden genomen voor analyse in het laboratorium.

Schepen die zijn uitgerust met een FerryBox varen op diverse routes over de o.a. de Noordzee, Baltische Zee en Middellandse Zee. De geplande routes en verzamelde data zijn

te bekijken op de website van FerryBox (ferrydata.hzg.de en de [COSYNA data portal: http://codm.hzg.de/codm/](http://COSYNA.data.portal:http://codm.hzg.de/codm/)).

Ferryboxdata van variabelen uit de koolstofcyclus (zoals, fCO₂) vanuit de Europese Onderzoeksinfrastructuur ICOS zijn beschikbaar vanuit het SOCAT data portaal (socat.info).

4.2.3 Satelliet metingen

Satellieten leveren metingen van bijvoorbeeld watertemperatuur, golfhoogte en waterstanden. Met optische sensoren op satellieten wordt de waterkleur gemeten. Op basis van deze data kunnen concentraties worden geschat van stoffen die de kleur van het water beïnvloeden, zoals algen, zwevend stof en opgeloste organische stoffen (CDOM: colored dissolved organic matter). Het COPERNICUS programma van de EU bevat 2 optische satellieten die voor dit doel kunnen worden gebruikt: Sentinel-2 en Sentinel-3. Van beiden zijn de eerste data beschikbaar vanaf 2016. Sentinel-2 heeft een hogere ruimtelijke resolutie (enkele tientallen meters), maar geeft alleen data voor kustwater (enkele kilometers uit de kust) en heeft een relatief lage meetfrequentie, met een overkomst iedere 5 dagen. Sentinel-3 is speciaal ontwikkeld voor optische monitoring van zeeën en oceanen. Sentinel-3 data hebben een ruimtelijke resolutie van 250 x 250 m en een temporele resolutie van 1 opname per dag. In de praktijk zal de temporele resolutie van bruikbare data lager liggen, doordat bewolking het zicht van de satelliet op het water geheel of gedeeltelijk blokkeert, maar afhankelijk van het gebied verwachten we voor iedere locatie in de Noordzee ongeveer 50 bruikbare metingen van waterkleur per jaar. Deze data kunnen met algoritmen worden vertaald naar concentraties chlorofyl en zwevend stof. Deze data geven een veel fijnschaliger weergave van ruimtelijke patronen en hogere temporele resolutie dan de MWTL-metingen. Via het CMEMS portaal van COPERNICUS (Copernicus Marine Service: www.marine.copernicus.eu) kunnen gratis satellietdata producten worden gedownload met een ruimtelijke resolutie van 1 x 1 km, die zijn gemaakt met een standaard algoritme voor helder oceaanaanwater. Voor kustwateren met verhoogde troebelheid zoals het Nederlands deel van de Noordzee zijn deze standaardproducten minder geschikt. Ze onderschatten vaak de chlorofylconcentraties in het water. Naast de satellietdata van het Copernicus programma zijn ook data beschikbaar van andere (veelal oudere) satellieten. Data van de SeaWiFS en MODIS satellieten hebben veelal een lagere kwaliteit dan de Sentinel satellieten, doordat de lichtkleur minder nauwkeurig wordt bepaald. Dit is minder problematisch voor helder oceaanaanwater dan voor onze troebele Noordzeewateren. Data van de MERIS satelliet zijn wel goed bruikbaar, maar deze zijn alleen beschikbaar voor de jaren 2003 – 2011.

In het JMP-EUNOSAT project heeft RBINS (Royal Belgian Institute of Natural Sciences) een satellietproduct ontwikkeld dat voor iedere situatie het optimale algoritme kiest en daarbij data van verschillende satellieten combineert. Dit product is gevalideerd met o.a. de Nederlandse MWTL-data (van der Zande et al., 2019). De in JMP-EUNOSAT ontwikkelde combinatie van algoritmen is nu ook toegepast op recentere Sentinel-3 data en wordt gebruikt voor OSPAR-eutrofiëringsassessments. De data worden ook verstrekt aan RWS voor andere doeleinden, dus zouden ook beschikbaar zijn voor MONS.

Standaardproducten van zwevend stof en chlorofyl voor troebele kustwateren op basis van Sentinel-2 data zijn recent beschikbaar gekomen via een nieuwe CMEMS-service. De data hebben een ruimtelijke resolutie van 100 x 100 m en zijn vooralsnog alleen beschikbaar vanaf 2020. De eerste validatieresultaten voor zwevend stof in de Waddenzee zijn veelbelovend. De betrouwbaarheid voor chlorofyl A in kustwateren moet nog verder worden onderzocht, maar als de ruimtelijke patronen hierin realistisch blijken te zijn zouden ze een goede aanvulling zijn om de invloed van windparken, maricultuur en beschermde gebieden inzichtelijk te maken. In het Highroc project (<https://www.highroc.eu/>; voorbeeld in Figure

4-1) waren bijvoorbeeld duidelijke effecten van windparken zichtbaar op satellietbeelden van zwevend stof concentraties .

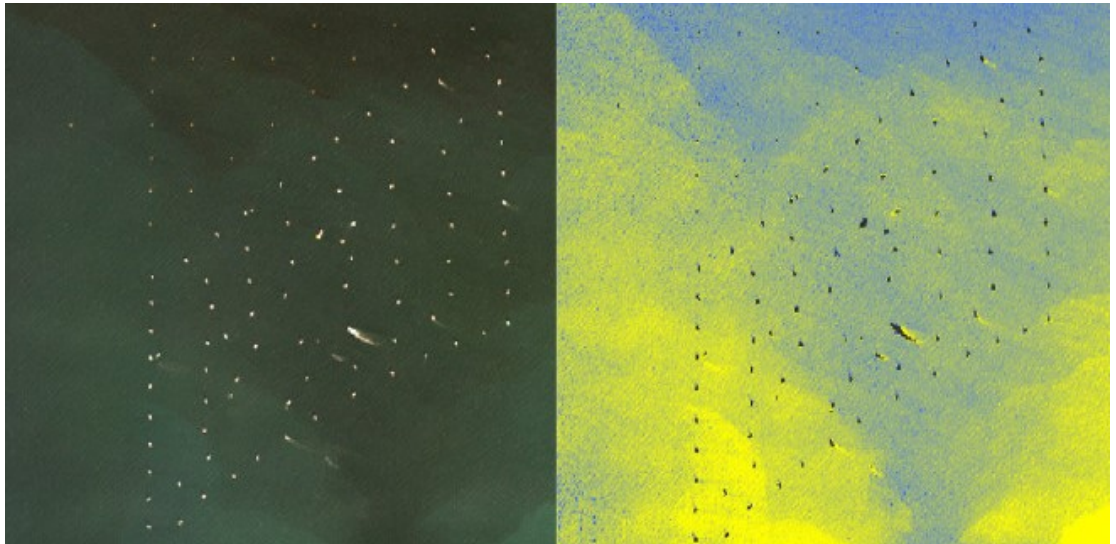


Figure 4-1: Landsat view of wind park in the German Bight, left in real colours and right with the TSM band, showing the position of each turbines, as well as the maintenance ships, and the central station (top right) and their wakes (<https://www.highroc.eu/user-stories>).

5 Veelbelovende innovatieve monitoringmethoden

In dit hoofdstuk geven we een beknopt overzicht van de innovatieve monitoringmethoden die zijn voorgesteld in de rapportages van de no regret studies. Met 'innovatieve' monitoringmethoden worden dan methoden bedoeld die niet gangbaar zijn in bestaande Nederlandse monitoringprogramma's, waardoor ze eerst moeten worden getest en geoptimaliseerd voor ze routinematig kunnen worden ingezet. De huidige ervaring bij RWS met het operationaliseren van innovatieve meettechnieken is dat dit trajecten zijn van meerdere jaren. Sommige methoden worden al wel regelmatig ingezet in onderzoeksprojecten en in het buitenland, waardoor we in Nederland alleen ervaring moeten opdoen met de meetmethode en met de verwerking en kwaliteitscontrole van de resulterende data. Andere methoden zijn nog niet volledig uitontwikkeld en vergen extra onderzoek voor ze kunnen worden ingezet voor MONS.

Een maat voor de ontwikkelingen is de TRL (Technology Readiness Level). Hoe hoger het TRL-niveau hoe meer een innovatie zich technisch en functioneel heeft bewezen en dus hoe sneller deze innovatie technisch gezien op de Noordzee toepasbaar is. Technieken die naar onze expert-inschatting niet binnen 10 jaar toegepast kunnen worden in MONS zijn niet meegenomen.

Nieuwe monitoringmethoden worden om verschillende redenen voorgesteld: vaak gaat het om metingen van variabelen waarvoor nog geen gangbare methoden beschikbaar zijn, of waarvoor gangbare methoden veel inspanning en dus geld kosten, waardoor het niet kostenefficiënt zou zijn om ze te gebruiken voor monitoringdata met een hoge resolutie in tijd en ruimte. Soms spelen veiligheidsoverwegingen een rol, zoals bij gebruik van radio-actieve stoffen bij gangbare methoden voor primaire productie en giftige stoffen benodigd voor fixatie van watermonsters voor algendeterminatie.

Veel nieuwe monitoringmethoden maken gebruik van sensoren in plaats van analyse van watermonsters in het laboratorium. Sensoren kunnen worden gebruikt vanaf verschillende soorten platforms. Ze kunnen op vaste locaties (palen, steigers, boeien) worden gemonteerd waarbij de sensoren ofwel in het water hangen of van boven het water naar het water kijken (camera's en lichtmeters). Ze kunnen ook op normale boten (veerboten, vrachtschepen) worden toegepast, deze worden Ferrybox-systemen genoemd. Sensoren worden ook toegepast op automatisch voortbewegende platforms, zoals vliegende drones, varende drones, AUV (bijvoorbeeld gliders, zwemmen door het water) en automatisch varende scheepjes. In dergelijke gevallen kan het platform op afstand worden bestuurd of wordt een vooraf programmeerde route gevolgd. We beschrijven de sensoren in dit hoofdstuk apart van de platforms.

5.1 Innovaties *in situ* sensoren of instrumenten

Het doen van metingen met sensoren biedt mogelijkheden voor automatische continue metingen vanaf verschillende platforms zonder dat daar mensen direct bij betrokken zijn, behalve dan voor onderhoud van de systemen en kwaliteitscontrole van de meetresultaten. Variabelen die tegenwoordig vrij gangbaar zijn om met sensoren te meten zijn: watertemperatuur, saliniteit, zuurstof, algenconcentraties, troebelheid, doorzicht en CO₂-concentraties opgelost in water. Sensoren voor verschillende andere variabelen worden al wel experimenteel gebruikt maar zijn nog lastig in het gebruik, zoals sensoren voor nutriënten, soortensamenstelling van algen, pH, primaire productie en specifieke soorten van micro-organismen, terwijl hier wel behoefte voor is (hoofdstuk 3).

5.1.1 Cytosense flowcytometer

Voor het meten van algen hebben Rijkswaterstaat en verschillende andere instituten rond de Noordzee inmiddels veel ervaring met de Cytosense. Het meet aantallen deeltjes, en grootte, vorm en fluorescerende pigmenten van (algen) deeltjes en biedt de mogelijkheid om foto's te maken van (een deel van) de algen. Op basis van deze karakteristieken van de deeltjes kunnen automatisch clusters van soortengroepen worden bepaald, waarbij de foto's een hulpmiddel zijn om de clusters van algen met vergelijkbare vorm en grootte te karakteriseren. Het nadeel ten opzichte van traditionele algendeterminaties met de microscoop is dat er geen individuele soorten mee kunnen worden gedetermineerd: alleen groepen met vergelijkbare vorm en fluorescerende pigmenten. Het voordeel is dat de meting consistent is doordat hij is geautomatiseerd, dus onafhankelijk van de persoon die de determinatie doet. Voor het determineren op soortniveau met de microscoop is veel expertise en ervaring vereist. De methode is ook representatiever doordat meer deeltjes kunnen worden geanalyseerd en geeft ook informatie over de grootteverdeling van de algen. Deze techniek wordt al toegepast voor automatische inwinning van (semi-) continue tijdseries in de Maas en het Markermeer op vaste platforms en is met succes getest op de Noordzee in combinatie met Ferrybox metingen langs een vast traject.

Genoemd in

- ID 4 Primaire productie

5.1.2 Mesozoöplanktonscanners

In het no-regret rapport ID 14 wordt een overzicht gegeven van bestaande monitoringstechnieken (zie par. 3.5). Deze zijn o.a. planktonnetten, planktontorpedo, CPR. Voor het bepalen van de dichtheid en samenstelling van zoöplankton in een monster wordt traditioneel gebruik gemaakt van een stereomicroscoop, waarmee de aantallen per taxon in een monster worden geteld. Voor het determineren tot op soortniveau van zoöplankton is veel expertise en ervaring vereist, en is dit vooral voor larven- en juveniele stadia van organismen erg lastig en vaak niet mogelijk. Deze traditionele analysetechnieken voor zoöplankton vereisen schaarse expertise, zijn erg tijdrovend en daarom kostbaar. Er worden echter steeds meer innovatieve technieken ontwikkeld die het mogelijk kunnen maken om zoöplankton op de benodigde hoge taxonomische, ruimtelijke en/of temporele resolutie (kosten-) efficiënt te bemonsteren.

Voor het geautomatiseerd bemonsteren van mesozoöplankton wordt momenteel een scanner getest in samenwerking met VLIZ (België) en HZG (Duitsland). Mesozoöplankton metingen worden traditioneel vaak met zoöplanktonnetten gedaan. In Nederland wordt mesozoöplankton nu niet routinematig bemonsterd, waardoor data over deze belangrijke ecosysteemcomponent ontbreekt. Met gebruik van zoöplanktonscanners zou dit hiaat kunnen worden ingevuld in combinatie met andere sensormetingen. Het maken van beelden met geautomatiseerde instrumenten voor de inventarisatie van zwevende deeltjes en plankton in de waterkolom heeft belangrijke voordelen ten opzichte van bemonstering door middel van traditionele zoöplankton netten. Het grootste voordeel is de hoge verticale en horizontale ruimtelijke resolutie die verkregen wordt en de detectie van kwetsbare taxa die normaal gezien beschadigd raken in zoöplankton netten. Ook kunnen met deze beelden predator-prooi interacties zichtbaar worden door de onverstoorde opnames. Een bijkomend voordeel is dat er geen formaline meer nodig is, zoals op dit moment gebruikt wordt voor de opslag van de monsters en er bespaard kan worden op het huidige labwerk.

Deze scanners kunnen worden gesleept tijdens vaartochten of worden gebruikt op vaste platforms, zoals landers of boeien. Om van de beelden te komen tot zoöplanktondata is beeldherkenning software nodig die is getraind voor de zoöplanktonpopulatie van de Noordzee. Dit betekent dat toepassing van een scanner voor de Noordzee uitgebreid testen noodzakelijk maakt. Beeldclassificatie technieken, zoals bijvoorbeeld convolutional neural

networks, maken geautomatiseerde analyse en classificatie van grote aantallen beelden mogelijk, op voorwaarde dat er voldoende trainings- en validatiesets beschikbaar zijn en er validatie middels netmonsters of eDNA-technieken is uitgevoerd. Een goede toepassing vereist dus ook investeringen in het efficiënte delen en verwerken van de gegevens.

Genoemd in

- ID 14 Zooplankton

5.1.3 **Beeldherkenning vanuit video en/of stills**

Video is een techniek die al jaren wordt toegepast in de offshore sector. Ook binnen RWS lopen een aantal projecten waarin met AI aan beeldherkenning wordt gewerkt voor ecologische monitoring (o.a. vis, bodemdieren en ecotopen). Het wordt gebruikt in de monitoring van de bovenste laag van bentische gemeenschappen op de zeebodem of op hard substraat. De ontwikkeling van deze techniek die nodig is om op een efficiënte manier te voldoen aan de informatiebehoefte bestaat uit:

- Optimaliseren van de methode voor het operationaliseren van onderwatercameras voor opnamen van verticale profielen langs windmolenpalen. Een aantal testruns is hiervoor voldoende (MONS ID 46).
- Automatisch detecteren van soorten met behulp van beeldherkenning. Uit ID 46 deel I: Het is veelbelovend om voor ten minste enkele zeer talrijke organismen zoals mosselen en zeeanellijen maar ook indicatorsoorten als dodemansduimkolonies de automatische soortherkenning ('machine learning') software in te zetten voor het registreren van aantallen en bedekking (Glorius & Daniëls, 2021), zodat ecologen/beeldanalisten zich kunnen concentreren op het voorkomen en onderscheiden van minder talrijke soorten. Taxonomen dienen voor de desbetreffende soorten en groepen nog enkel controles uit te voeren op basis waarvan de efficiëntie van de software ook weer kan worden verbeterd, en het systeem kan worden uitgebreid met additionele soorten en groepen. Op den duur gaat dit behoorlijke tijdswinst opleveren in het proces waarbij de taxonoom steeds meer een controlerende taak gaat krijgen. Momenteel wordt door WMR in samenwerking met RWS de toepassing ontwikkeld en getest op basis van hard substraat inventarisaties op de Klaverbank (waarbij aspecten als welke organismen op de rand van het transect nog wel of niet meetellen worden uitgewerkt) zodat bij monitoring in de windmolenparken er reeds een versie beschikbaar zal zijn die operationeel en getoetst is. Afronding van de ontwikkeling van de software voor de inventarisatie van een 9-tal soorten/taxa wordt voorzien voor begin 2022.

Genoemd in

- ID 46 Hard substraat bentische gemeenschappen

5.1.4 **Primaire productie sensoren**

Fast Repetition Rate Fluorometry (FRRF) is een methode die door middel van het meten van fluorescentie in combinatie met het toedienen van verzadigende lichtpulsjes, een maat geeft voor het actuele elektronentransport door de fotosystemen van fytoplankton. Hieruit kan de fotosynthesesnelheid en dus primaire productie worden bepaald. Het is belangrijk dat de methode gecalibreerd wordt voor verschillende omstandigheden. Het grote voordeel is dat deze gebruikt kan worden om met een hoge frequentie (semi-continu) de primaire productie te meten, zonder dat hier veel handelingen voor nodig zijn (weinig laboratorium en/of monstertijd). Het is al toegepast in onderzoeksprojecten in de Nederlandse zoute wateren, en wordt nu ook al ingezet op testcruises op de Noordzee als onderdeel van Jerico-Next project. De FRRF wordt al (semi-) operationeel gebruikt bij de monitoring van de primaire productie in de Westerschelde (MONEOS project), de Eems-Dollard en op een boei bij de Markerwadden. De methode kan gebruikt worden voor zowel vaste als varende stations.

O₂ fourier techniek is een methode die gebaseerd is op het bepalen van de dagelijkse ritmiek van zuurstofproductie door fytoplankton. Door continu zuurstof te meten met een zuurstofsensoren kan uit alle variatie die dagelijkse ritmiek geschat worden, waaruit weer een fotosynthesesnelheid berekend kan worden. Door de lichtverdeling in de vertikaal te combineren met deze metingen kan een primaire productie geschat worden. Het moet opgemerkt worden dat de meting zelf (met een zuurstofelectrode of optode) niet innovatief is. De innovatie bestaat uit het betrouwbaar inschatten van het fotosynthese signaal uit de totale variatie die door allerlei andere factoren mede bepaald wordt (transport, menging, consumptie, lucht-water uitwisseling). Dit is voor de Noordzee nog niet ontwikkeld. De methode leent zich het beste voor een vast station, om de hoeveelheid variatie in het zuurstofsignaal door andere processen dan fotosynthese te minimaliseren.

Genoemd in

- ID 4 Primaire productie

5.2 DNA-analyse technieken

Er hebben in de laatste jaren grote ontwikkelingen plaatsgevonden in DNA-analyse technieken. Dit heeft verschillende technieken opgeleverd welke een bijdrage kunnen leveren aan bestaande en gewenste monitoring. Hoewel sommige methodes al langere tijd beschikbaar zijn en gebruikt worden in kortlopende projecten, worden ze nog maar sporadisch ingezet in monitoring. De oorzaak hiervoor ligt vaak in de behoefte aan een initiële investering voordat zo'n techniek werkelijk in monitoring ingezet kan worden. Zo moeten er eerst goede DNA referentielijsten worden ontwikkeld voor de soortengroepen die gemonitord gaan worden en moeten protocollen voor de monstername worden geoptimaliseerd, zodat er voldoende water wordt gefilterd om ook zeldzamere soorten te kunnen detecteren. Op dit moment zijn er een aantal marktpartijen die DNA-analyses kunnen uitvoeren maar is kennis over genetische technieken nog beperkt beschikbaar bij de opdrachtgevers van de monitoring.

Hieronder worden enkele van de methodes uitgewerkt. Er moet worden opgemerkt dat het nemen van DNA-monsters van levende gewervelden en koptogigen (inktvis, octopussen) wordt gezien als een invasieve handeling en daarmee valt onder de Wet op de Dierproeven, waarvoor ontheffingen nodig zijn om dit te mogen uitvoeren. Dit geldt uiteraard niet voor het gebruik van eDNA op de manier zoals hieronder beschreven.

5.2.1 eDNA

Environmental DNA is het DNA-materiaal dat organismen achterlaten in hun omgeving. Door middel van het nemen van water of sedimentmonsters kan er met behulp van dit achtergebleven DNA bepaald worden welke organismen in de omgeving zijn of zijn geweest. Er zijn in het Nederlandse mariene milieu verschillende studies uitgevoerd met wisselend succes. In sedimentmonsters is het bijvoorbeeld lastig gebleken om voldoende eDNA te verzamelen voor analyse. In andere gebieden zijn de eerste stappen al gezet om het op te nemen in de monitoring. De techniek kan informatie geven over zeldzame soorten, en over habitats die niet met de traditionele methodes bemonsterd kunnen worden (zoals dichtbij windpalen en op wrakken). Op dit moment geeft het vooral een beeld van de aanwezigheid van soorten. De genetische bibliotheek moet hiervoor wel uitgebreid worden, maar dit kan tezamen met het verder ontwikkelen van de methode. STOWA heeft, samen met waterschappen, RWS en een markt consortium, al enkele jaren een pilot lopen met een jaarlijkse casus om in zoet water een watersysteem analyse uit te voeren m.b.v. een range aan eDNA technieken, waarmee naast soortensamenstelling ook (relatieve) abundantie bepaald kan worden. In eerste instantie zal eDNA ingezet moeten worden aanvullend op bestaande technieken. Als er kan worden aangetoond dat dezelfde soorten waargenomen worden kan het mogelijk ook als vervanging van een deel van de bestaande technieken

worden gebruikt. Waarschijnlijk zal eDNA een grotere diversiteit laten zien, omdat het gemakkelijker zeldzame soorten oppikt. Hiervoor moet dan wel een voldoende groot watervolume worden bemonsterd. Omdat de sampling methode niet tot weinig invloed op de omgeving heeft zouden zulke methoden ingezet kunnen worden om intensief en continu de aanwezigheid en afwezigheid van soorten te bepalen zonder het ecosysteem daarmee te belasten.

Genoemd in

- ID 14 Zooplankton
- ID 62 Carrying capacity of the southern North Sea for seabirds

5.2.2 RNA/DNA ratios

Naast methodes voor soortdeterminatie en onderlinge relaties tussen soorten en individuen, kunnen DNA-technieken ook gebruikt worden om informatie te verkrijgen over individuen en hun conditie. Conditie en groei van een organisme geven een beeld van de condities in het ecosysteem voor het betreffende individu en geven mogelijk een beeld van de invloed van verschillende drukfactoren. De relatie tussen lengte en gewicht geeft informatie over de conditie over langere tijd (weken tot maanden). De relatie tussen RNA/DNA geeft informatie van activiteit (groei) over een kortere tijd (dag tot week). De hoeveelheid DNA is relatief stabiel, terwijl RNA fluctueert onder invloed van voedsel en omgevingscondities.

Deze methode staat, voor wat betreft een toepassing binnen een monitoringsprogramma, nog in de kinderschoenen en is daarom meer geschikt voor onderzoeksprojecten.

Genoemd in

- ID 14 Zooplankton
- ID 23 Pelagische vis
- ID 62 Carrying capacity of the southern North Sea for seabirds

5.3 Tagging

Het taggen van dieren kan zeer waardevolle informatie opleveren over de verspreiding en het gedrag van dieren, en daarmee ook over eventuele effecten van ingrepen. Tags bestaan in allerlei verschillende soorten en maten en worden ook al breed toegepast, onder andere in windmolenparken op de Noordzee en in de Waddenzee (VEMCO systeem). Er bestaan tags voor vissen, zeezoogdieren, vogels en vleermuizen. Om een dier van een tag te voorzien dient het eerst gevangen te worden. Voor vissen kan dit relatief eenvoudig (zolang ze maar happen), vleermuizen kunnen ook relatief eenvoudig gevangen worden in nestkasten waar ze overdag rusten, het vangen van vogels is een grotere uitdaging (vaak tijdens de rui of op/rond het nest) evenals het vangen van zeehonden (als ze liggen te rusten op een zandplaat). Het vangen van bruinvissen is in de Noordzee geen echte optie omdat de dieren dan eerst opgejaagd zouden moeten worden wat te veel stress zou veroorzaken. Voor het taggen zouden eventueel gestrande dieren wel in aanmerking komen.

Voor monitoringsdoeleinden kan taggen belangrijke informatie opleveren over bijvoorbeeld verblijftijd van dieren in windparken. Afhankelijk van het soort tag kunnen bewegingspatronen vastgelegd worden, die inzicht geven in verbanden zoals relatie tussen broedgebied en fourageergebied. Hiervoor wordt binnen het WOZEP project gewerkt met het Motus Wildlife Tracking System voor vogels en vleermuizen.

Om beter gebruik te maken van taggen als monitoringstechniek is ontwikkeling nodig van

- Vangst en tagmethoden (vooral voor gevoelige dieren zoals bijv bruinvissen)
- Batterijduur – voor tags die actief data verzenden

- Data inwinning – hiervoor is o.a. het netwerk van telemetriestations belangrijk. Gedacht kan worden aan autonome saildrones om additionele data “op te pikken”.
- Miniaturisering van sensoren om mee te kunnen geven aan kleinere soorten.
- Kostenreductie – om voldoende informatie van voldoende gemerkte dieren te kunnen inwinnen.

Tagging is voorgesteld in de volgende MONS no-regret acties

Genoemd in

- ID 60 and ID 62: Carrying capacity of the southern North Sea for seabirds. Plan of action

5.4 In situ platforms

5.4.1 Vaste platforms

Er is bij de Nederlandse monitoring al ervaring met vaste meetplatforms voor het meten van bijv watertemperatuur, waterhoogte, saliniteit etc. Dit zijn tot nu toe vooral vaste meetplatforms zoals olie- of gasplatforms, meetpalen en constructies in offshore windparken. Meer gedetailleerde informatie is te vinden in *MONS ID 6 abiotiek*.

Olieplatforms – Deze worden nu al gebruikt in het KNMI monitoringsnetwerk en RWS LMW monitoringnetwerk voor hydrodynamiek voor de Noordzee. Voordelen zijn de al aanwezige infrastructuur, en de ligging door een groot deel van het NCP. Een nadeel is dat veel platforms in de komende jaren zullen worden opgeruimd. Ook als platforms niet of niet geheel worden opgeruimd (bijv <https://www.rijksoverheid.nl/binaries/rijksoverheid/documenten/kamerstukken/2021/04/23/stand-van-zaken-ontmantelen-olieplatforms-op-de-noordzee/stand-van-zaken-ontmantelen-olieplatforms-op-de-noordzee.pdf>) zal een groot deel van de platforms op termijn niet meer geschikt zijn als basis voor sensoren. De werkgroep ‘Digitale Noordzee’ zoekt daarom in opdracht van IDON naar alternatieven voor dit type monitoringplatform.

Offshore windparken - Het offshore expertisecentrum (OEC) van de CIV gebruikt deze platforms bijvoorbeeld voor vogelradar en vleermuismicrofoons in het OEC-MIVSP programma. De mogelijkheden om andere sensoren op deze platforms toe te passen worden nog onderzocht. Mogelijke voordelen van windparken als platforms voor sensoren zijn dat er stroomvoorziening en netwerkverbindingen zijn en dat er regelmatig personeel voor onderhoud komt. De monitoringinfrastructuur moet wel al bij aanbouw van windparken worden meegenomen in het ontwerp, anders zijn de kosten van nieuwe monitoringinfrastructuur erg hoog. Een nadeel is dat de metingen beïnvloed worden door de turbines. Hierdoor zijn de metingen niet representatief voor wat er in de Noordzee buiten de windparken gebeurt.

Meetpalen – In Nederland worden meetpalen vooral gebruikt in ondiep water, bijvoorbeeld de Waddenzee. In Duitsland worden ze ook gebruikt op locaties in zee, als onderdeel van het COSYNA monitoringnetwerk (www.hereon.de/institutes/coastal_ocean).

Meetboeien - Het gebruik van meetboeien kan een toevoeging bieden op plekken waar nu geen vaste meetstations beschikbaar zijn, of waar deze vervallen door bijvoorbeeld ontmanteling van platformen. Er is ervaring met boeien op het NCP (Blauw et al., 2018, Greenwood et al., 2010, van Haren et al., 1998) voor onderzoeksdoeleinden. Er is geen technische belemmering om dit soort boeien voor langere tijd te gebruiken. Wel moet een oplossing gevonden worden voor de frequentie van onderhoud van het platform en sensoren

te beperken (was is eerdere toepassingen door CEFAS maandelijks) en voor het verwerken en publiceren van de gemeten gegevens.

Genoemd in

- ID 2 abiotiek
- ID 4 Primaire productie

5.4.2 Ships of opportunity

Met 'Ships of Opportunity' wordt bedoeld dat voor metingen wordt meegelift op schepen die toch al op zee zijn. Meestal worden hiermee vaste trajecten bedoeld van veerboten of vrachtschepen, waarlangs automatisch metingen worden verricht. Je kunt hierbij ook denken aan het combineren van metingen van verschillende meetprogramma's, zoals de IBTS monitoring voor vis. In de MONS no-regret studies voor kleine vis en zooplankton wordt bijvoorbeeld gepland om vaartochten te combineren met IBTS bemonsteringen.

Ferrybox-systemen maken gebruik van schepen die toch al over de Noordzee varen en sparen daarmee brandstof en scheepstijd uit voor monitoring. Ferryboxsystemen worden al toegepast op **veerboten** en **vrachtschepen**, **onderzoekscruises** en **visserboten**. Op de Noordzee zijn er al vele jaren Ferryboxtrajecten tussen Cuxhaven (Duitsland) en Immingham (VK), tussen Bergen (Noorwegen) (alleen pCO₂) en IJmuiden en tussen Immingham, Halden (Zweden) en Zeebrugge (Belgie). Komende winter wordt er een nieuw Ferrybox-traject in gebruik genomen tussen Rotterdam en Noorwegen in een samenwerking tussen Rijkswaterstaat en NIVA. Op dit laatste traject worden aanvankelijk alleen de standaard Ferrybox-variabelen gemeten (chlorofyl-fluorescentie, slib, temperatuur, saliniteit, zuurstof), maar er is mogelijkheid om deze later uit te breiden met andere sensoren, zoals primaire productie, algensoortensamenstelling en zoöplankton.

Omdat vissersschepen een groot deel van het jaar op zee zijn, en bij elke visactie feitelijk een bemonstering uitvoeren (ook over de verticaal), ligt het voor de hand om ze veel meer dan nu gebeurt in te zetten als "ogen en oren" om de benodigde informatie te verzamelen. Hiermee kan een zeer kosteneffectieve bijdrage worden geleverd aan verschillende actuele vraagstukken. De Noordzee ondergaat grootschalige en ingrijpende veranderingen in het gebruik. Tegelijkertijd staat het onderzoek naar visbestanden onder druk door beperkte budgetten en een beperkte beschikbaarheid van onderzoeksschepen.

Momenteel wordt deze dataverzameling ontwikkeld in de Nederlandse kottervisserij (EFMZV-project Catching Data) en in de Belgische kottervisserij (Vistools). Hierbij wordt zowel de technische kant (hardware en software) als de sociale kant uitgewerkt (kwaliteitsborging van de gegevens, privacy, eigendomsrechten en bescherming, hoe kunnen deelnemers overtuigd worden om gegevens te delen). Gegevens die worden verzameld zijn zeer divers en elke vorm van sensor kan in principe gekoppeld worden. Binnen de lopende projecten gaat het bijvoorbeeld over vangst per trek, positie en tijd, trekkracht op het tuig, temperatuur en saliniteit op diepte (CTD op het tuig), pitch & roll (sea state), etc.

Gegevens worden automatisch gebundeld aan boord en verzonden naar de wal. De visserijbedrijven kunnen met directe toegang tot de eigen gegevens met behulp van visualisatietools hun bedrijfsvoering optimaliseren. Dit wordt in de toekomst aangevuld met beslissingsondersteunende functies op basis van de samengestelde gegevens van alle deelnemers. De wetenschappers krijgen een ongekeerde mate van detail in de vorm van vangstgegevens en gebundelde sensorinformatie per trek, die na opschaling van het systeem naar de rest van de vloot in de nabije toekomst ook een ongekeerde dekking inhoudt. Beide partijen kunnen op een tot nog toe onmogelijke wijze hypothesen formuleren over vangstverspreiding en ecosysteemveranderingen, en deze toetsen aan de werkelijkheid. Het resultaat is een visserij die op twee fronten slimmer en efficiënter kan opereren: de bedrijven zelf kunnen beter plannen en meer gericht vissen, en de onderzoekers zijn beter in staat

antwoorden te geven op de kennisvragen van nu en van de toekomst. De onderlinge wisselwerking wordt versterkt doordat de vissers met behulp van de visuele presentatie van de verzamelde gegevens in staat worden gesteld nieuwe onderzoeksvragen en hypothesen vanuit de praktijk te formuleren die door de onderzoekers kunnen worden opgepakt. De gegevens lenen zich naast onderzoek gericht op de visserijsector ook goed voor het in kaart brengen van grootschalige effecten zoals klimaatverandering of windparken. Een voorbeeld hiervan is het valideren van oceanografische modellen met hoge-resolutie in situ gegevens van temperatuur en saliniteit.

De lopende projecten hebben tot doel om een schaalbaar systeem op te leveren en de echte meerwaarde van deze gegevensverzameling ligt in de bundeling van een groter aantal schepen. Deze opschalingsfase is de eerstvolgende nu te nemen stap die binnen het MONS programma een beslag zou kunnen krijgen.

Genoemd in

- ID 2 abiotiek
- ID 4 Primaire productie

5.4.3 Robotics

5.4.3.1 Remotely operated vehicles (ROV)

Remotely Operated Vehicles (ROVs) zijn op afstand bestuurd (onderwater) vaartuigen, meestal gericht op het nemen van beelden, monsters en het uitvoeren van handelingen in moeilijk bereikbare gebieden. Op het gebied van benthosmonitoring binnen een (gesloten) windmolenpark en op turbines is behoefte aan innovatieve meet methoden. Een ROV zou hier een belangrijke rol kunnen spelen.

Vanuit RWS in inmiddels ervaring opgedaan met het monitoren van benthos op de klaverbank met behulp van een ROV en 4K-camera's. ROV's voorzien van een onderwatervideosysteem worden hier toegepast (specificaties opgenomen in RWSV 913.00.B090: Analyse macrozoöbenthos, EUNIS habitat en antropogene materialen met behulp van een onderwatervideosysteem) voor het verkrijgen van video en still beelden voor identificatie van bentische gemeenschappen (zie ook paragraaf 5.1.3). Een ontwikkelingsstap is het op een goede manier hanteren van ROVs voor het onderzoeken van verticale structuren in offshore windparken (MONS ID 46).

De kosten van inzet van ROVs zijn hoog, vooral vanwege de zeer lastige omgeving waarin ze worden ingezet. Daarentegen, ROVs zijn soms de enige mogelijkheid om benodigde data in te winnen en dat kan zeker van belang zijn bij verlies van traditionele vormen van monitoring (bijvoorbeeld het sluiten van windparken voor duikers). Het vinden van een nieuwe techniek om toch de ontwikkelingen op bijvoorbeeld een turbine te kunnen volgen zou onderdeel van het MONS programma moeten worden, net als het onderzoeken van kostenbesparingen bij inzet van ROVs.

Genoemd in

- ID 2 abiotiek
- ID 4 Primaire productie

5.4.3.2 Autonomous underwater vehicles (AUVs)

Autonomous underwater vehicles (AUVs) zijn onderwatervaartuigen die zelf hun weg vinden en ondertussen metingen kunnen doen. Ze zenden data meteen door, of moeten na verloop van tijd "gevangen" worden waarbij de data uitgelezen wordt. In veel landen zijn er goede ervaringen met **gliders**: een soort zwemmende drone onder water. Met scholen van gliders kunnen **mesoscale** patronen in **verticale en horizontale** dimensie in kaart worden gebracht.

Bij Mallorca worden door SOCIB routinematig gliders gebruikt om de stromingen tussen het eiland en het Spaanse vasteland in kaart te brengen (<https://www.socib.es/?seccion=observingFacilities&facility=glider>). **Saildrones** of ASV (autonomous surface vessels) varen aan de oppervlakte, en kunnen naast sensors ook apparatuur meenemen om bijvoorbeeld signalen van gemerkte dieren op te vangen (zie ook paragraaf 5.3).

In Nederland is ook geëxperimenteerd met gliders, maar vanwege sterke stroming, drukke scheepvaart en de regelgeving rond onbemande voertuigen op zee zijn de ervaringen met gliders in Nederland nog weinig succesvol. Toch zouden deze mogelijk behulpzaam kunnen zijn om ruimtelijke patronen in windparken op kleine ruimteschalen in beeld te brengen. Deze benadering is bijvoorbeeld gebruikt om mogelijke effecten van windparken op stratificatie in de Duitse Bocht te kwantificeren (Carpenter et al., 2016).

Genoemd in

- ID 2 abiotiek
- ID 4 Primaire productie

5.5 Remote sensing

5.5.1 Aardobservatie

In paragraaf 4.2.3 is al aangegeven wat er op het moment aan aardobservatie metingen wordt gedaan, en welke producten van belang zijn voor MONS. Innovatie in het belang van MONS zit hem in het verbeteren van algoritmen om de te meten signalen (zwevend stof, Kd, chlorofyl a) op een betere manier uit beelden te halen in bijvoorbeeld ondiep of extreem troebel water aan de kust of bijvoorbeeld in de buurt van offshore windparken. Hierbij is het van belang dat er voldoende en voldoende goede validatiegegevens worden verzameld in het monitoringsprogramma, dwz op het juiste moment (matchend met satelliet beeldopnames), en de juiste plek.

Genoemd in

- ID 2 abiotiek
- ID 4 Primaire productie

5.5.2 Akoestische remote sensing

Akoestische remote sensing kan worden gebruikt om op een geautomatiseerde manier aanvullende gegevens te verzamelen tijdens trawl- en (Ichthyo) planktononderzoeken. Het akoestisch monitoren van “pelagische vis” (of alle vis die boven de bodem zwemt) is een goedkope manier om de hoeveelheid vis en het gedrag (verticale migratie) te bestuderen. Hydro-akoestiek is op zichzelf niet nieuw. Het wordt gebruikt in visserijonderzoek om de pelagische visbestanden te schatten.

De techniek is goedkoop en kan over lange tijd data verzamelen zonder dat er veel onderhoud nodig is. Dit maakt de methode, behalve voor gebruik aan boord van een onderzoeks- of monitoringsschip, ook geschikt voor gebruik op vaste locaties (meetpalen of -boeien), en op ships of opportunity. Ook kan het binnen windparken gebruikt worden.

Het onderscheidend vermogen is beperkt. Het is in theorie mogelijk om biomassa's te schatten, maar om ook een indruk te krijgen van de soorten of soortgroepen is gelijktijdig aanvullende monitoring nodig zoals een pelagische trawl. Met data van meerdere frequenties kan men onderscheid maken tussen zwemblaas-vissen (haring, sprot) en vissen zonder zwemblaas (makreel, zandspiering). Ook hier kan zonder aanvullende informatie (visbemonstering) geen onderscheid worden gemaakt tussen soorten. Slecht weer (golven) en een horizontale positie van de transducer (voor grotere horizontaal bereik) vergroten de ruis, en stellen grotere uitdagingen aan de dataverwerking.

Genoemd in

- ID 14 Zooplankton
- ID 23 Pelagische vis

5.5.3 Airborne

Binnen MWTL worden vliegtuigtellingen gebruikt voor vogels en zeezoogdieren op de Noordzee. Deze tellingen worden uitgevoerd door waarnemers in een vliegtuig. Door de aanleg van windmolenparken kunnen gebieden niet meer meegenomen worden in de telling. Dit komt omdat een vliegtuig minimaal 150m boven de tophoogte van een windmolen moet vliegen. Bij de grootste offshore windparken (en de parken die nog gaan komen) betekent dit een vlieghoogte van ca 500m. Op deze hoogte is het niet meer mogelijk om vogels en zeezoogdieren goed te laten tellen door waarnemers. Vanuit het CBS is berekend dat dit (het wegvallen van de windmolenparkgebieden) voor de trendanalyses tot 2030 geen grote problemen veroorzaakt. Om echter iets te kunnen zeggen over de effecten van windmolenparken op de aan/afwezigheid van vogels en zeezoogdieren zijn deze gebieden juist extra belangrijk. Boot tellingen veroorzaken een eigen verstoring en zijn zeer kostbaar, waardoor dat geen goede alternatieve methode is. Door RWS is er een pilot opgezet om met behulp van *high definition* camera's op 500m deze gebieden alsnog over te vliegen en het beeldmateriaal te analyseren met automatische beeldherkenning.

Het grote voordeel bij het gebruik van *high definition* camera's is dat de beelden teruggekeken kunnen worden. Aandachtspunt is wel dat er een goede vergelijking gedaan wordt met de (huidige) reguliere methode zodat de lange monitoringsreeks niet verloren gaat.

Genoemd in:

- ID 60 and ID 62: Carrying capacity of the southern North Sea for seabirds. Plan of action

5.6 Overige ontwikkelingen

Bij toepassing van sensoren op platforms in zee is de stroomvoorziening vaak een beperkende factor. Daarom wordt er veel onderzoek verricht naar methoden om het stroomgebruik van de sensoren en computerapparatuur op het platform te beperken. Voor de data-uitwisseling wordt bijvoorbeeld gewerkt aan de inzet van verbindingen op lage bandbreedte d.m.v. satellieten, lasercommunicatie en/of akoestische verbindingen (EMB, Navigating the Future V). Toekomstige ontwikkelingen liggen op het gebied van autonome, near real-time verwerking van data, *in situ* sensor data processing (bv. AUVs en gliders die minder tijd nodig hebben aan oppervlakte voor data transfer naar satelliet), en globale data communicatie.

Ook wordt gewerkt aan de ontwikkeling van compactere accu's om langer stroom te kunnen leveren met een overzichtelijk volume aan accu's.

6 Plan van aanpak monitoringstrategie

In de voorgaande hoofdstukken hebben we geïnterpreteerd wat al aan informatie beschikbaar is voor uitwerking van de monitoringcyclus uit de verschillende uitgevoerde no-regret studies en andere informatiebronnen. In dit hoofdstuk doen we per stap van de monitoringcyclus een voorstel voor hoe de monitoringstrategie verder kan worden uitgewerkt. Het idee van de monitoringcyclus is dat deze niet eenmaal wordt doorlopen maar dat regelmatig opnieuw wordt getoetst of het monitoringprogramma (nog) voldoet aan de doelstellingen en dat het waar nodig wordt aangepast en verbeterd. Zeker in het geval van MONS, waarbij er sprake is van de inzet van innovatieve monitoringmethoden, voortschrijdend inzicht over ecosysteemfunctioneren en mogelijk ook politieke veranderingen is het zinvol om het monitoringprogramma op deze manier adaptief te maken.

6.1 Beleidskader en doelstelling

Het beleidskader en doelstelling van het MONS-monitoringprogramma staan beschreven in het Noordzee-akkoord en het starrapport van het MONS-programma (Asjes, et al., 2020). Wanneer dit beleidskader in de loop van de MONS-programma verandert, bijvoorbeeld door verschuiving in prioriteiten, moet opnieuw de monitoringcyclus worden doorlopen om te toetsen of er aanpassingen aan het monitoringprogramma nodig zijn. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat voor de doelstelling van trendmonitoring (dus detectie van veranderingen in het systeem) het belangrijk is dat tijdseries van monitoringdata over langere perioden consistent moeten zijn. In het Noordzee-akkoord is wel aangegeven dat ontwikkelingen in de Noordzee binnen de draagkracht van de Noordzee moeten passen, maar dit is nog nergens doorvertaald naar percentages aanvaardbare verandering voor specifieke indicatoren en gebieden. Deze doorvertaling zou in samenwerking tussen politiek en kennisinstituten moeten worden gespecificeerd.

6.2 Informatiebehoeften

De informatiebehoeften voor MONS zijn nu op hoofdlijnen geïdentificeerd in het MONS starrapport (Asjes et al., 2020) en zijn gedeeltelijk per onderwerp nader gespecificeerd in de no regret studies. We stellen voor om als vervolgstap deze informatiebehoeften verder samen te brengen tot een samenhangende informatiebehoefte, die voor ieder deelonderwerp even ver is gespecificeerd en die alleen onderzoeksvragen omvat die met monitoringdata kunnen worden opgelost. De specificatie van de informatiebehoefte zou zodanig gedetailleerd moeten zijn dat (in de vervolgstap) verschillende informatieverzamelstrategieën kunnen worden vergeleken en getoetst welke de informatiebehoeften het beste beantwoordt, tegen de minste kosten en inspanning. Hierbij zou de informatiebehoefte van MONS breed moeten worden gedefinieerd: dus niet als de som van de informatiebehoeften van deelvragen, maar inclusief de behoefte aan integrale analyses door inzet van modellen en data-integratie methoden (bijv. tussen in-situ metingen, satellietdata en modellen). Hiervoor is afstemming nodig met de mensen die de data in MONS-onderzoeken zullen gaan gebruiken. Bijlage B geeft een overzicht van de MONS onderzoeksprojecten waarin monitoring of monitoringdata mogelijk een rol spelen. In enkele van deze projecten worden innovatieve monitoringmethoden getest. Andere projecten zullen mogelijk gebruik gaan maken van langjarige monitoringdata. Aan de hand van hun onderzoeksplan kunnen de monitoring gegevens worden geïdentificeerd welke voor het onderzoek nodig zouden zijn. Er kunnen ook meerdere oplossingen worden geïdentificeerd waarmee de onderzoeksvragen kunnen worden beantwoord.

6.3 Informatieverzamelstrategie

Voor de informatieverzamelstrategie zal gebruik worden gemaakt van verschillende typen monitoring. Vaste meetlocaties met sensoren worden gebruikt om monitoringdata te leveren met een hoge resolutie in de tijd. Op de vaste meetlocaties kunnen ook diepteprofielen worden gemeten van verschillende variabelen. Satellietdata leveren een hoge resolutie in de ruimte, maar ze leveren alleen informatie over de oppervlaktelaag en van maar een beperkte set variabelen (chlorofyl-a, slib, temperatuur, golfhoogte en waterstand). Ferrybox-data leveren informatie met een hoge ruimtelijke resolutie langs de vaartrajecten, maar leveren geen kaartdekkende informatie, zoals satellieten. Het aantal variabelen dat met sensoren langs Ferrybox-trajecten kan worden gemeten is groter dan van satellieten, maar nog steeds beperkt. Voor variabelen die niet of moeilijk met satellieten of in-situ sensoren kunnen worden gemeten zouden monsters moeten worden genomen. Ook voor validatie van sensor- en satellietdata en voor continuering van historische tijdseries van monitoringdata blijft analyse van watermonsters in het laboratorium nodig. Modellen kunnen vervolgens worden ingezet als slimme interpolatie tussen beschikbare data om resterende gaten in de informatiebehoefte in te vullen. Hoeveel vaste meetlocaties er nodig zouden zijn en waar en welke variabelen op welke platforms (kunnen) worden gemeten en hoeveel monsternames er nog nodig zijn, dat moet nog nader worden uitgewerkt als onderdeel van deze monitoringstrategie. Waar mogelijk worden zoveel mogelijk sensoren op dezelfde platforms gecombineerd, om synergie te bevorderen in de analyse van de data en kosten van aanleg en onderhoud van platforms te beperken.

Het gebruik van platforms voor monitoring, scheepstijd voor monsternames en in-situ metingen, aanleg en onderhoud van vaste meetlocaties en Ferryboxsystemen, kost veel tijd en geld. Het is daarom goed om zoveel mogelijk samen te werken met andere initiatieven die monitoring uitvoeren. Dit kunnen Nederlandse initiatieven zijn, zoals meteorologische metingen door KNMI of onderzoeksmetingen, maar ook buitenlandse initiatieven. De tijdspaden voor ontwikkeling van meetplatforms kunnen verschillen tussen initiatieven en duren vaak lang: meerdere jaren. Het realiseren van kansen voor synergie vergt dus regelmatige afstemming tussen initiatieven en het maken van afspraken over combineren van financieringsbronnen en het verdelen van taken. Een andere belangrijke reden om synergie te zoeken met andere meet- en monitoringinitiatieven is dat voor een integrale analyse van monitoringdata het de analyse ten goede komt als alle data op dezelfde plek: dus vanaf hetzelfde platform en over dezelfde periode zijn ingewonnen. Daarmee kunnen interacties tussen meteorologische, fysische, chemische en biologische variabelen worden onderzocht. In de bestaande monitoring worden verschillende groepen variabelen nog vaak van verschillende platforms gemeten.

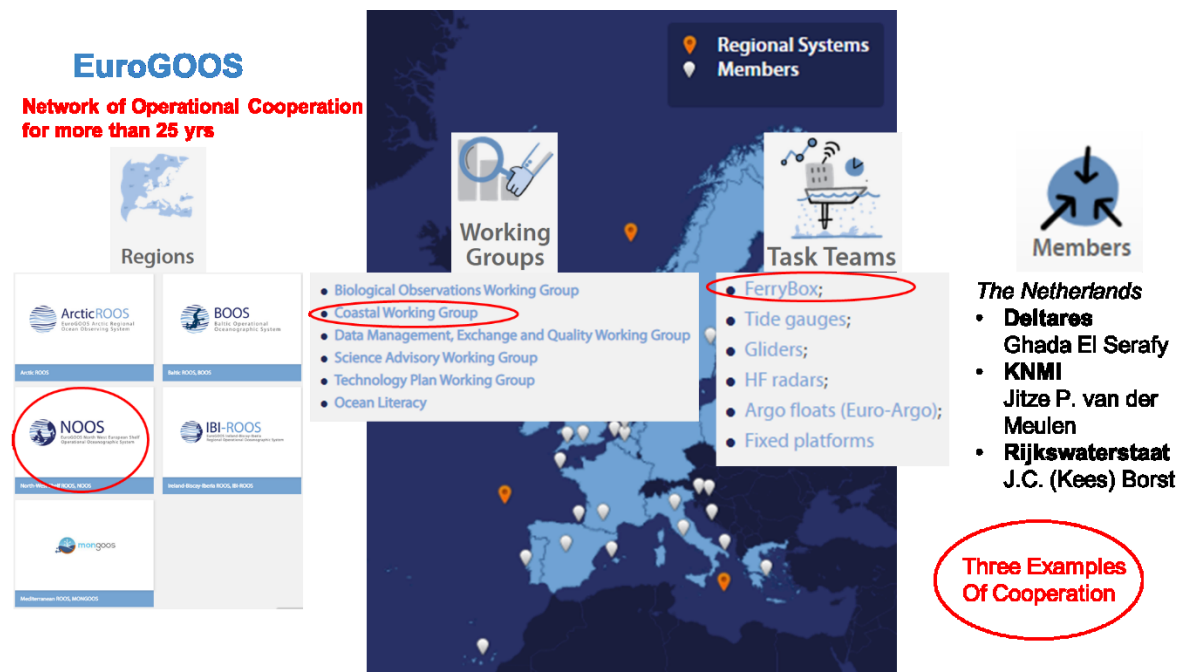
Tabel 6-1: Initiatieven op de Noordzee, waarmee mogelijk kan worden samengewerkt voor uitwerking van monitoringplatforms.

Initiatief	Contactpersoon	Organisatie
Digitale Noordzee	Carien van Zwol Steven Abdoelkan	RWS-WVL RWS-CIV
GWI voorstel atmosferische monitoring	Herman Ruschenberg	TU Delft
GWI project Noordzee monitoring infrastructuur	Gertjan Reichart	NIOZ

Er zijn veel verschillende combinaties van sensoren en platforms die mogelijk in de informatiebehoefte voor MONS kunnen voorzien. In de no-regret studies is nog niet het gehele aanbod meegenomen. Een uitvoerigere inventarisatie van beschikbare technieken wordt aanbevolen. Informatie over ervaringen met mogelijke platforms en sensoren kan bijvoorbeeld worden gevraagd van organisaties in buurlanden, die verantwoordelijk zijn voor

de monitoring. Informatie over de stand der techniek voor verschillende sensoren kan bijvoorbeeld worden gevonden via het Jerico consortium (www.jerico.eu) en hun projectrapportages (bijvoorbeeld Petersen en Moeller, 2017). Ook het EUROGOOS netwerk heeft verschillende werkgroepen waarin kennis en ervaring met verschillende technieken wordt uitgewisseld en waar gezamenlijke plannen worden uitgewerkt om technieken verder te ontwikkelen en toe te passen. Figuur 6-1 geeft een overzicht van de verschillende werkgroepen onder EUROGOOS en de Nederlandse deelname daarin (in rode cirkels). Er zijn nog een aantal nuttige werkgroepen waar Nederland nog niet in vertegenwoordigd is en die mogelijk goede ondersteuning kunnen bieden wanneer in MONS nieuwe monitoringmethoden worden ingezet.

Bij gebruik van innovatieve monitoringmethoden zijn een zorgvuldige calibratie van sensoren en kwaliteitscontrole van resulterende data van groot belang. Deze aspecten moeten in de informatieverzamelstrategie expliciet worden meegenomen. De resultaten van de eerste tests met de methoden moeten worden geëvalueerd, zodat het meetplan van het volgende jaar zo nodig kan worden aangepast op basis van de conclusies. Ook voor data integratie tussen verschillende informatiebronnen is het belangrijk om validatiemetingen te doen, zodat duidelijk is in hoeverre de informatie van verschillende bronnen (in-situ monsters, in-situ sensoren, satellietdata, modellen) vergelijkbaar en combineerbaar is, of dat eerst correcties op de data moeten worden toegepast.



Figuur 6-1: Overzicht van EUROGOOS werkgroepen en Nederlandse betrokkenheid daarin.

Voor de keuze van de meest optimale combinatie moeten verschillende oplossingen worden vergeleken op realiseerbaarheid (op redelijke termijn), kosten en de mate waarin ze een scala van informatiebehoefte en kennisvragen kunnen beantwoorden. Overleg met de onderzoeksgroepen die de meet- en monitoringdata gaan gebruiken over de te gebruiken monitoringstrategie helpt om de beste keuze te maken.

6.4 Monitoringprogramma

Als de informatieverzamelstrategie is bepaald kunnen verder details worden ingevuld, zoals de precieze meetlocaties en frequenties. Wat de beste meetlocaties zijn wordt de ene kant bepaald door kennis van het ecosysteem en de vragen die moeten worden beantwoord en

welke betrouwbaarheid/ nauwkeurigheid nodig is. Op basis van bestaande kennis kan worden ingeschat hoe ruimtelijke gradienten en temporele variabiliteit van relevante variabelen zich nu gedragen en hoe en waar die mogelijk zullen veranderen door de verschillende transities op de Noordzee. Bij diverse recente uitwerkingen binnen RWS voor o.a. de KRM (bij o.a. vogel en bodemdieren monitoring) is daarbij nauw samengewerkt met het CBS en het NIOZ. Aan de andere kant spelen ook praktische overwegingen een rol, zoals de aansluiting op bestaande historische tijdreeksen (voor detectie van langjarige trends) en de mogelijkheden om (in samenwerking met andere initiatieven) op redelijke termijn en tegen redelijke kosten een meetplatform op te richten en het onderhoud te organiseren.

Informatiebronnen die in deze stap kunnen worden gebruikt zijn rapporten van eerdere Noordzee-onderzoeken (bijv. WOZEP studies), historische tijdreeksen van monitoringdata (zie paragraaf 4.1), overleg met Noordzee-onderzoekers en mogelijke samenwerkingspartners (zie Figuur 6-1 en Tabel 6-1).

6.5 Meetplan

Voor het opstellen van een meetplan moet contact worden gezocht met partijen die de monitoring gaan uitvoeren. Dit valt buiten het opstellen van de monitoringstrategie, maar afstemming tussen de mensen die het meetplan opstellen en de mensen die de monitoringstrategie hebben opgesteld is wel wenselijk om te checken of de voorgestelde uitvoering overeenkomt met de bedoeling van de monitoringstrategie. Er zou bijvoorbeeld voldoende expertise aanwezig moeten zijn bij de uitvoering van de metingen over het gebruik van de innovatieve monitoringmethoden en de opslag van meta-data moeten voldoende aandacht krijgen zodat de data tijdens het onderzoek goed kunnen worden geduid. Een ander aspect hierbij is de logistiek, zoals beschikbare scheepstijd op het juiste moment, analyse capaciteit bij laboratoria en voldoende inkoop capaciteit en inhoudelijke kennis voor beoordeling van rapportages

6.6 Data inwinning

De opdrachtverlening voor de data inwinning zal waarschijnlijk plaatsvinden door het programmabureau voor MONS. Vanuit het monitoringstrategie kan wel worden afgestemd over voorwaarden van de opdrachtverlening, zodat de kwaliteitsborging (en meta-data daarover) goed wordt geregeld en dat er waar nodig onderzoekers mee kunnen bij de metingen om aanvullende metingen te doen. Voor data opslag en ontsluiting is binnen RWS een handreiking voor project data beschikbaar.

6.7 Data analyse en interpretatie

De data analyse en interpretatie zal voornamelijk plaatsvinden in de diverse MONS-onderzoeksprojecten. Vanuit het monitoringstrategie-project zal voornamelijk afstemming moeten plaatsvinden om zo nodig de monitoringstrategie bij te stellen in volgende jaren, op basis van ervaringen met gebruik van de eerste monitoringdata.

6.8 Het verdient aanbeveling om, net als voor data management, regels en richtlijnen op te stellen voor FAIR data analyse en rapporteren. Hierbij wordt zoveel mogelijk aangesloten bij bestaande principes. Deze hebben tot doel om ervoor te zorgen dat de analyses en interpretaties robuust en controleerbaar zijn. Er wordt meer en meer onderkend dat wetenschappelijk onderzoek reproduceerbaar dient te zijn. (bijv <https://www.knaw.nl/nl/actueel/nieuws/maak-herhaalonderzoek-gewoon>) . Hoewel dit niets nieuws is in de wetenschap, zijn er tegenwoordig wel steeds meer technische hulpmiddelen om analyses te (laten) herhalen, doordat de onderliggende data (zie ook paragraaf 6.8 *Data management*) gebruikte software (open source software), en werkwijze (scripts op bijv. GitHub) gemakkelijk vindbaar zijn. **Data management**

Binnen MONS wordt het datamanagement gecoördineerd door Informatiehuis Marien (ID 137). Vanuit het monitoringstrategieproject (ID 135 deel 2) zou moeten worden afgestemd over hoe het data management optimaal kan worden geregeld zodat de data goed kunnen worden ingezet in de diverse onderzoeken van het MONS onderzoeksprogramma. Met name voor data vanuit sommige innovatieve monitoringmethoden zullen oplossingen moeten worden gezocht voor de opslag van data en meta-data.

Uit samenvatting van ID 137:

IHM zal in 2022 een MONS Dataprotocol ontwikkelen voor het datamanagementbeheer van MONS. Het Dataprotocol bouwt verder op het Protocol Mariene Data dat door IHM in 2013 is opgesteld. Hierbij worden de volgende principes gehanteerd:

1. *Voor de ontsluiting van Data wordt zoveel mogelijk gebruik gemaakt van reeds bestaande en beproefde principes, services en structuren. De aanpak wordt ingebed in NL en internationale Data- en Datakwaliteitsraamwerken.*
2. *Voor het uitwisselen van Data worden de FAIR-principes toegepast*
3. *Data bij de bron!*
 - *Het IHM principe blijft: Data worden ontsloten vanuit de databases bij de data experts.*
 - *De opdrachtverleners zijn verantwoordelijk voor het regelen van het databeheer via het Uitvoeringsbureau*
4. *MONS Governance is nodig voor goed werkend Dataprotocol*
 - *Datamanagement van dataleveranciers dient onderdeel te worden van de Overeenkomst voor uitbesteding (als Bijlage volgens de ARVODI voorwaarden - Pas na validatie wordt het product vrijgegeven voor betaling)*
5. *Service voor dataontsluiting*

Een pilot wordt gestart voor het gebruik van Linked Data (RDF datamodel) voor data ontsluiting. Doel is om verschillende semantische standaarden te accepteren voor de uitwisseling van (Meta)data:

 - *AQUO (uitwisseling binnen Nederland)*
 - *SeaDataNet/BODC (internationale ontsluiting Via EMODNET-GBIF-(EUR)Obis-LifeWatch)*
 - *ICES (via EMODNET, onder voorbehoud)*
6. *Data worden gepubliceerd via één Portaal*

Voor sommige soorten innovatieve methoden zal de aanpak datamanagement zoals hierboven beschreven een uitdaging worden bijvoorbeeld door het volume aan data, of doordat geschikte standaarden ontbreken. In alle gevallen zal wel gestreefd moeten worden

naar de basisprincipes, namelijk “data bij de bron”, “FAIR ontsluiten” en “aansluiten bij bestaande principes” .

Gegevens uit de MONS monitoring zijn, net als de gegevens uit de lopende langjarige programma’s, van groot belang voor de internationale gemeenschap. Het verdient daarom aanbeveling om de ontsluiting via internationaal gangbare standaarden voorrang te geven boven ontsluiting via Nederlands(talig)e standaarden, voor zover dat niet de NL rapportage in de weg zit.

6.9 Data en informatie uitwisseling

Zie punt 3, 4, 5, en 6 uit de samenvatting van ID 137 zoals hierboven beschreven in paragraaf 6.8 *Data management*.

Om de integratie van data en informatie uit verschillende MONS onderzoeken te bevorderen zouden gezamenlijke MONS conferenties en onderzoekscruises kunnen worden ingezet. Voor zover de onderzoekers niet zelf de metingen en monitoring uitvoeren is ook een goede communicatie nodig tussen de mensen die de metingen doen en die de data gebruiken. Op die manier kan nadere informatie worden nagevraagd over de metingen en kan feedback vanuit het onderzoek worden meegenomen in de meetpraktijk. Daarnaast zullen de onderzoeksresultaten vanuit de MONS onderzoeken worden gepresenteerd op internationale wetenschappelijke conferenties en gepubliceerd in wetenschappelijke tijdschriften.

6.10 Verwachte inspanning en kosten

Het is lastig om over zo'n complex programma als MONS, over meerdere jaren een goede inschatting te maken van wat er aan inspanning nodig is. Tabel 6-2 geeft een grove schatting van de benodigde inspanning (in manmaanden) voor de verschillende onderdelen. We gaan er hierbij vanuit dat deze inspanning verspreid zal zijn over meerdere jaren om een adaptief monitoringprogramma uit te kunnen voeren, waarin flexibel kan worden ingespeeld op nieuwe inzichten, vanuit bijv. toepassing van innovatieve monitoringmethoden. We hebben hier alleen gekeken wat (volgens ons) zou vallen onder deel 2 van het MONS project ID135. Een groot deel van het werk van de monitoringcyclus zal plaatsvinden als onderdeel van andere MONS projecten. De data inwinning zal bijvoorbeeld voornamelijk plaatsvinden onder de betreffende MONS monitoringprojecten. Veel van de data analyse en data integratie zal plaatsvinden in de MONS onderzoeksprojecten. Voor het data management en data uitwisseling gaan we ervan uit dat dit voornamelijk zal worden uitgevoerd in daartoe bestemde MONS projecten die worden gecoördineerd door IHM. Voor deze activiteiten die voornamelijk onder andere projecten vallen hebben we alleen een inspanning begroot om de monitoringstrategie af te stemmen op de voortgang en resultaten in de andere MONS projecten.

Om een globale inschatting te maken van de bijbehorende kosten hebben we gebruik gemaakt van een gemiddeld tarief van een team van Deltares medewerkers die dit zou kunnen uitvoeren van 1600 euro per dag (27200 euro per manmaand van 17 dagen). Hierin is nog geen rekening gehouden met tariefstijgingen in de loop van de jaren van het MONS programma.

6.11 Aanbevelingen en slotopmerkingen

Gedurende MONS moet rekening worden gehouden met nieuwe technische ontwikkelingen en strategieën en dit kan alleen met een gefaseerde en adaptieve aanpak gedurende de 10 jaar van het MONS-programma.

Nieuwe en continue data opslag, beheer en ontsluiting moeten vanaf het begin goed meegenomen worden in de uitwerking van de methodiek. Daarvoor zullen naar alle waarschijnlijkheid aanvullende data opslag maatregelen nodig zijn.

In de Deskstudie zouden de informatiebehoeften van de prioritaire projecten in Annex 8 en 9 uit het rapport Asjes et al. verder moeten uitgewerkt in samenwerking met experts op de verschillende kennisgebieden. Dit is nog onvoldoende gebeurd in deze fase van no-regret projecten tot nu toe. In deze twee tabellen staan namelijk de 141 voorgestelde MONS onderzoeken, maar dit zijn slechts *onderzoeksvorstellen* en geen concrete *kennisvragen*. In de Deskstudie zou de verdiepingsslag gemaakt moeten worden naar het volgende detailleringniveau, namelijk van kennisvraag naar data- of informatiebehoefte.

Modellering en data- en informatieverzameling moeten gelijktijdig plaatsvinden. Het komt geregeld voor dat voor een beleidsplanningsproces de monitoring en analyses gescheiden worden geprogrammeerd en dit is thans ook het geval in het MONS programma. Totdat men weet welke gegevens men nodig heeft en hoe nauwkeurig die gegevens moeten zijn, hoeft men geen geld en tijd te besteden aan het verzamelen ervan. Omgekeerd kan modelontwikkeling zonder enige kennis van de beschikbaarheid en kosten van het verkrijgen van data leiden tot vereisten aan die data die te kostbaar of zelfs onmogelijk uitvoerbaar zijn, in ieder geval binnen de tijd die beschikbaar is voor besluitvorming (Loucks & van Beek, 2017).

Om het functioneren van het Noordzeedsysteem te begrijpen, is meer dan alleen dataverzameling nodig. Niet alleen (multi-)sensor instrumenten en observatories zullen moeten worden ontwikkeld, ook technieken om de data ruimtelijk en temporeel te integreren (ook verticaal in de waterkolom en tussen atmosfeer en onderwater) en om data te combineren d.m.v. artificial intelligence technieken om de enorme hoeveelheid data te analyseren. Hierbij kan worden aangehaakt bij lopende ontwikkelingen rond de Digital Twin van de Noordzee.

7 Referenties

- Blauw, A., Eleveld, M., Gwee, R. (2020). Advice monitoring strategy eutrophication North Sea. Update 2019. Deltares rapport 11203677-002-ZKS-0004.
- Blauw, A. N., Benincà, E., Laane, R. W., Greenwood, N., Huisman, J., 2018. Predictability and environmental drivers of chlorophyll fluctuations vary across different time scales and regions of the North Sea., J. Progress in Oceanography 161 <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2018.01.005> 1-18
- Greenwood, N., Parker, E. R., Fernand, L., Sivyer, D. B., Weston, K., Painting, S. J., Laane, R.W.P.M., 2010. Detection of low bottom water oxygen concentrations in the North Sea; implications for monitoring and assessment of ecosystem health. Biogeosciences, 7(4), 1357-1373. Glorius & Daniëls, 2021 (in prep?)
- Herman, P.M.J., et al, (2019). Systeembegrip ecosysteem Noordzee. Position paper
- Loucks, D. P., & Van Beek, E. (2017). Water resource systems planning and management: An introduction to methods, models, and applications. Springer.
- OFL (2020). Het Akkoord voor de Noordzee.
(<https://www.overlegorgaanfysiekeleefomgeving.nl/actuele+projecten/actuele+projecten+overzicht/noordzeeoverleg/documenten+noordzeeakkoord/default.aspx#folder=1901022>)
- Tatman, S., Blauw, A., Herman, P., van Hal, R., van Helmond, E., Coolen, J., Hummel, H., van Oevelen, D., Soetaart, K., van Broekhoven, W., Marx, S., Schoute, B., Rijkeboer, M., Dijkman, N. (2021). Innovaties in monitoring en combinaties van monitoring. Rapport MONS subgroep Monitoring en Innovatie.
- Van Loon, W. M.G.M., Splunder, I, Boon, A, Van der Meulen, M. (2016). Handleiding Analyse en Beoordeling in Monitoringsprojecten. RWS-WVL ism Deltares.

A Projecten die mogelijk relevante informatie kunnen leveren voor MONS monitoringstrategie

Programma/Project	Zandmotor
Looptijd	2011-2015 en 2016-2021
Locatie	De Zandmotor (Kijkduin)
Soort data	o.a. Golven, stroming, zwemwaterkwaliteit, suppletiegegevens, sedimentsamenstelling, golf- en brekerbankgegevens, benthos kustzone, juveniele vis en epibenthos, zeevogels, zeezoogdieren, ecotopen en zanddynamiek
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	https://zandmotordata.nl/

Programma/Project	Beheer en Onderhoud Kust (B&O kust)
Looptijd	
Locatie	NCP
Soort data	o.a. uitgevoerde suppleties, sediment balans, bodemdaling, zeespiegelstijging, zandtransport, golf- en stromingsdata en morfologie
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	https://www.openearth.nl/coastviewer-static/

Programma/Project	Kader Ecologie en Cumulatie
Looptijd	
Locatie	NCP
Soort data	Mogelijke cumulatieve effecten op de populaties van te beschermen soorten gedurende de bouw en exploitatie van de windparken op zee tot 2030
Meetfrequentie	
Beschikbaarheid data	

Programma/Project	WOZEP - wind op zee ecologisch programma
Looptijd	2016-2023
Locatie	NCP
Soort data	o.a. zeezoogdieren, vogels, vleermuizen, benthos en vissen
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	https://wozep.nl/

Programma/Project	Pilot: Aquacultuur Atlas-Zeewier
Looptijd	2017
Locatie	NCP
Soort data	o.a. temperatuur, stroomsnelheid, aanwezigheid van voedingsstoffen, diepte en ruimtelijke planning
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	https://www.informatiehuismarien.nl/open-data-viewer/

Programma/Project	MEP Duinen (Spanjaardsduinen)
Looptijd	2009
Locatie	Spanjaardsduinen
Soort data	o.a. Grondwater, zanddynamiek, flora en fauna, luchtkwaliteit en vegetatieontwikkeling
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	www.rwsprojectarchief.openearth.nl/downloads/Spanjaardsduin

Programma/Project	Kustgenese 2.0
Looptijd	2015-2020
Locatie	Amelander Zeegat en diepere vooroever van Ameland, Terschelling en Noordwijk
Soort data	o.a. zandsuppleties, macrobenthos, zandspiering, zeehonden, hydromorfologie en bathymetrie
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	https://waterinfo-extra.rws.nl/download-data/?opendatafolder=Hydromorfologie&opendatalayer=3D%20bodemuorm%20sonar

Programma/Project	Maritiem Informatievoorziening Service Punt (MIVSP)
Looptijd	Sinds 2019
Locatie	Windpark Borssele Alpha (nog verder uit te breiden naar andere parken)
Soort data	o.a. Wind, neerslag, temperatuur, vogels en vleermuizen
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	

Programma/Project	Joint Monitoring Programme for Ambient Noise North Sea (JOMOPANS)
Looptijd	2015-2022
Locatie	Noordzee
Soort data	o.a. scheepvaartbewegingen, windsnelheid, Bathymetrie en onderwatergeluid
Meetfrequentie	Verschillend per criterium
Beschikbaarheid data	https://northsearegion.eu/jomopans/publications-presentations-reports/

Programma/Project	'Sonar for Fish Classification' (SOFIC)
Looptijd	2015
Locatie	Noordzee
Soort data	Vissoorten en voorkomen
Meetfrequentie	Continue tijdens vaartochten
Beschikbaarheid data	https://www.maritiemnederland.com/nieuws/tno-ontwikkelt-sonar-tegen-bijvangst-visserij

Programma/Project	SATURN
Looptijd	2021- 2025
Locatie	Noordzee
Soort data	Onderwatergeluid en effecten op biota
Meetfrequentie	variabel
Beschikbaarheid data	https://www.saturnh2020.eu/research

Programma/Project	'SURE
Looptijd	2021- 2025
Locatie	Noordzee
Soort data	Hoge resolutie beelden langs verticale harde structuren
Meetfrequentie	variabel
Beschikbaarheid data	https://i-botics.com/insights/i-botics-and-partners-jointly-develop-technologies-to-advance-underwater-operations-and-asset-management/

B MONS projecten met relatie met monitoring

MONS project ID	Ecosysteemcomponent	Korte omschrijving	Relatie met monitoring
4	De basis van het voedselweb	Monitoring Primaire productie: Dit betreft de basale monitoring van de primaire productie op de Noordzee	monitoringproject
6	De basis van het voedselweb	Karakterisering van oppervlakte- en bodemstroming, turbulentie en golfregime binnen, in nabijheid van, en ver buiten WMP, over verschillende seizoenen en onder verschillende getij- en meteorologische condities en de doorwerking op hydrodynamiek, slibdynamiek en waterkwaliteitsparameters. Hier kunnen modellentreinen bij ingezet worden. Metingen worden zodanig uitgevoerd dat effecten van windparken onderscheiden kunnen worden van effecten van maricultuur of natuurstimuleringsmaatregelen.	monitoringproject
14	Zoöplankton	Ontwikkeling en uitvoering monitoring fase 1. Een 1-jarige inventariserende studie met een hoge resolutie in ruimte en tijd, waarbij ook nieuwe innovatieve monitoringstechnieken worden ontwikkeld en ingezet. Onderzocht wordt welke resolutie in tijd (seizoen) en ruimte nodig is bij de opzet van een monitoringprogramma voor zoöplankton.	Testen nieuwe monitoringmethode
23	Vis	Monitoring: beschikbaarheid pelagische vis als voedsel voor zeevogels/zoogdieren - jaarronde survey pilot + 4 jaar	monitoringproject
46	Benthos en Habitats	Volgen ontwikkelingen benthos hard en zacht substraat rond windmolens	monitoringproject
49	Benthos en Habitats	Volgen ontwikkelingen benthos binnen en buiten gesloten gebieden	monitoringproject
15	Zoöplankton	Ontwikkeling en uitvoering monitoring fase 2. Een 4-jarig monitoringsprogramma	monitoringproject
16	Zoöplankton	Voortzetting monitoring na 2027	monitoringproject
30	Vis	Displacement visserij: onderzoek 'effecten sluitingen op beviste bestanden' 2x3FTE	Onderzoek wat gebruik maakt van monitoringdata
89	Zeezoogdieren	2a1. Monitor cetacean occurrence in the Dutch North Sea, in particular in offshore areas, using Passive Acoustic Monitoring (PAM) stations collecting low frequency (baleen whales), high (dolphin) and very high frequency (porpoise) data, 1-10 jaar (incl in offshore windfarms)	Onderzoek waarin innovatieve monitoringmethode wordt getest
100	Zeezoogdieren	3. Opzetten en operationaliseren Passieve akoestiek (PAM) stations voor soorten met een lage dichtheid, waarmee hoog- en laagfrequent geluid wordt opgevangen. Looptijd 1-10 jaar. In combinatie met landers (P1f, P1g). Landers worden overigens in deze tabel nog niet begroot.	monitoringproject

MONS project ID	Ecosysteemcomponent	Korte omschrijving	Relatie met monitoring
121	Vleermuizen	Spatio-temporele voorkomen vleermuizen ten noorden van de Waddeneilanden	Monitoringproject
11	De basis van het voedselweb	effecten klimaatverandering (opwarming) op primaire productie en (phyto)plankton compositie	Onderzoeksproject wat mogelijk gebruik maakt van monitoringdata
20	Vis	Mechanistisch onderbouwde modellen voor de visgemeenschap tbv scenario studies en doorvertaling drukfactoren naar effecten draagkracht en natuur.	Onderzoeksproject wat mogelijk gebruik maakt van monitoringdata
28	Vis	Displacement visserij: postdoc 'mechanismen achter verplaatsing agv gebiedssluiting'	Onderzoeksproject wat mogelijk gebruik maakt van monitoringdata
29	Vis	postdoc 'aanpassing vissers aan gebiedssluitingen'	Onderzoeksproject wat mogelijk gebruik maakt van monitoringdata
99	Zeezoogdieren	2c. Gewone en grijze zeehonden dieetonderzoek (ook met eDNA) in relatie tot visbestanden en populatieontwikkeling zeehonden (via project en/of PhD en jaarlijkse monitoring).	Onderzoek met monitoringcomponent
101	Zeezoogdieren	4. Validatie van modelvoorspellingen (b.v. voorspelde populatiegrootte) en inzet scenario studies om de effecten van de transitie op zeezoogdieren te bepalen.	Onderzoek wat mogelijk gebruik maakt van monitoringdata
104	Zeezoogdieren	Bijvangst zeezoogdieren (ook elasmobranchen en vogels)	Onderzoek met mogelijk een monitoringcomponent
110	Zeezoogdieren	Gebruik PAM monitoring (zie andere PAM voorstellen)	Onderzoek wat mogelijk gebruik maakt van monitoringdata
124	Vleermuizen	Aanvaringsrisico vleermuizen	Testen monitoringmethode
2	De basis van het voedselweb	Nutriënten- en slib dynamiek in de waterkolom: onderzoek richt zich op transport en omvormingen van nutriënten in de waterkolom, en het gedrag van slib in de waterkolom. Het onderzoek richt zich op verschillende tijdschalen: lange-termijn trends d.m.v. analyse RWS-MWTL gegevens; midden- en korte- termijn trends en fluctuaties uit data van de geplande meetstations; veldmetingen tijdens gerichte processtudies.	Onderzoek wat mogelijk gebruik maakt van monitoringdata

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl