

**De bruikbaarheid van het  
concept zandmotor**





## **De bruikbaarheid van het concept zandmotor**

Albert Oost  
Amrit Cado van der Lelij  
Mark de Bel  
Gu Oude Essink  
M. Löffler  
Ankie Bruens  
Marcel Taal  
Bert van der Valk  
Marien Boers  
Wiebe de Boer  
E.J. Lammerts

1221025-000



## Titel

De bruikbaarheid van het concept zandmotor

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving	1221025-000	1221025-000-ZKS-0009	47

## Trefwoorden

Zandmotor, multifunctionaliteit

## Samenvatting

Voorliggend rapport beschrijft de bruikbaarheid van het concept Zandmotor voor het beheer van de Nederlandse kust als alternatief voor reguliere suppleties. Het oordeel over de bruikbaarheid is gebaseerd op ervaringen met de pilot Zandmotor voorafgaand, tijdens en na de aanleg in 2011 én op een inventarisatie van functies en waarden langs de Nederlandse kust voor de huidige situatie en de komende decennia.

## Vorbereiding en aanlegfase

Het proces van het tot stand komen van de pilot Zandmotor is onder de loep genomen volgens de (later ontwikkelde) 'guidelines' van Ecoshape voor het ontwikkelen en realiseren van zandige Building With Nature concepten. Er was behoefte aan zand om de kust te voeden voor de kustveiligheid op de langere termijn. Anderzijds lag er bij de provincie Zuid-Holland een duidelijke maatschappelijke vraag voor meer ruimte voor recreatie en natuur. Ook werd kennisontwikkeling over en exporteerbaarheid van, het concept Zandmotor van belang gevonden. Het samenbrengen van al deze wensen in één aansprekend multifunctioneel ontwerp heeft er voor gezorgd dat steeds meer stakeholders gewonnen werden voor het idee en dat de pilot Zandmotor ook werkelijk ten uitvoer werd gebracht. Het *leerpunt* is dat de behoefte aan zand, een multifunctioneel ontwerp én een aansprekend idee belangrijke elementen zijn bij het realiseren van een zandmotor.

## Vijf jaar na aanleg

*Kustonderhoud:* De Zandmotor ontwikkelt zich op hoofdlijnen zoals verwacht. Voor wat betreft het kustfundament blijkt de hoeveelheid zand toereikend voor bijna 50 jaar. De momentane kustlijn is zeewaarts verschoven bij de Zandmotor en de directe omgeving. Na vier jaar ligt er in het meetgebied nog 95% van de hoeveelheid zand die voor de Zandmotor is aangebracht. Dit leidt tot de conclusie dat de levensduur van de pilot langer lijkt te worden dan verwacht. Wat betreft de primaire waterkering beweegt het afslagpunt in de directe invloedssfeer waar aanzanding plaatsvindt zich zeewaarts. Het momentane duinvolume groeit na aanleg van de Zandmotor binnen het meetgebied, maar minder snel dan voor de aanleg van de Zandmotor (zie verder onder *Natuur*). Bij de Zandmotor ontstond een meanderende geul. Dat kan potentieel een bedreiging vormen voor de primaire waterkering, maar bij de Delflandse kust vormde dit geen probleem, waarschijnlijk door de al aanwezige strekdammen. Alles in beschouwing nemende mag de pilot Zandmotor vanuit het oogpunt van kustbeheer als een succes worden betiteld. Het vormt daarmee een succesvolle innovatie in de reeks die het kustbeheer sinds 1990 kenmerkt. Het *leerpunt* is dat qua opzet en werking het concept Zandmotor past als een mogelijk instrument in de sedimentstrategie die centraal staat in het kustbeleid.

De aanleg van de pilot Zandmotor was met de inzichten van 2010 over zandbehoefte en in combinatie met de toenmalige zandprijzen aantrekkelijk voor het kustonderhoud, nog los van overige functies en waarden die door het scheppen van een extra gebied geleverd konden worden. De huidige, beduidend lagere, zandprijzen én de nieuwe inzichten in de jaarlijks benodigde zandvolumes, veranderen deze situatie. Het *leerpunt* hiervan is dat, vanuit financiële haalbaarheid, een zandmotor 'bruikbaar' is voor kustonderhoud als de bedongen zandprijs

## Titel

De bruikbaarheid van het concept zandmotor

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving	1221025-000	1221025-000-ZKS-0009	47

laag is én het zand langdurig bijdraagt aan het handhaven van de basiskustlijn of van het kustfundament. De levensduur neemt waarschijnlijk toe naarmate zandmotoren qua vorm meer lijken op grote conventionele kustsuppleties en naarmate het volume groter is. Aanbevolen wordt dit nader te onderzoeken. De extra functies en waarden die door het tijdelijk scheppen van een extra gebied geleverd worden kunnen een argument zijn om een zandmotor aan te leggen, ook wanneer het vanuit het oogpunt van alleen kustonderhoud financieel niet aantrekkelijk is. In de toekomst kan, mocht er een grotere jaarlijkse zandbehoefte zijn voor het kustonderhoud, het financieringsperspectief anders kan komen te liggen vanwege toenemende schaalvoordelen.

*Natuur:* Het is nog niet mogelijk om een antwoord te geven op de vraag of een eenmalige grote suppletie zoals de pilot Zandmotor beter is voor de bodemdieren dan een regulier programma, waarbij circa vierjaarlijks wordt teruggekeerd voor een zandsuppletie. Daarvoor ligt de Zandmotor er nog niet lang genoeg en is ook de periode van vier jaar monitoring nog te kort. De lagune voegt wel een apart habitat toe aan de kust en draagt bij aan de soortenrijkdom van het bodemleven van de Hollandse kust. De lagune functioneert beter naarmate deze beter ververst wordt: dit hangt af van de lengte van de geul die haar draineert.

Verder is het mogelijk dat allerlei natuurontwikkelingen sneller gaan verlopen als door toevalsprocessen bepaalde drempels worden overschreden; bijvoorbeeld duinvorming, waarvan bekend is dat deze eens in een paar decennia succesvol is en zich dan snel ontwikkelt (zie ook onder veiligheid). De lagune en het duinmeer zijn waarschijnlijk geen gelukkige keuzen uit oogpunt van duinvorming, omdat beiden zand invangen wat daardoor niet ten goede kan komen aan de duinen. Observaties tonen verder dat het huidige beheer, in het bijzonder het vrij intensief over het strand rijden en het dagelijks schoonmaken van het strand van Scheveningen de ontwikkeling van embryonale duintjes ook nog eens tegenwerkt.

Het is duidelijk dat er veel vogelsoorten voorkomen op de Zandmotor: zo'n 40 soorten bezoeken het gebied regelmatig. Tot broeden is het niet gekomen. Daarvoor is de verstoring waarschijnlijk te groot. Verstoring is waarschijnlijk ook de reden waarom zeehonden het gebied zo weinig bezoeken. Het is overigens een bewuste keuze in het huidige beheer geweest om zonatie te vermijden en het gebied overal vrij toegankelijk te houden, met als nadeel dat deze specifieke natuurwaarden niet of nauwelijks ontwikkelen.

Het *leerpunt* is dat het concept Zandmotor in potentie bruikbaar is voor het ontwikkelen van nieuwe natuurwaarden, maar dat dit sterk afhankelijk is van de doelen, het ontwerp, het gevoerde beheer en natuurlijke toevalsprocessen.

*Recreatie en Inrichting:* Het concept Zandmotor is in haar huidige dynamische vorm goed bruikbaar wanneer een uitgebreid gebied voor extensieve recreatie, met beleving van rust, ruimte, natuur, weidsheid en dynamiek gewenst is. Bij toekomstige zandmotoren zal waarschijnlijk een nieuw, vaak ander, ontwerp worden toegepast. Afhankelijk van de lokale behoeften kan weer voor een lagune worden gekozen, maar mogelijk ook voor zandmotorontwerpen die meer lijken op 'traditionele' suppleties. Deze leiden tot een gebied met een lagere dynamiek en uitstraling, maar zijn meer geschikt voor kusten met meer badgasten of strandrecreatie.

## Titel

De bruikbaarheid van het concept zandmotor

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving	1221025-000	1221025-000-ZKS-0009	47

*Kennisontwikkeling en Innovatie:* De pilot Zandmotor heeft een belangrijke impuls gegeven aan de kustwaterbouw in Nederland. De zandmotor werkt fundamenteel anders dan reguliere suppleties, wat nieuwe onderzoeksthema's opgeleverd heeft. Daarnaast is de Zandmotor een multifunctionele oplossing die gekoppeld is aan de inrichting van het landschap en de processen die daaraan ten grondslag liggen. Dit laatste heeft geresulteerd in interdisciplinaire onderzoeks-vragen en-thema's. Ook vanuit dit oogpunt mag de pilot Zandmotor een succesvolle innovatie worden genoemd.

Nieuwe zandmotoren zullen ook kennisontwikkeling en innovatie bevorderen. De plaats van aanleg, de vormgeving, het volume en de gebruikswensen leveren nieuwe onderzoeksvraagstukken op. Indien deze vraagstukken gerelateerd zijn aan grootschalige inrichting dan zal dit het product 'zandmotor' naar verwachting ook internationaal onder de aandacht houden.

*Overige functies en waarden:* De aanwezigheid van een zandmotor kan hinder veroorzaken voor scheepvaartroutes, wateruitlaten, militaire belangen en waterwinning. Hiermee moet bij het ontwerp van zandmotoren rekening worden gehouden.

## Wensen in kaart gebracht

De wensen voor de Nederlandse kust zijn in kaart gebracht voor:

- Het kustbeheer: bestaande zandbehoeften, ligging van de basiskustlijn, kustfundament, overstromingsrisico. Deze wensen geven een beeld van de toekomstige beheeropgaven.
- De natuur: bestaande natuurgebieden, nieuwe natuurgebieden en de wens tot lange dynamische gradiënten vanaf de kust tot in de duinen.
- Inrichting en recreatie: huidige intensiteit van kustrecreatie en infrastructuur plus de toekomstige bescheiden (juridisch vastgelegde) wensen.
- Overige waarden en functies: delfstofwinning, grondwaterwinningen, scheepvaartroutes, militaire zones, saliniteit van waterlichamen en risico op verzilting.

## Kansen in kaart gebracht

Bovenstaande wensen bepalen waar kansen voor zandmotoren geïdentificeerd zijn. Uit oogpunt van het kustbeheer zijn de kansen het grootst op plekken met een grote zandbehoefte. Deze liggen voor een belangrijk deel in het Waddengebied en de Zuidwestelijke Delta. Om bij de zeegaten een zandmotor-achtige oplossing met succes te kunnen inzetten (ze zijn morfologisch heel verschillend van de Hollandse kust) is de kennis nog niet toereikend. Vanuit kustbeheer zijn zandmotoren op de rechte delen van de Waddenkust en lokaal op de Hollandse kust opportuun.

Voor natuur en recreatie zijn zandmotoren vooral aantrekkelijk langs de Hollandse kust. Een belangrijke meerwaarde kunnen zandmotoren hebben voor natuur bij het realiseren van lange doorgaande gradiënten dwars op de kust. Langs de kusten in het Waddengebied en het Deltagebied hebben ze weinig meerwaarde, omdat zandmotorachtige landschappen daar al van nature voorkomen.

Uit oogpunt van de overige waarden en functies is gebleken dat kustuitbreiding ten zuiden van de haven van Scheveningen de verzilting van het achterland daar kan beperken. Omdat

**Titel**

De bruikbaarheid van het concept zandmotor

**Opdrachtgever**

Rijkswaterstaat Water,  
Verkeer en Leefomgeving

**Project**

1221025-000

**Kenmerk**

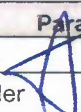
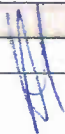

1221025-000-ZKS-0009

**Pagina's**

47

duinvorming daarbij van belang is zou dit met zandmotoren kunnen worden gerealiseerd en onderhouden.

Uit bovenstaand komt duidelijk naar voren dat de kansen voor zandmotoren afhankelijk zijn van de lokale behoeften. Ook een enkele functie kan al een reden vormen voor aanleg. Het blijkt dat er langs de hele Nederlandse kust wel kansen zijn voor het realiseren van zandmotoren en dat het concept Zandmotor bruikbaar is. De plekken waar het concept Zandmotor het best bruikbaar is voor een multifunctionele toepassing liggen langs de Noord-Hollandse kust en langs de kust van Delfland waar de eerste Zandmotor werd aangelegd. Verdere verkenningen zouden zich kunnen richten op de optimalisatie voor wat betreft levensduur gegeven de lokale werking van het dynamisch systeem en de daaruit voortvloeiende economische haikbaarheid.

<b>Versie</b>	<b>Datum</b>	<b>Auteur</b>	<b>Paraaf</b>	<b>Review</b>	<b>Paraaf</b>	<b>Goedkeuring</b>	<b>Paraaf</b>
	juli. 2016	Albert Oost		Marcel Taal		Frank Hoozemans	
		Amrit Cado van der Lelij					
		Mark de Bel					
		Gualbert Oude Essink					
		M. Löffler					

**Status**

definitief



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>1</b>
1.1	Achtergrond en doelstelling Bruikbaarheidsstudie	1
1.2	Samenhang met overige studies	2
1.3	Aanpak	3
<b>2</b>	<b>Achtergrond van de pilot Zandmotor</b>	<b>7</b>
2.1	Beleid van de Nederlandse kust	7
2.2	Sedimentstrategie	7
2.3	Aanleg van de pilot Zandmotor	9
<b>3</b>	<b>Leerpunten pilot Zandmotor: voor en tijdens de aanleg</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>Leerpunten pilot Zandmotor: na de aanleg</b>	<b>13</b>
4.1	Bruikbaarheid uit het perspectief van kustveiligheid	13
4.1.1	Bevindingen	13
4.1.2	Kanttekeningen	13
4.1.3	Leerpunten	15
4.2	Bruikbaarheid uit het perspectief van natuur	16
4.2.1	Opgetreden ontwikkelingen	16
4.2.2	Pilot Zandmotor kanttekeningen	16
4.2.3	Leerpunten	19
4.3	Bruikbaarheid uit het perspectief van recreatie	19
4.3.1	Opgetreden ontwikkelingen	19
4.3.2	Kanttekeningen	19
4.3.3	Leerpunten	20
4.4	Bruikbaarheid uit het perspectief van kennisontwikkeling en innovatie	20
4.4.1	Ontwikkelingen	20
4.4.2	Kanttekeningen	21
4.4.3	Leerpunten	21
4.5	Bruikbaarheid uit het perspectief van kosten	21
4.5.1	Achtergrond	21
4.5.2	Leerpunten	22
4.6	Overige waarden en functies	23
4.6.1	Discussie	23
4.6.2	Leerpunten	24
<b>5</b>	<b>Functies en waarden langs de Nederlandse kust</b>	<b>27</b>
5.1	Inleiding	27
5.2	Kustbeheer	27
5.3	Natuur	28
5.4	Inrichting en recreatie	31
5.5	Overige functies en waarden	32
<b>6</b>	<b>Kansen voor zandmotoren langs de Nederlandse kust</b>	<b>35</b>
6.1	Criteria voor het bepalen van kansen	35
6.1.1	Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor kustbeheer	35
6.1.2	Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor natuur	35

6.1.3	Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor recreatie	36
6.1.4	Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor overige functies	37
6.2	Conclusies en aandachtspunten per gebruiksfunctie	37
6.2.1	Kustbeheer en kustveiligheid	37
6.2.2	Natuur	39
6.2.3	Recreatie	40
6.2.4	Overige functies en waarden	41
6.3	Bruikbaarheid algemeen	43
<b>7</b>	<b>Literatuur</b>	<b>45</b>
<b>Bijlage(n)</b>		
<b>A</b>	<b>Kostenafweging</b>	<b>A-1</b>
<b>B</b>	<b>Kaarten huidige gebruiksfuncties</b>	<b>B-1</b>
<b>C</b>	<b>Kaarten wensen gebruiksfuncties</b>	<b>C-1</b>
<b>D</b>	<b>Kansenkaarten</b>	<b>D-1</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond en doelstelling Bruikbaarheidsstudie

In 2011 is voor de kust van Ter Heijde en Den Haag een experimentele megasuppletie neergelegd: de pilot Zandmotor Delflandse Kust (Figuur 1.1). Het zand werd neergelegd in de vorm van een haak, met een duinmeer aan de voet en een lagune tussen de uitloper en de bestaande kust. Gelijktijdig met de aanleg zijn twee vooroeversuppleties aan weerszijden van de Zandmotor aangelegd. Meer informatie over de vormgeving en de ontwikkelingen op de Zandmotor is te lezen in hoofdstuk 2.



Figuur 1.1 Bovenaanzicht pilot Zandmotor juli 2011. Foto: Joop van Houdt

De Zandmotor is een pilot voor een innovatieve manier van kustonderhoud, waarbij in één keer netto bijna 19 miljoen m<sup>3</sup> zand is aangebracht in plaats van de reguliere, regelmatig herhaalde kleinere strand- en vooroeversuppleties. Wind, golven en stroming verspreiden het zand langs de kust.

Voor de pilot Zandmotor werden de volgende drie doelen geformuleerd:

- Het stimuleren van natuurlijke duinaangroei in het kustgebied langs de Delflandse kust, tussen Hoek van Holland en Scheveningen. Deze duinaangroei dient verschillende functies: veiligheid, natuur en recreatie.
- Het genereren van kennisontwikkeling en innovatie om de vraag te beantwoorden in welke mate kustonderhoud, meerwaarde voor recreatie en natuur gezamenlijk te realiseren zijn.
- Het toevoegen van een aantrekkelijk recreatie- en natuurgebied aan de Delflandse kust.

Het vierde doel dat bereikt moet worden is *'het op een goede wijze beheren van de Zandmotor en omgeving'*. Het gaat daarbij voornamelijk om recreatieveiligheid en om het voorkomen van ongewenste invloeden van de Zandmotor op natuurwaarden in het bestaande duingebied.

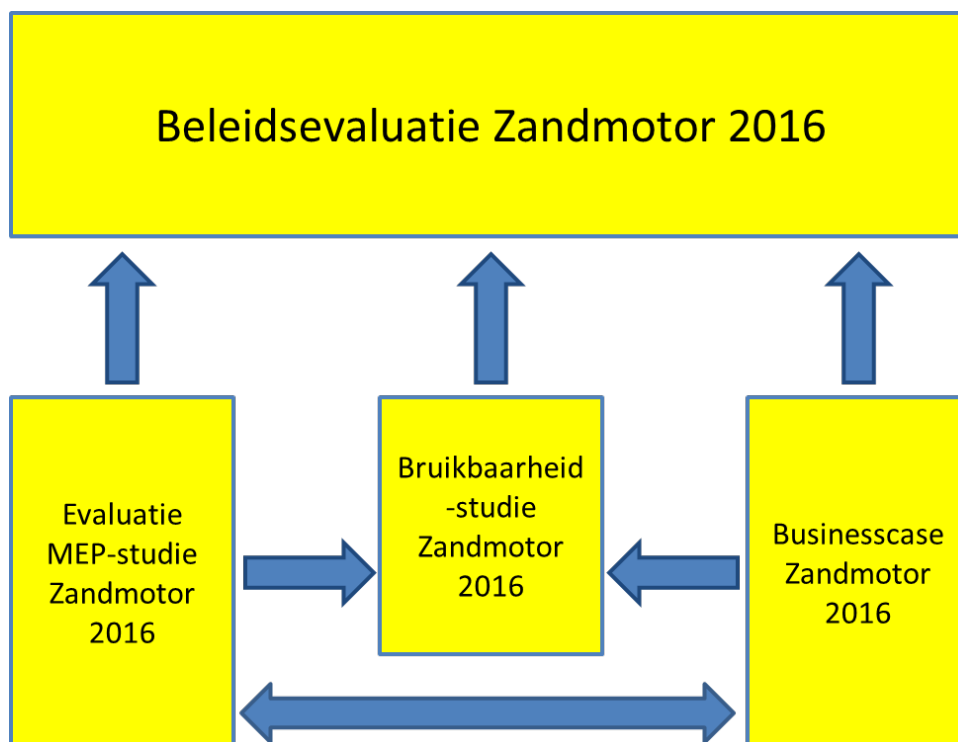
Om te volgen hoe de pilot Zandmotor zich ontwikkelt, is er in de voorbereiding van de aanleg van de Zandmotor een monitoring- en evaluatieplan (MEP) opgesteld (DHV, 2010). In dat kader worden er sinds 2011 allerlei metingen uitgevoerd. Daarbij wordt samengewerkt met universitaire programma's NatureCoast en NEMO. De waarnemingen die daarbij gedaan worden laten de effecten zien van in één keer neerleggen van een grote hoeveelheid zand ten opzichte van elke ca. vier jaar een suppletie neerleggen.

Bij de aanleg van de pilot Zandmotor is afgesproken dat er in 2016 een eerste evaluatie plaatsvindt, als voorbereiding op de eindevaluatie in 2021. Een belangrijke vraag die in 2021 zal moeten worden beantwoord luidt: *"is het concept van de Zandmotor bruikbaar en eventueel in te zetten op andere locaties in Nederland?"* Om meer inzicht hierin te krijgen is in 2014 een verkenning naar de bruikbaarheid (Dulfer e.a., 2014) en in 2015-2016 deze bruikbaarheidsstudie uitgevoerd. Voorliggend rapport beschrijft de resultaten van deze studie. Het rapport geeft inzicht in de lessen die zijn geleerd voor, tijdens en na de aanleg van de pilot Zandmotor, mede gebaseerd op de Business case Zandmotor en de resultaten van het Monitorings- en Evaluatie Programma (MEP). De tweede belangrijke bouwsteen voor de bruikbaarheid zijn de functies en waarden langs de kust en de wensen voor de toekomst vanuit die functies. Op basis daarvan worden kansen beschreven van het toepassen van het concept Zandmotor elders langs de Nederlandse kust, als alternatief voor of ter aanvulling op reguliere suppleties.

## 1.2 Samenhang met overige studies

Dit rapport kan niet los worden gezien van twee andere evaluatierapporten over de pilot Zandmotor die in het voorjaar van 2016 zijn verschenen (Figuur 1.1):

- *Rapportage eerste vier jaar Monitorings- en Evaluatie Programma (MEP)*  
Deze rapportage beschrijft de opgetreden veranderingen en geeft een antwoord op evaluatievragen die in het uitvoeringsprogramma MEP Zandmotor (Tonnon e.a., 2011; Taal, 2016) zijn geformuleerd. Aan deze rapportage liggen gedetailleerde rapportages ten grondslag over kustveiligheid, morfologie, ecologie en recreatie.
- *Beleidsevaluatie 2016*  
In dit document wordt beoordeeld in hoeverre de pilot Zandmotor bijdraagt aan de gestelde beleidsdoelen: veiligheid tegen overstromen, meerwaarde voor natuur en recreatie, beheerbaarheid van de Zandmotor en kennisontwikkeling op deze terreinen. Daarnaast richt de beleidsevaluatie zich op de samenwerking en het contextmanagement rondom de pilot Zandmotor.
- *Sand Motor - Guidelines en Tools and Business case*  
Dit product is uitgebracht door de Stichting Ecoshape, die als doel heeft om kennis en ervaring over 'Building with Nature' (waaronder de zandige strategieën) te ontwikkelen, te verspreiden en te in praktijk te brengen (De Boer e.a., 2015).



Figuur 1.2 overzicht van de samenhang tussen de vier studies.

Alle studies zijn min of meer parallel uitgevoerd. Steeds moet in het achterhoofd worden gehouden dat de pilot Zandmotor er pas 5 jaar ligt en dat de natuurlijke processen over langere tijd verlopen. Dat betekent dat er op basis van de lopende monitoring en voorlopige resultaten weliswaar een eerste indruk kan worden gegeven over de bruikbaarheid van de pilot Zandmotor, maar dat er langere tijd moet worden gemonitord om een volledig beeld te kunnen geven.

### 1.3 Aanpak

Deze bruikbaarheidsstudie hanteert de volgende definitie van het concept Zandmotor: *'Het toevoegen van een overmaat aan zand aan het kuststelsel, dat vervolgens door natuurlijke (stromings)processen wordt herverdeeld en veelal leidt tot tijdelijke kustuitbreiding en bijdraagt aan één of meer functies en waarden, zoals recreatie, natuur, veiligheid voor overstroming, eventuele andere functies en waarden of kennisontwikkeling.'* Dat betekent dat het concept qua vormgeving, volume en plaats ten opzichte van de kustlijn kan afwijken van de bestaande pilot Zandmotor Delflandse Kust. Het begrip 'bruikbaarheid' wordt als volgt gehanteerd (naar Royal HaskoningDHV, 2014):

- De mate waarin een 'zandmotorachtige maatregel' aan de doelstellingen voldoet.
- De mate waarin een 'zandmotorachtige maatregel' toepasbaar is zonder te grote nadelige neveneffecten.
- De mate waarin een 'zandmotorachtige maatregel' fysiek toepasbaar is.

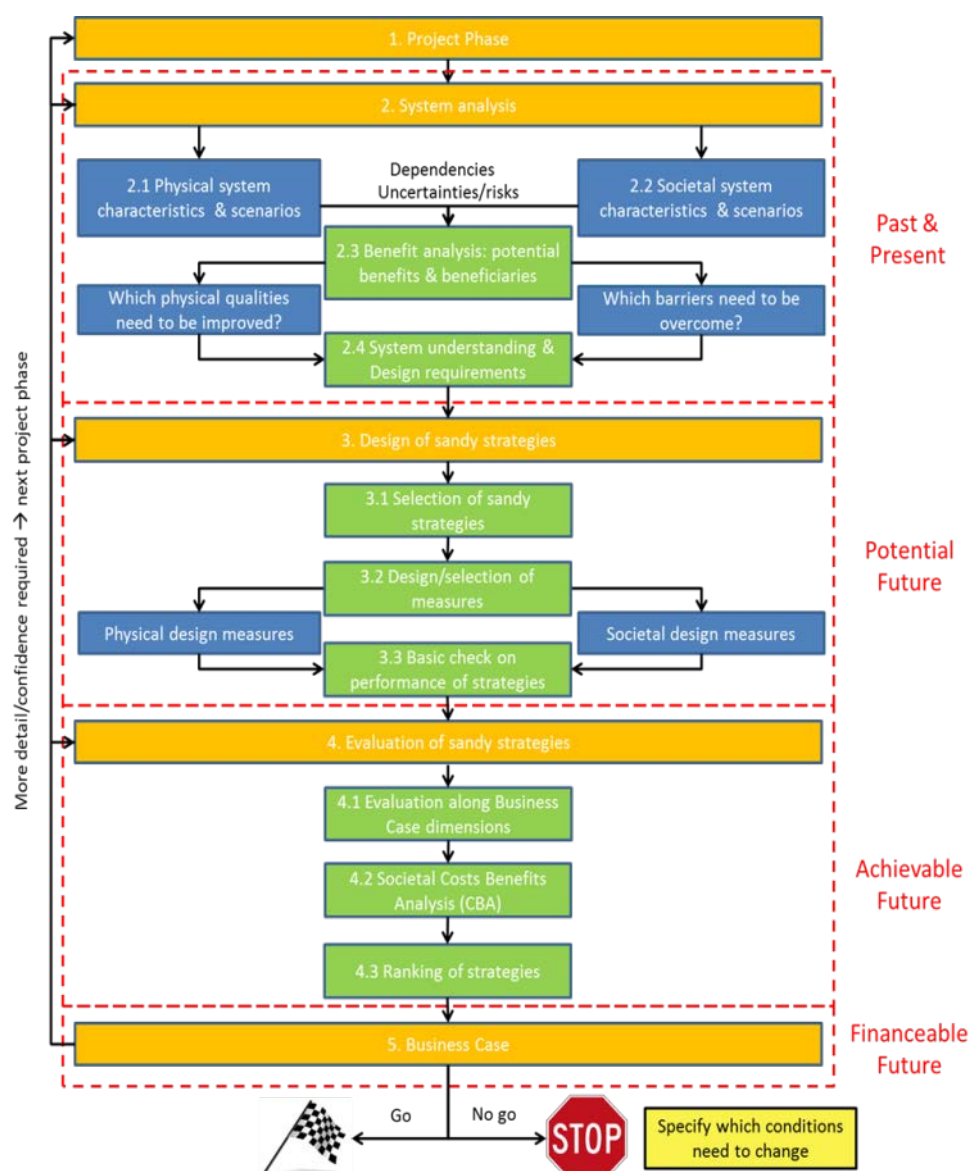
#### Leerpunten

In de studie zijn uit bestaande informatie leerpunten gedestilleerd die belangrijk zijn voor de keus voor eventuele toekomstige zandmotoren langs de Nederlandse kust en voor het ontwerp ervan. Het gaat om leerpunten op het gebied van kustbeheer, natuur, recreatie en inrichting, kennisontwikkeling, overige functies en kosteneffectiviteit. Daarvoor is gekeken naar de opgetreden ontwikkelingen, naar de mate waarin de doelen zijn gehaald en naar de kennis die is ontwikkeld. De

pilot Zandmotor wordt hierbij gezien als een *innovatie*. Innovaties kennen een zekere mate van risico, maar ook van het niet voldoen aan verwachtingen kan veel worden geleerd. Daarnaast zijn sommige succesfactoren zo waardevol dat daarmee de hele innovatie als een succes kan worden beschouwd. In deze studie is er voor gekozen om leerpunten te destilleren uit de succes- en faalfactoren die bij de pilot naar voren zijn gekomen.

### *In beeld brengen van de bruikbaarheid voorafgaand aan de realisatie*

Als methode hiervoor zijn de stappen gevolgd uit een raamwerk dat is ontwikkeld binnen het project 'Business case Zandmotor', waarmee de mogelijkheden voor bepaalde zandige oplossing in beeld worden gebracht (Figuur 1.3; zie voor een volledige beschrijving de Boer e.a., 2015). Ook de kosteneffectiviteit is in beeld gebracht, waarbij gebruik is gemaakt van de Life Cycle Cost aanpak (zie ook: de Weerd, 2015).



Figuur 1.3 Raamwerk voor de ontwikkeling van een zandige strategie (de Boer e.a., 2015)

### *Huidige en toekomstige functies en waarden*

Om inzicht te krijgen in de bruikbaarheid van het concept Zandmotor is geïnventariseerd welke functies en waarden in de toekomst een rol spelen in het Nederlandse kuststelsel (hoofdstuk 5). Daarbij is gekeken naar kustbeheer, natuur, recreatie en inrichting en overige functies en waarden. Er zijn kaarten gemaakt van bestaande functies (er van uitgaande dat deze in de toekomst behouden blijven) én van toekomstige wensen (er van uitgaande dat deze al zijn ingepland en een juridische status hebben binnen de Wet Ruimtelijke Ordening). Plannen die deze status missen zijn niet meegenomen, met uitzondering van inzichten over verzilting van Deltares (Oude Essink & Waterman, 2016) en over een meer natuurlijke ontwikkeling van de duinen (Lammerts en van Haperen, 2015). Meer informatie staat in inzet III in hoofdstuk 4. Over elkaar heen gelegd vormen deze kaarten de 'wensenkaarten' voor de komende 20-30 jaar.

#### *Kansenkaarten*

Op grond van de wensenkaarten zijn aparte kansenskaarten geproduceerd voor kustbeheer, natuur, recreatie en inrichting en overige functies en waarden. De criteria waarop deze kansen zijn gebaseerd worden beschreven in paragraaf 6.1. De gecombineerde kansenskaarten geven vervolgens de gebieden aan met het hoogste potentieel voor een zandmotorachtige oplossing. Het exacte ontwerp van zo'n oplossing valt buiten de scope van deze bruikbaarheidsstudie. Wel worden aanbevelingen gegeven voor een goed ontwerp.

#### *Conclusies en aanbevelingen*

Op basis van de leerpunten, de wensenkaarten én de kansenskaarten zijn conclusies getrokken over de bruikbaarheid van zandmotoren. Op basis daarvan worden aanbevelingen geformuleerd die van belang zijn voor het toepassen van het concept Zandmotor, of elementen daarvan, op andere locaties in Nederland.





## 2 Achtergrond van de pilot Zandmotor

### 2.1 Beleid van de Nederlandse kust

Het kustbeleid is verankerd in de Waterwet. De veiligheid van de kust wordt op drie manieren geborgd:

- De zorg voor veilige waterkeringen (het handhaven van de veiligheidsnorm, die is gesteld aan de primaire waterkering);
- Het handhaven van de kustlijn (met de basiskustlijn als norm);
- Het in evenwicht houden van het kustfundament met relatieve zeespiegelstijging. Het kustfundament is de zone waar het zand het meeste in beweging is. De grenzen van het kustfundament liggen aan de zeewaartse zijde op de doorgaande NAP -20 m dieptelijn en aan de landzijde op de lijn waar de duinen overgaan in het achterland (de binnenduinrand).

De drie sporen hangen op de volgende wijze samen: om het achterland te beschermen tegen de zee moeten de duinen sterk genoeg zijn en voldoende zand bevatten. Daarvoor is het belangrijk dat er voldoende zand in de kustzone aanwezig is, dat door wind en water wordt verdeeld tussen brandingszone, strand en duinen. Als er voldoende zand in de kustzone aanwezig is, wordt structurele erosie van de kust voorkomen. Het in evenwicht houden van het kustfundament zorgt ervoor dat de kustzone van Nederland (op de lange termijn bekeken) meegroeit met de stijgende zeespiegel.

Om deze redenen voert Rijkswaterstaat sinds 1991 elk jaar zandsuppleties uit, met de basiskustlijn (grofweg de kustlijn uit 1990) als norm. Het zand hiervoor komt uit de diepere Noordzee (beneden de doorgetrokken -20m dieptelijn). Om het natuurlijke karakter te bevorderen worden kustdelen waar dit mogelijk is 'dynamisch beheerd'. De invloed van wind en zee wordt toegelaten of zelfs bevorderd.

### 2.2 Sedimentstrategie

De strategie om zandverliezen aan te vullen wordt ook wel 'de sedimentstrategie' genoemd. Veel mensen zijn zich er niet of nauwelijks van bewust hoe succesvol en innovatief de Nederlandse sedimentstrategie is voor de veiligheid van de Nederlandse kust. Deze aanpak is mogelijk gemaakt, doordat het kuststelsel vanaf het begin af aan is gezien als één samenhangend geheel, waarover veel kennis is ontwikkeld. Dit bewustzijn is de basis voor een reeks belangrijke innovaties, waardoor Nederland wereldwijd voorop loopt waar het gaat om het handhaven van de kustveiligheid, namelijk (Figuur 2.1):

#### *Jaarlijkse kustmetingen*

Sinds 1964 worden de jaarlijkse metingen van de hoogte van profielen dwars op de kust digitaal opgeslagen in een database. Sinds 1990 wordt op basis van deze gegevens jaarlijks bepaald waar er zand gesuppleerd moet worden, om de kustlijn te handhaven. De systematische monitoring aan de hand van kustraden was in die tijd uniek in de wereld.

#### *Vooroeversuppleties*

In de periode 1990-2000 werd er jaarlijks 7,5 miljoen m<sup>3</sup> zand gesuppleerd, vooral in de vorm van strandsuppleties met zandvolumes tot 1 miljoen m<sup>3</sup>. Langzamerhand werd het zand steeds vaker op de vooroever aangebracht, omdat men zich realiseerde dat ook vooroeversuppleties effectief waren om erosie tegen te gaan (Hoekstra e.a., 1994) en bovendien relatief goedkoop

waren (kostprijs zand per m<sup>3</sup>). Het meer en meer toepassen van vooroeversuppleties bleek een belangrijke innovatie in het Nederlandse kustbeheer. Het sedimentbeheer is ook uitgebreid met suppleties langs de wanden van geulen, om tegelijkertijd de zandvoorraden op peil te houden én te voorkomen dat de geulen te ver landwaarts opdringen. De kracht van zulke innovaties is dat ingrijpen met steenbestortingen (die veel minder passen bij het zandige systeem) wordt vermeden.

#### *Schaalvergroting van suppleties*

Het totale suppletievolume is in 2001 gegroeid naar 12 miljoen m<sup>3</sup> zand per jaar. Dit getal komt overeen met de zandbehoefte van het kustfundament om te kunnen 'meegroeien' met de huidige zeespiegelstijging (2 mm/jaar). Als het in de toekomst nodig is, omdat bijvoorbeeld de zeespiegel sneller stijgt, kan dit volume worden vergroot: ook een voordeel van de flexibele handhaving van de kust met behulp van zandsuppleties. In de loop er tijd is het zandvolume van individuele suppleties eveneens toegenomen, waarbij al meerdere malen suppleties met een volume van ca. 5 miljoen m<sup>3</sup> zijn toegepast. Binnen deze trend van schaalvergroting passen megasuppleties zoals de pilot Zandmotor, waarvoor bruto 21,5 miljoen m<sup>3</sup> zand is verscheept (inclusief twee flankerende vooroeversuppleties). Ook met de versterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering door de aanleg van een zeewaartse uitbouw was veel zand gemoeid: 30 miljoen m<sup>3</sup> zand.

#### *Meerjarig aanbesteden*

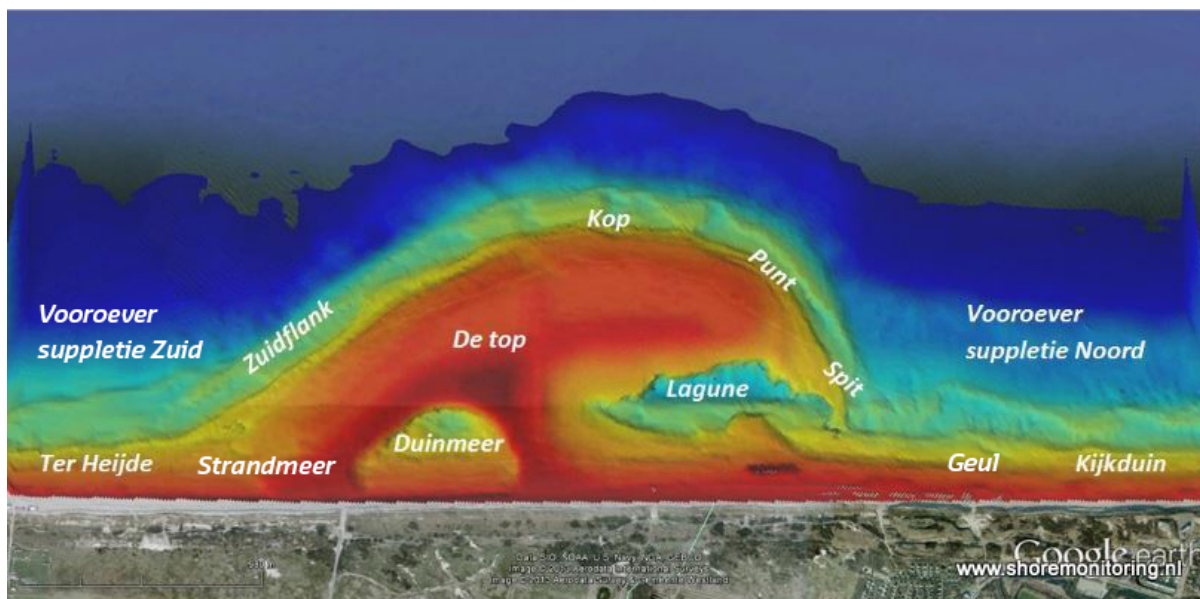
Een andere belangrijke ontwikkeling is het meerjarig aanbesteden van het suppletievolume voor kustonderhoud vanaf 2012. Hiermee heeft het rijk een substantiële verlaging van de suppletieprijs per m<sup>3</sup> bereikt, met ca. 25%. Zoals we bij de economische evaluatie van de pilot Zandmotor zullen zien (paragraaf 4.5) speelt dit een belangrijke rol in de afweging. Immers: de keuze voor het type suppletie is steeds weer een afweging van kosten en baten en de (morfologische) mogelijkheden van het gebied. De aanleg van een overmaat zand is enerzijds duurder dan 'just in time' suppleren omdat geld eerder moet worden uitgegeven. Anderzijds is een grote suppletie per m<sup>3</sup> zand goedkoper omdat veel werk in één keer wordt uitgevoerd. Het eenmalig neerleggen van veel zand in plaats van frequenter uitvoeren van kleinere suppleties heeft mogelijk als voordeel dat dit minder natuurverstoring geeft en dat er meer gebruikt kan worden gemaakt van de bouwkrachten van de natuur. Het kan ook tijdelijk een gebied creëren met ruimte voor andere doelen zoals natuur en recreatie. Dit past in het streven van het kabinet om met de beschikbare hoeveelheid geld voor kustsuppleties meer maatschappelijke doelen te dienen. Door het meerjarig aanbesteden van suppleties worden deze goedkoper en worden zandmotoren relatief minder kosteneffectief.



Figuur 2.1 Zandmotor als onderdeel van de sedimentstrategie (naar: van Gelder en Bruens)

### 2.3 Aanleg van de pilot Zandmotor

Nadat in 2010 de Delflandse kust was versterkt in het kader van de 'Zwakke Schakels', waarbij een nieuwe duinregel is aangebracht, werd in maart 2011 gestart met de aanleg van een schiereiland van 128 hectare (200 voetbalvelden) groot voor de kust van den Haag en Ter Heijde. Hiervan ligt 101 hectare boven NAP + 1 meter. Daarnaast werden er twee vooroeversuppleties aan weerszijden van de pilot Zandmotor aangelegd. De laatste lading sediment voor het schiereiland is aangebracht op 29 juni 2011. De noordelijke (kleine) vooroeversuppletie is vrijwel gelijktijdig voltooid en sluit aan op de punt van de Zandmotor. De zuidelijke vooroeversuppletie werd voltooid in november 2011. Deze suppletie ligt enkele kilometers van de zuidzijde van de Zandmotor. Baggerschepen hebben het zand 10 kilometer uit de kust gehaald en in het projectgebied opgespoten, in totaal 21,5 miljoen m<sup>3</sup> in de beun (= ca. 18,7 miljoen m<sup>3</sup> netto). Hiervan is 19 miljoen m<sup>3</sup> gebruikt voor de aanleg van het schiereiland en 2 en 0,5 miljoen m<sup>3</sup> voor respectievelijk de zuidelijke en noordelijke vooroeversuppletie. Het ontwerp van de pilot Zandmotor is een optimalisatie van het voorkeursalternatief 'Haak-Noord' uit de Milieueffectrapportage (DHV en HNS, 2010). Het ontwerp (genaamd 'basis-150') strekt zich 150 meter minder zee-wards uit dan het voorkeurs-alternatief. Bij de aanleg van de pilot Zandmotor zijn ook aanvullende beheermaatregelen en inrichtingsmaatregelen genomen. Deze zijn onder andere beschreven in de Milieueffectrapportage ((DHV en HNS, 2010).



Figuur 2.2 kaart van de pilot Zandmotor met naamgeving en onderdelen. Bron: Shore, 2013.

#### Onderdelen van de pilot Zandmotor

Er worden verschillende onderdelen onderscheiden binnen de pilot Zandmotor (zie Figuur 2.2). De zuidflank van de Zandmotor zandt aan waardoor zich hier een strandvlakte ontwikkelt. In het middendeel liggen 'de top' (bewust aangelegd op + 6 m NAP), het duinmeer (ook bewust aangelegd) en de lagune (die zich heeft ontwikkeld door de vorming van een langgerekte zandplaat: 'de spit'). Verder ligt hier "de kop", die onderhevig is aan erosie. In het noorden bevinden zich de spit en de daarvan landwaarts liggende meanderende geul die de lagune verbindt met de Noordzee. Net als in het zuiden vindt hier zeewaartse aangroei plaats van de kust.

Sinds de aanleg van de pilot Zandmotor in 2011 is de vorm veranderd van een bijna symmetrische klokvorm in een meer driehoekige vorm met holle kustbogen. Het zandlichaam werd in vier jaar ongeveer 260 meter smaller en 2,2 kilometer langer. De grootste dynamiek is aan de noordzijde, waar ook de lagune en de geul liggen.

### 3 Leerpunten pilot Zandmotor: voor en tijdens de aanleg

De internationale belangstelling voor de pilot Zandmotor en de kansen die dit biedt voor het Nederlandse bedrijfsleven waren voor de stichting Ecoshape aanleiding een raamwerk te laten maken voor het ontwikkelen en realiseren van zandige 'Building With Nature' concepten (De Boer e.a., 2015). Dit raamwerk is in die studie ook getoetst op bruikbaarheid. Dit is onder meer gebeurd door (hypothetisch) opnieuw vanuit de situatie van de Delflandse kust in 2006 te starten. Indien de daadwerkelijke casus Zandmotor wordt beschouwd, dan blijkt dat de destijds gevolgde stappen en strategie tijdens de voorbereiding- en aanleg van de pilot Zandmotor behoorlijk overeenkomen met de later ontwikkelde methodiek. Dit geeft het vertrouwen dat het raamwerk goed bruikbaar is voor het ontwikkelen van zandige oplossingen.

Voor de realisatie van een pilot Zandmotor bleek (zowel terugkijkend, als de Ecoshape-methodiek volgend) essentieel dat er zowel vanuit kustonderhoud als vanuit de omgeving behoefte was aan zand. Er wordt in dit kustdeel regelmatig gesuppleerd om de kustlijn te handhaven en de provincie Zuid-Holland had de vraag naar meer ruimte voor recreatie en natuur, omdat de regio sterk verstedelijkt is (DHV en HNS, 2010). Daarnaast werd kennisontwikkeling en exporteerbaarheid van het concept Zandmotor van belang gevonden (Baltissen, 2015; De Boer e.a., 2015; Stive, interview Trouw, 20 feb 2016). Het samenbrengen van al deze wensen in één multifunctioneel ontwerp was een aansprekend idee, waarover steeds meer stakeholders enthousiast werden (Baltissen, 2015). De belangrijkste initiatiefnemer bleek de provincie Zuid-Holland. Vooral gedeputeerde Dwarshuis heeft een actieve rol gespeeld bij de besluitvorming.

Al in 2005 bleek dat strandbezoekers over het algemeen geen noemenswaardige bezwaren hadden tegen een zandmotor bij Delfland. Dat lag genuanceerder bij lokale stakeholdergroepen, die óf geen kustuitbreiding wilden, óf eentje zonder bebouwing (Berendsen e.a., 2005). Mede hierdoor werd in 2005 vergroting van de veiligheid van die kustzone essentieel gevonden, maar liepen de ideeën over de benutting en de inrichting van een eventuele kustuitbreiding sterk uiteen. Belangrijke belanghebbenden binnen Rijkswaterstaat stelden vraagtekens en/of voorwaarden (Rijkswaterstaat, 2005; Berendsen e.a., 2005). Rijkswaterstaat heeft hier vervolgens studies naar laten doen (DHV e.a., 2007; Bruens, 2007). Kort daarna, begin 2008, werd de Ambitieovereenkomst tussen betrokken overheden en de Milieufederatie Zuid-Holland getekend die de ambitie tot ontwikkeling van de Zandmotor uitsprak (Ambitieovereenkomst Zandmotor, 2008). In 2010 werd het besluit tot realisatie genomen (Rijkswaterstaat, 2010; PHZ, 2010). Lokale groeperingen (LPF Westland, actiecomité 'Stop de Zandmotor') verzetten zich nog tegen het project, onder andere verwijzend naar de drinkwater- en zwemveiligheid. Met het plaatsen van een pompsysteem om verzilting tegen te gaan werd de drinkwaterveiligheid veilig gesteld. De "Samenwerkingsovereenkomst Strandbewaking en Toezicht Zwemveiligheid Zandmotor" verzekerde voldoende zwemveiligheid.

De belangrijkste leerpunten:

- De pilot Zandmotor sluit aan op zowel het fysieke als het maatschappelijke systeem (bezien door Businesscase bril), wat essentieel is voor de bruikbaarheid.
- De pilot Zandmotor is een vrij snelle ontwikkeling geweest van een goed en aansprekend multifunctioneel idee op het gebied van kustbeheer, ecologie, recreatie en de ontwikkeling/export van kennis. De kansen voor een zandmotor worden mede bepaald door een multifunctioneel ontwerp én de aanwezigheid van een aansprekend idee.

- De vormgeving van de pilot Zandmotor werd vooral gestuurd door de wens om ruimte te creëren voor (tijdelijke) recreatie en aantrekkelijke natuur. Het kustbeheer vormde meer een randvoorwaarde. Het leerpunt hierbij is dat de vormgeving van een zandmotor door verschillende wensen moet kunnen worden bepaald.

## 4 Leerpunten pilot Zandmotor: na de aanleg

### 4.1 Bruikbaarheid uit het perspectief van kustveiligheid

#### 4.1.1 Bevindingen

Met het Nederlandse kustbeleid en de sedimentstrategie in het achterhoofd (zie hoofdstuk 2), worden de volgende conclusies getrokken over de bruikbaarheid van het concept Zandmotor:

Het concept Zandmotor sluit op een logische manier aan op de sedimentstrategie en op de traditie van innovatie en kennisontwikkeling die kenmerkend is voor het Nederlandse kustbeleid. Het is een instrument dat ingezet zou kunnen worden voor het kustbeheer. Voor de aanleg van een zandmotor voor kustonderhoud is uiteraard wel veel zand nodig is, wat consequenties heeft voor het suppletieprogramma van jaarlijks 12 miljoen m<sup>3</sup> zand. De keuze voor een zandmotor binnen het reguliere suppletieprogramma impliceert dan het sparen van zand over een aantal jaren. Dit ligt uiteraard anders als andere financieringsbronnen van zand, zoals het Hoogwaterbeschermings-programma in beeld zijn. Deze keuzes worden verder niet beschouwd in deze studie.

Uit de tussentijdse evaluatie (Taal, 2016) blijkt dat de pilot Zandmotor waar deze is aangelegd een positieve initiële bijdrage aan de kustveiligheid heeft via zeewaartse verlegging van het afslagpunt. Ook vindt er duingroei plaats, maar minder sterk dan verwacht (zie onder kanttekeningen). Daarnaast blijkt uit de ontwikkeling in de afgelopen jaren dat door het kustparallel verspreiden van het zand een steeds groter deel van het kustvak een hogere veiligheid krijgt door de zeewaartse uitbouw. Al met al kan worden gesteld dat in de invloedssfeer van de Zandmotor de veiligheid van de primaire kering wordt verhoogd en de levensduur van de kustversterking wordt verlengd. Ook de momentane kustlijn is bij aanleg ter plekke van de Zandmotor zeewaarts verschoven, terwijl dit daarna ook in de aangroeiende gebieden gebeurde. Na vier jaar is er in het meetgebied nog maar 5% van de hoeveelheid zand die voor de Zandmotor is aangebracht verdwenen. Op basis daarvan mag de conclusie worden getrokken dat de levensduur van de Zandmotor langer is dan 20 jaar. De hoeveelheid zand waarmee de Zandmotor is aangelegd is voldoende om bijna 20 jaar het voeden van het kustfundament achterwege te kunnen laten (Taal, 2016). Het feit dat de pilot Zandmotor op hoofdlijnen werkt zoals verwacht, is, hoewel de lagune en de duinvorming wat achter blijven ten opzichte van de verwachtingen, een gegeven waarmee de innovatie nu al als een succes kan worden beschouwd voor kustbeheer.

#### 4.1.2 Kanttekeningen

Er zijn ook kanttekeningen bij de bruikbaarheid van het concept Zandmotor voor kustveiligheid:

- Bij het gekozen ontwerp van de pilot Zandmotor wordt de veiligheid langs de kust niet overal in één keer hoger. Bij mega-strandsuppleties en, na korte tijd, bij voorover suppleties is dit wel het geval (zie ook Bruens, 2007 en DHV en HNS, 2010 en Inzet I). Bij een dergelijke, meer conventionele en meer gestroomlijnde vorm zou hoogstwaarschijnlijk relatief het minste zand nodig zijn geweest om de basiskustlijn in het gehele Delflandse kustvak te handhaven (Bruens, 2007). E.e.a. moet nog blijken tijdens de verdere ontwikkeling van de Zandmotor, die nu steeds gestroomlijnder wordt. Ook zou het de moeite waard zijn om de ervaringen bij de pilot Zandmotor te vergelijken met ervaringen met grote bestaande suppleties zoals op Ameland en toekomstige megasuppleties. De mogelijke voordelen zijn aandachtspunten bij het ontwerp van nieuwe zandmotoren.

- Bij de Zandmotor in Delfland valt het positieve effect in de eerste jaren op de duinen tegen. Dit komt enerzijds door de morfologische aanpassing van de in 2010 aangelegde kustversterking (waardoor de duinvoet terug wijkt) en anderzijds door het gekozen ontwerp met lagune en duinmeer. De duinen die landwaarts van het duinmeer en de lagune ontvangen het zand dat het water instuift niet (Taal, 2016).

#### Inzet | De vorm van een zandmotor

Voor de huidige pilot Zandmotor is een ontwerp gekozen dat ca. 1 km uitsteekt in zee en daardoor een sterke dynamiek kent, waardoor er veel nieuwe inzichten worden verkregen in het functioneren. Een nieuwe zandmotor zou ook een ander ontwerp kunnen krijgen. Alternatieven zijn bestudeerd in de ontwerpfase en ook voor het ontwerp van de kustversterking Delfland en later voor de Hondsbossche zeewering. Ook kan uit de praktijk van zandhaken kennis worden afgeleid. Hier worden de belangrijkste conclusies kort op een rijtje gezet en besproken.

#### Areaal

- Van directe areaalwinst is alleen sprake bij de varianten die boven water aangelegd worden. Voor zoveel mogelijk directe areaalwinst per m<sup>3</sup> suppletiezand zou het beste dicht bij de bestaande kust (ondiep water) kunnen worden gesuppleerd, maar dit kan wel kostenverhogend werken (Bruens, 2007; Arcadis, 2013).

#### Veiligheid

- Varianten met een niet-gestroomlijnde (dus in de zee stekende) vorm kunnen erosie elders veroorzaken, wat gecompenseerd moet worden met extra suppleties waardoor de afname in het kustlijnonderhoud geringer is (Bruens, 2007; Tonnon e.a., 2008).
- De locatie van de zandmotor bepaalt in hoge mate de effectiviteit van de zandmotor met betrekking tot het tegengaan van kusterosie en dus het benodigde kustonderhoud (Tonnon e.a., 2008; DHV en H+N+S, 2010, Taal, 2016).
- Hoe lokaler de zandmotor, hoe kleiner de afname in kustonderhoud (cumulatief over het gehele gebied; Bruens, 2007).
- Vrijwel alle onderzochte vormen leveren een afname van het kustlijnonderhoud ten behoeve van de middenlange termijn veiligheid op (Bruens, 2007; Tonnon e.a., 2008).
- Alle zandmotoren dragen bij aan het ophogen van het kustfundament en dus aan de lange termijn veiligheid, de mate is afhankelijk van de zeespiegelstijgingsnelheid en het volume van de zandmotor (Bruens, 2007; DHV en H+N+S, 2010; Arcadis, 2013).
- Hoe breder (dwars op de kust) een mega-suppletie is hoe meer deze zal kunnen voorzien in duurzame veiligheid en meegroeien met de veiligheidsopgave (DHV e.a., 2007).

#### Dynamiek

- Minder gestroomlijnde vormen leveren een grotere dynamiek op dan gestroomlijnde ontwerpen. Bij vormen die uitsteken moet vooral in de eerste jaren rekening gehouden worden met sterke dynamiek, met lokale erosie van de zandlichamen met tientallen tot honderden m/jr en verticale veranderingen van enkele m/jr (Tonnon e.a., 2008).
- Op termijn (volgens modellen tot 10-20 jaar) worden alle zandmotor-vormen langs de kust 'uitgesmeerd' (Oost, 1995, 2012; Israel & Oost, 2001; Löffler e.a., 2008; Tonnon e.a., 2008; Taal, 2016).



De lagune heeft geleid tot de groei van een spit en een meanderende geul, zoals ook voorzien (Figuur 4.1; Deltares, 2009; DHV en HNS, 2010). De geul heeft in Delfland geen negatief effect gehad op de waterkerende duinen, vermoedelijk door de aanwezigheid van strekdammen. Bij een zandmotor met een lagune in het ontwerp moeten voorzorgsmaatregelen worden genomen om negatieve effecten te vermijden zoals deze op Ameland door de meanderende geulen wel optraden (Israel en Oost, 2001).



*Figuur 4.1 De -vermoedelijk dankzij strekdammen- vrijwel niet meanderende geul van de pilot Zandmotor, 12-11-2015 (RWS, van het Houdt).*

#### 4.1.3 Leerpunten

Het concept Zandmotor past binnen de Nederlandse sedimentstrategie en kan als mogelijk instrument worden ingezet voor het kustbeheer. De keuze voor een zandmotor impliceert dat zand uit het kustbeheerbudget moet worden gespaard, of dat gebruik moet worden gemaakt van andere financieringsbronnen van zand.

De vormgeving bepaalt de morfologische ontwikkeling (zowel op detailniveau als op het niveau van het hele kustvak), de verwachte levensduur en mogelijk de hoeveelheid onderhoudsuppleties. De gekozen huidige vorm verbetert de veiligheid en de positie van de kustlijn, vooral ter plekke van de pilot Zandmotor zelf en in de invloedssfeer, welke door de verspreiding van het zand steeds groter wordt. Een zandmotor met de vorm van een meer conventionele, gestroomlijnde mega-suppletie op het strand, zou dat directe positieve effect over een groter deel van het kustvak hebben. Het is niet duidelijk welke van de nu aanwezige recreatieve en natuurwaarden zich dan kunnen ontwikkelen. Deze twee uitersten in het ontwerpspectrum illustreren tevens de grote flexibiliteit van het concept Zandmotor.

## 4.2 Bruikbaarheid uit het perspectief van natuur

### 4.2.1 Opgetreden ontwikkelingen

Uit het MEP rapport (Taal, 2016) blijkt dat de variëteit aan leefmilieus en daarmee de potenties voor natuurwaarden door aanleg van de pilot Zandmotor zijn toegenomen. De spit, de hoogdynamische kustvlakte met droogvallende zandbanken, de met sediment opvullende lagune en duinmeer zijn landschapsvormen die niet tot nauwelijks aanwezig zijn langs de Hollandse kust. Door de vorm van de pilot Zandmotor is de diversiteit in habitats voor bodemdieren, vogels en vis toegenomen voor de kust als geheel. Vooral het beschutte, ondiepe deel van de lagune en de randen eromheen zijn aantrekkelijke gebieden voor bodemdieren en vogels. Het diepe deel van de lagune kende in 2015 lagere ecologische waarden dan eerder, als gevolg van de beperkte wateruitwisseling met de Noordzee en de afname van het zuurstofgehalte. Hierdoor was de functie voor jonge vis beperkt.

Het areaal nieuw gevormde duinen is met minder dan 1 hectare nog bescheiden. Deze duintjes liggen vooral op de oostelijke rand van de pilot Zandmotor, tegen de voet van de eerder aangebrachte kustversterking en ten zuidwesten van de pilot Zandmotor. Op het buitentalud van de kustversterking vindt de meeste duinvorming plaats, waarbij ecologisch minder waardevolle ingeplante helm is vervangen door het habitatype 'Witte duinen'. De nieuwe duintjes zijn erg dynamisch en daardoor landschappelijk aantrekkelijk.

Het aantal plantensoorten en het aantal groeiplaatsen neemt toe, maar als geheel is de pilot Zandmotor mondjesmaat begroeid. Het gaat om kenmerkende biestarwegras- en helmvegetaties, habitatypes waarvoor Nederland een internationale verplichting heeft. Op enkele plekken groeit zelfs de Rode Lijstsoort blauwe zeedistel. Tussen 2011 en 2015 zijn tegen de 40 vogelsoorten op meer dan incidentele basis waargenomen op en rond de Zandmotor. Er broeden tot nu toe geen vogels op de Zandmotor. Door het geringe aantal officiële tellingen is er weinig te zeggen over de betekenis van de Zandmotor van zeezoogdieren zoals de zeehond. Wel bestaat de indruk dat zowel broedpogingen als zeehondenrustplaatsen niet tot ontwikkeling komen door de verstoring door de mens (Taal, 2016).

### 4.2.2 Pilot Zandmotor kanttekeningen

Zowel de niet-levende als de levende natuur is in diversiteit toegenomen sinds de aanleg van de pilot Zandmotor. De Zandmotor in haar huidige vorm en bij het huidige beheer blijkt echter geen optimaal instrument voor het behalen van natuurdoelstellingen, om vijf redenen:

- De ontwikkeling van duinen, het duinmeer en de lagune is erg afhankelijk van variabele en toevallige factoren, zoals het weer. De haperende verversing van de lagune door de groei van de geul en het plotselinge herstel na doorbraak van een nieuwe geul is daar een voorbeeld van. Een ander voorbeeld is duinontwikkeling. Op strandvlakten is succesvolle duinontwikkeling, bij een voldoende strandbreedte van 200 m of meer (DHV e.a., 2007), een toevalsproces dat een keer in de 1 tot 2 decennia optreedt (De Groot e.a., 2015). Het is goed mogelijk dat na jaren waarin weinig ontwikkelingen optreden, er heel snel duinen ontstaan en zich vegetatie vestigt, bijvoorbeeld door het hoger worden van het strand of de invang van slib. Dit is bijvoorbeeld waargenomen op Ameland (Tooren en Krol, 2005). Dit zal voor de Zandmotor nog moeten blijken. Of een meer conventionele, gestroomlijnde megasuppletie met een kustdwarse breedte van 200 m of meer op het strand eerder leidt tot nieuwe duinvorming zou nader dienen te worden onderzocht. Kennis hierover ontstaat ook naarmate de Zandmotor verder 'uitgesmeerd' gaat worden langs de Delflandse kust.

### Inzet II Beheer van de pilot Zandmotor

De gemeente Den Haag maakt, in tegenstelling tot de gemeente Westland, elke dag in het toeristenseizoen het strand schoon door de toplaag te zeven. Daarbij verdwijnen niet alleen ongewenst afval, maar ook al het natuurlijke debris zoals wier, hout en grote schelpen uit het zand. Deze debris is echter belangrijk voor het op gang brengen van duinvorming. Het verschil tussen het strand langs de Delflandse kust, waar embryonale duinvorming wel plaatsvindt en het strand ter hoogte van Scheveningen, waar duinvorming ontbreekt, springt in het oog.



*Sporen van de strand schoonmaakmachine op het strand van de pilot Zandmotor (oktober 2015)*



*Het schone strand van Scheveningen zonder debris of duinvorming op de pilot Zandmotor; het bord geeft de grens met Westland aan met gelijk erachter de duinvorming. (oktober 2015)*



*Het strand van Westland op de pilot Zandmotor met op de voorgrond de zeeraket op het strand debris; het bord geeft de grens met Scheveningen aan. (oktober 2015)*

- Aangelegde landschapsvormen kunnen de ontwikkeling van natuurwaarden ook in de weg staan. De lagune en het duinmeer bijvoorbeeld, vangen zand in en vertragen daarmee de aangroei van duinen (Tonnon en Nederhoff, 2016; Taal, 2016).
- De verbinding tussen de lagune en de zee werd steeds langer door de vorming van de spit en de geul erachter. Dit heeft de wateruitwisseling tussen de Noordzee en de lagune beperkt, waardoor de waterkwaliteit en daarmee de ecologische waarde van de lagune is afgenomen (Imares, 2016).
- Qua bodemdieren was er in 2015, 4 jaar na de aanleg van de Zandmotor, nog geen duidelijke verschuiving naar langer levende bodemdiersoorten te zien in vergelijking met de reguliere suppleties. Of zich in het dynamische milieu van de Delflandse kust langer levende soorten kunnen gaan ontwikkelen, is nog de vraag. De waargenomen hoge zandtransporten en bijbehorende sortering van het zand verhinderen mogelijk de succesvolle vestiging van ouder wordende benthos soorten. Bij Ameland werden rond de snel ontwikkelende natuurlijke zandhaak maar weinig ouder wordende soorten waargenomen (P. Herman, pers. med.). Er kunnen echter nog geen doorslaggevende uitspraken worden gedaan over het uiteindelijke succes van de pilot Zandmotor voor natuurontwikkeling. De Zandmotor ligt er hiervoor nog te kort (Taal, 2016).
- Het beheer van de pilot Zandmotor is meer gericht op de mens en minder op ontwikkeling van bijzondere natuurwaarden. Het schoonmaken van het strand belemmert duinvorming (zie inzet II) en er is bewust niet voor gekozen om een zonering toe te passen door middel van aanwijzen van rust-, broed- en groeizones. Het recreatieve medegebruik verstoort vogels en zeezoogdieren. Er zijn succesvolle voorbeelden van beheer waarin natuur- en recreatiebeheer beter samen gaan. Dit blijkt uit de dagelijkse praktijk op de Waddeneilanden, waar uitrasteren, vlaggetjesroutes en zonering vrij algemeen worden toegepast.

### 4.2.3 Leerpunten

De Zandmotor en de ontwikkeling van natuurlijke vergelijkbare situaties, zoals de strandhaken van NW Ameland en Schiermonnikoog, leren dat de ontwikkeling van de natuur voor een belangrijk deel bepaald wordt door toevalsprocessen en niet heel precies gestuurd kan worden. De ontwikkeling van de natuur kan plots snel verlopen als er door 'toevalsprocessen' bepaalde drempels zijn overschreden. Zaken als de ontwikkeling van duinen, een lagune en een duinmeer zijn vanuit dat oogpunt moeilijk beheersbaar. Dat hoeft op zich geen probleem te vormen als men hier vanaf het begin rekening mee houdt.

Voorts kan de vormgeving van een zandmotor bijdragen aan duinvorming. Als nieuwe duinvorming het primaire doel is zou een strandbreedte van 200 m (tot GLW) volstaan en zullen de kansen mogelijk toenemen naarmate het strandgedeelte van de zandmotor langgerechter is. Ook werkt de aanleg van lagunes en duinmeren duinvorming tegen.

Keuzes in het recreatiebeheer bepalen ook de ontwikkeling van natuurwaarden. Zonatie, uitrastering en minder intensief schoonmaken helpen deze waarden te verhogen.

De les is dat het concept Zandmotor in potentie bruikbaar is voor het ontwikkelen van nieuwe natuurwaarden, maar dat dit sterk afhankelijk is van de doelen, het ontwerp, het gevoerde beheer en natuurlijke toevalsprocessen.

## 4.3 Bruikbaarheid uit het perspectief van recreatie

### 4.3.1 Opgetreden ontwikkelingen

De pilot Zandmotor voegt tijdelijk een extra gebied aan de Hollandse kust toe, met mogelijkheden voor natuur en recreatie die daar voorheen niet beschikbaar waren. Uit de opgetreden ontwikkelingen blijkt dat het huidige ontwerp van de pilot Zandmotor heeft geleid tot een landschap dat verder afwezig is langs de Hollandse kust en ruimte biedt aan extensieve recreatie (zoals gedefinieerd in Decisio, 2004). Uit het eerste recreatieonderzoek na aanleg van de Zandmotor blijkt dat de vier belangrijkste recreantengroepen badgasten, hondenuitlaters, wandelaars en (kite-, golf-, en wind)surfers zijn. Samen met uiteenlopende buitenactiviteiten zoals paardrijden, mountainbiken, vissen en hardlopen, resulteert dit in meer vormen van recreatie op het strand tussen Ter Heijde en Kijkduin dan voor aanleg van de Zandmotor het geval was (Taal, 2016).

De bezoekers raken steeds meer bekend met de verschillende aspecten van de Zandmotor. Tijdens en direct na de aanleg van de Zandmotor werd er kritisch tot gematigd kritisch naar gekeken door diverse stakeholders (Hfst 3; Berendsen e.a., 2005). Nu is een steeds grotere groep positief over de Zandmotor en ondervindt het project bredere steun.

### 4.3.2 Kanttekeningen

- Het ontwerp van de huidige pilot Zandmotor lijkt minder bruikbaar voor locaties waar massa-recreatie aanwezig is of ontwikkeld moet worden, omdat de afstand tot de waterlijn erg groot kan worden. Ook is de dynamiek waarschijnlijk te hoog. Indien men het karakter van een badplaats niet wil veranderen en toch gebruik wil maken van het concept Zandmotor zou een meer beperkte tijdelijke verbreding van het strand kunnen worden nagestreefd.

Er is (zoals vooraf voorzien; DHV en HNS, 2010) een meanderende geul ontstaan die de lagune met de Noordzee verbindt. Doordat het water in een dergelijke geul hard kan stromen, brengt dit

risico's met zich mee voor recreanten, vooral wanneer ze ingesloten raken tijdens deloed en ze zich zeewaarts van de geul bevinden (Figuur 4.2); dit heeft bij de zandhaak Ameland tot gevaarlijke situaties geleid. Als de lagune (grotendeels) afgesneden raakt van de Noordzee, waardoor het water niet meer wordt verversd kunnen er waarschijnlijk rottingsprocessen optreden. Dit is ook op Ameland gebeurd. Daar staat tegenover dat een lagune zeer aantrekkelijk is voor kitesurfers. Hoewel in het geval van de pilot Zandmotor de risico's in de hand zijn gehouden, dient bij een toekomstige zandmotor worden afgewogen of een lagune met geulvorming gewenst is.

- Ter hoogte van de kop van de pilot Zandmotor stroomt het zeewater erg snel. Dit is een punt van voortdurende aandacht, al heeft het geen problemen opgeleverd. Ook leidt de ver uitstekende kop tot een zeer breed zandstrand. Beide ontwikkelingen verminderen ter plekke de bruikbaarheid voor zwemmers.
- De bereikbaarheid en ontsluiting van de pilot Zandmotor is matig. Mogelijk leidt een betere ontsluiting tot meer recreatie, maar dit is niet onderzocht (DHV en HNS, 2010; De Boer e.a., 2015).

#### 4.3.3 Leerpunten

De pilot Zandmotor laat zien dat het concept Zandmotor in deze vorm bruikbaar is voor bepaalde vormen van recreatie. Het biedt rust, ruimte, natuur en weidsheid en is bij uitstek bruikbaar voor extensieve recreatie.

Bij eventuele toekomstige zandmotoren dient te worden afgewogen in hoeverre de aanleg van een lagune, met geulvorming tot gevolg, bruikbaar is voor stranden met veel badgasten en strandrecreatie. Andere ontwerpen zouden ook de inzet van het concept Zandmotor voor dergelijke intensieve recreatie mogelijk kunnen maken.



Figuur 4.2 Insluitingsgevaar op de pilot Zandmotor, 9 februari 2016

## 4.4 Bruikbaarheid uit het perspectief van kennisontwikkeling en innovatie

### 4.4.1 Ontwikkelingen

De Zandmotor werkt anders dan reguliere suppleties, wat nieuwe onderzoeksthema's oplevert. Daarnaast is de Zandmotor een multifunctionele oplossing die gekoppeld is aan de inrichting van het landschap en de processen die daar aan ten grondslag liggen. Dit laatste heeft geresulteerd in interdisciplinaire onderzoeksvragen en-thema's (nature based design / ecosystem services /

blauw en groen). Aan de pilot Zandmotor is dan ook een omvangrijk en langlopend kennisontwikkelingsprogramma gekoppeld. Tientallen onderzoekers van verschillende universiteiten en kennisinstellingen volgen de ontwikkelingen op de voet. Belangrijke onderzoeksthema's zijn: de ontwikkeling van de morfologie van strand- en brandingszone, het zandtransport door de wind, de ecologie van de ondiepe zee en brandingszone en de ecologische effecten van grote supplementies (Taal, 2016). Hieruit mag de conclusie getrokken worden dat, gezien de uitvoerige opzet van de bovengenoemde sporen, het doel 'kennisontwikkeling' voldoende wordt gerealiseerd (Taal, 2016). Ook vanuit dat perspectief kan de pilot Zandmotor al een succes worden genoemd.

De pilot Zandmotor heeft een innovatief karakter, waarvoor ook internationaal veel aandacht is (Van der Valk, pers. inf.; Stive, inf. Trouw). De sterk zeewaarts uitstekende vorm en het dynamisch karakter ervan dragen bij aan deze belangstelling. De pilot Zandmotor biedt bedrijfsleven en kennisinstellingen de mogelijkheid om ervaring op te doen met innovatief kustonderhoud. Het principe 'Building with Nature', waarop de pilot Zandmotor is gebaseerd, is een speerpunt van de waterbouwsector en wordt onder meer via een samenwerkingsverband van bedrijfsleven, kenniswereld en overheid uitgedragen. Zij hebben met de Zandmotor als voorbeeld de mogelijkheid in het buitenland te tonen dat waterbouw en ecologie hand in hand kunnen gaan voor veiligheid, economische ontwikkeling en leefomgeving. Er zijn meerdere plekken in het buitenland waar zandmotorachtige oplossingen in beeld zijn, zowel in Europa (Zweden, Verenigd Koninkrijk, België) als daarbuiten (Verenigde Staten, Mexico).

#### 4.4.2 Kanttekeningen

- Er is redelijk intensief gemotoriseerd verkeer op de Zandmotor, wat deels veroorzaakt wordt door onderzoekers. Dit verkeer heeft invloed op de ontwikkelingen op de Zandmotor via verstoring en bandensporen. Daarmee interfereert het met het onderzoek en de kennisontwikkeling. Een bewuste strategie om hiermee om te gaan ontbreekt tot nog toe.
- Op een aantal vlakken (grondwater, toerisme, strandbeheer) lopen nog geen uitgebreide onderzoeken.
- Waarschijnlijk zullen nieuwe zandmotorachtige oplossingen leiden tot nieuwe vraagstukken over de plek waar het zand wordt neergelegd en de vormgeving, het volume en het verwezenlijken van gebruiksfuncties en –waarden en de bijbehorende ontwikkeling van kennis. Verwacht mag worden dat de gestage opbouw van kennis het product 'Zandmotor' internationaal onder de aandacht zal houden.

#### 4.4.3 Leerpunten

De pilot Zandmotor is zeer bruikbaar gebleken uit oogpunt van kennisontwikkeling en innovatie. Ook van toekomstige zandmotoren wordt verwacht dat deze daaraan bijdragen en helpen om het concept Zandmotor internationaal te vermarkten.

Er zijn er nog veel vlakken waarop nieuwe kennis kan worden opgebouwd ten aanzien van ontwikkelingen rond zandmotoren.

### 4.5 Bruikbaarheid uit het perspectief van kosten

#### 4.5.1 Achtergrond

Via een kostenafweging (zie Bijlage A) is onderzocht in hoeverre de pilot Zandmotor kosteneffectief is. Met andere woorden: hoe pakt de pilot Zandmotor uit ten opzichte van het reguliere kustonderhoud uit als rekening wordt gehouden met de prijs van het zand, rente, onderhoudsbehoefte en levensduur? Deze studie is gebaseerd op een Life Cycle Costing (LCC) berekening, vanuit

het oogpunt van de kasstromen (cash flow) voor Rijkswaterstaat, waarbij een wettelijk vastgestelde discontovoet wordt gehanteerd (per 1 april 2016 is de wettelijk vastgestelde discontovoet voor LCC veranderd van 2,5 % naar 3 %, zie ook Bijlage A voor een nadere toelichting). De baten voor natuur en recreatie zijn hierin niet meegenomen omdat hierin onvoldoende cijfermatig inzicht is. Voor de diverse uitgangspunten, de alternatieven en de cijfermatige onderbouwing wordt verwezen naar bijlage A.

De LCC-studie maakt de volgende conclusies mogelijk:

- De aanleg van de pilot Zandmotor was een goed idee, alleen al vanuit oogpunt van kosten voor het onderhoud van de kust, uitgaande van de inzichten over zandbehoefte en de zandprijzen die er ten tijde van de besluitvorming waren. Dit staat nog los van de voordelen die de pilot Zandmotor heeft voor overige functies en waarden.
- Op basis van de huidige zandprijzen voor reguliere suppleties en de huidige inzichten over zandbehoefte voor de Delflandse kust is het, alleen vanuit oogpunt van kosten voor het onderhoud van de kust, geen goed idee meer, tenzij voor een zandmotor een beduidend lagere zandprijs kan worden bedongen of een ontwerp mogelijk is wat een veel langere werkduur realiseert dan het reguliere suppletieprogramma met evenveel zand. De belangrijke reden voor deze verandering is dat er vanaf 2012 het kustonderhoud meerjarig wordt aanbesteed. Dit leidde tot een verlaging van de suppletieprijs met circa 25 procent. Bij de huidige prijs van reguliere zandsuppleties (van 3,52 €/m<sup>3</sup> gemiddeld) moet voor een megasuppletie overeenkomend met de pilot Zandmotor een zandprijs worden gehaald van ten minste 1,74 €/m<sup>3</sup> om een zandmotor goedkoper te laten zijn voor kustonderhoud alleen.
- Of een zandmotorachtige oplossing efficiënt is voor het kustbeheer, kan worden geschat aan de hand van modellen. Voor verschillende ontwerpen, op verschillende locaties, met verschillende volumes zand en verschillende vormen, kan worden bepaald bij welke zandprijs een zandmotorachtige maatregel een voordeliger alternatief is voor het handhaven van de basiskustlijn of het in evenwicht houden van het kustfundament dan reguliere suppleties. Waarschijnlijk zal een zandmotorachtige oplossing vooral bij lage zandprijzen substantiële kostenbesparingen kunnen opleveren voor de kustveiligheid en het behoud van het kustfundament en de basiskustlijn.
- Een meer volledig afwegingskader vraagt meer kennis over de kosten en baten van verschillende vormen van megasuppleties, zodat de baten voor veiligheid, natuur, recreatie ook kunnen worden meegenomen.

#### 4.5.2 Leerpunten

De aanleg van de pilot Zandmotor was met de toenmalige inzichten over zandbehoefte en zandprijzen aantrekkelijk voor het kustonderhoud, nog los van overige functies en waarden die door het scheppen van een extra gebied geleverd worden. De huidige, beduidend lagere, zandprijzen en de geringere zandbehoefte veranderen deze situatie. Vanuit kustonderhoud alleen is een zandmotor een 'gelegenheidsinstrument voor kustbeheer' die kan worden ingezet op momenten dat zand tegen lage kosten verkrijgbaar is (werk met werk; DHV, 2009) in vergelijking met het verwachte langjarig (decennia) gemiddelde. Dit laatste kan misschien momenteel het geval zijn, zie Bijlage A. Echter, bij de keuze voor een zandmotor moet ook de mogelijke baten (en eigen financieringsstromen) voor andere functies meegenomen worden.



## 4.6 Overige waarden en functies

### 4.6.1 Discussie

Behalve recreatie en natuur zijn er andere functies waarop de aanleg van een zandmotor effect heeft, zoals delfstofwinning, grondwaterwinningen, scheepvaartroutes en militaire zones. Deze paragraaf beschrijft de kansen of hinder die een zandmotor kan hebben voor deze functies.

#### *Scheepvaartroutes*

De aanleg van een zandmotor kan sedimentstromen op gang brengen die de bruikbaarheid van een scheepvaartroute of de toegang tot een haven belemmeren. Hiermee moet bij het ontwerp van een zandmotor uitdrukkelijk rekening worden gehouden, zoals ook bij de aanleg van de pilot Zandmotor is gebeurd voor bijvoorbeeld de haven van Scheveningen.

#### *Wateruitlaten*

Ook met wateruitlaten moet rekening worden gehouden. Eén van de redenen om de pilot Zandmotor niet zuidelijker aan te leggen was dat er dan ingrijpende maatregelen nodig zouden zijn geweest om de afwatering bij Ter Heijde te garanderen.

#### *Militaire belangen*

Tot nog toe valt niet goed te voorzien of deze gehinderd kunnen worden door de aanleg van een zandmotor. Volledigheidshalve worden ze hier echter wel genoemd.

#### *Waterwinning*

Voor eventuele volgende zandmotorachtige oplossingen zal er terdege rekening gehouden moeten worden met de grondwater(stand)ontwikkeling en met de eventuele initiële landwaartse migratie van zout water. In het algemeen zal elke zeewaartse kustuitbreiding in eerste instantie leiden tot meer verzilting van het achterliggende kustgebied (karakteristieke waarden van 6% toename). Drinkwaterwinning kan worden bedreigd doordat het zoute grondwater voor een deel landwaarts gaat stromen. Na verloop van enkel decennia kan zich echter een zoetwaterlens vormen (zie Inzet III).

In Solleveld, bij de pilot Zandmotor, wordt al sinds 140 jaar drinkwater gewonnen; momenteel gaat het om 5 miljoen liter per jaar. Van de versterking van de Delflandse kust in 2010 en de aanleg van de Zandmotor is berekend dat deze effect hebben op de grondwaterstromen, waardoor vanaf de kust waterstromen zout zouden kunnen meenemen naar het drinkwaterwinningsgebied. Het drinkwater zou daarbij ook vervuild kunnen raken door bouwafval, dat opgeslagen is in de zogeheten 'Puinduinen', aangelegd uit afbraakmateriaal van Den Haag. Om de risico's voor de drinkwaterproductie te beperken, zijn er vlak na aanleg van de Zandmotor pompputten geplaatst in de nieuwe duinregel van de kustversterking.

#### *Vernatting achterland*

Kustuitbreidingen kunnen leiden tot een verhoging van de grondwaterstand in het achterland en duingebied (zie inzet III). In Solleveld, het duingebied dat landwaarts van de Zandmotor ligt, is deze vernatting nog niet waargenomen, vermoedelijk mede doordat zilt water wordt weggepompt om het drinkwater te beschermen. In sommige gevallen kan de stijging van het grondwater wenselijk zijn voor bijvoorbeeld natuurfuncties en kan de aanleg van een zandmotorachtige maatregel hieraan (tijdelijk) bijdragen. Een grondwaterstijging kan echter ook gemakkelijk bereikt worden met andere maatregelen.

### *Beperking verzilting polders*

Een kans om zandmotoren in te zetten is misschien gelegen in de mogelijkheid om daarmee duinrijke kustuitbreidingen tot stand te brengen en te onderhouden. Uit modelstudies blijkt dat een permanente grote zeewaartse uitbreiding van de kust (met minimaal 200 m), na initiële verzilting, de zoutwaterintrusie naar diepere achter de kust gelegen polders (deels) kan voorkomen op termijn van 30-150 jaar (zie Inzet III; Oude Essink en Waterman, 2016). Dat komt doordat de zoetwaterlens op een termijn van meerdere decennia zo sterk kan groeien dat deze aansluit op een ondoorlatende kleilaag. Op die manier ontstaat er een barrière voor zoutwaterintrusie in het grondwatersysteem richting binnenland. Vooral voor de Hollandse en Zeeuwse gebieden zuidelijk van de haven van Scheveningen, waar een ondoorlatende kleilaag relatief ondiep ligt, kan daarmee verzilting van diepe, achter de kust gelegen, polders (deels) worden beperkt (Huizer e.a., 2016). Daarvoor dient de kust permanent zeewaarts uitgebreid te worden. Zandmotoren kunnen daarbij worden ingezet voor de uitbreiding van het duinvolume en onderhoud van het betreffende kustgedeelte.

### *Delfstofwinning*

De winning van delfstoffen in de kustzone zal leiden tot bodemdaling. Daardoor heeft de kust extra suppletiezand nodig om in balans te blijven. De winning van delfstoffen in achterliggende kombergingsgebieden, zoals de Waddenzee, heeft een indirect gevolg: het gebied 'trekt' zand van de kust aan, waardoor er ook extra suppleties nodig zijn. Wettelijk zijn initiatiefnemers tegenwoordig verplicht om de tekorten aan te vullen. Voor de gaswinning in het Pinkegat en de Zoutkamperlaag is dat bijvoorbeeld onderdeel binnen het reguliere suppletieprogramma. De praktijk bij Ameland, waar zandhonger door beide bovengenoemde effecten optreedt, heeft tot nog toe laten zien dat de kustachteruitgang op kan worden gevangen met vrij grote reguliere suppleties. In de periode 1990-2012 werd  $19 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  gesuppleerd en vond een bodemdaling van  $13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  plaats; Oost e.a., 2015). In zulke gevallen zouden ook zandmotorachtige oplossingen bruikbaar kunnen zijn om de kustachteruitgang op te vangen. In hoeverre deze een meerwaarde hebben ten opzichte van regelmatig grote suppleties zou van geval tot geval moeten worden beschouwd. Deze dienen dan wel zo ontworpen te worden dat het middel niet erger is dan de kwaal.

#### 4.6.2 Leerpunten

Een zandmotor-ontwerp moet rekening houden met de invloed op de zoetwaterhuishouding. Op korte termijn kunnen landwaartse grondwaterstromen tot lichte verzilting van het duingebied leiden, met mogelijke gevolgen voor de drinkwaterwinning. Op langere termijn kan een stevige zeewaartse kustuitbreiding, die dan wel een meer permanent karakter moet hebben en gevoed kan worden met zandmotoren om duingroei te bevorderen, potentie hebben om de verzilting van achterliggende polders tegen te gaan. Deze mogelijkheid speelt voornamelijk in het kustgebied zuidelijk van de haven van Scheveningen en in de Delta.

Bij de pilot Zandmotor moest rekening worden gehouden met zaken als wateruitlaatpunten, havens en vaarroutes. Op andere locaties zullen mogelijk (ook) militaire belangen mee moeten worden gewogen. Daarnaast heeft een zandmotor-achtige oplossing potentie om grootschalige sedimenthonger op te vangen bijvoorbeeld ten gevolge van delfstofwinning.

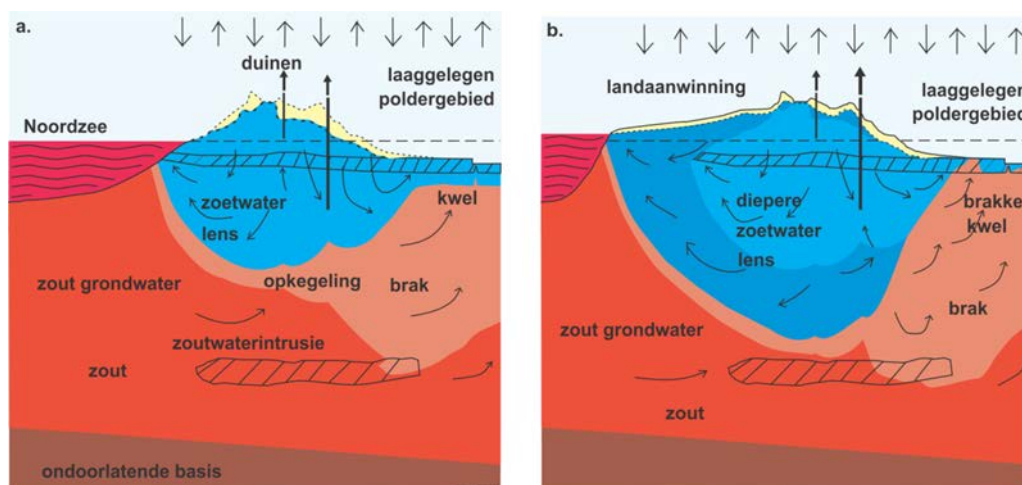
## Inzet III Effect van landaanwinning op de waterhuishouding

*Groei van zoetwaterlenzen (figuur 1)*

Bij kustuit- en opbouw geldt: Hoe hoger het maaiveld, hoe hoger ook de grondwaterstand zal opbollen en hoe verder deze zich naar beneden uit kan breiden. Tevens zal de zoetwaterlens richting zee groeien. Het volume extra zoet grondwater in de grotere zoetwaterlens is goed te schatten aan de hand van een 3D numeriek model van de Zandmotor (Huizer e.a., 2016) en conceptuele 2D profielmodellen (Oude Essink en Waterman, 2016), rekening houdend met de breedte van het duin, het achterliggend poldersysteem en de dikte van het watervoerend pakket tot de hydrogeologische basis. Bij wijze van illustratie: de kuststrook van Hoek van Holland tot Den Helder kan bij een landaanwinning van 200m zo'n 1000 miljoen m<sup>3</sup> extra zoet grondwater bergen.

*Initieel zoute kwel daarna zoet (figuur 1b)*

De vorming van een zoetwaterlens na het verbreden van duinen neemt een periode in beslag van zo'n 80 tot 150 jaar (Huizer et al, 2016). Het proces kan twee tot driemaal sneller verlopen door actief voorgezuiverd water te injecteren en/of zout grondwater te onttrekken. De verbreding van duinen en de groei van de zoetwaterlens zal in het achterland in eerste instantie kunnen leiden tot een toename van zoute kwel. Dat kan minimaal tientallen jaren voortduren. Hier zijn oplossingen voor mogelijk, zoals drainage systemen (Stuurman, 2010). Op nog langere termijn van 80-150 jaar zal de kwel in het achterland zoeter worden.



Figuur 1: a. Oorspronkelijke situatie in conceptuele vorm; b. Effect in de eerste tientallen jaren na de aanleg van de landaanwinning op de zoetwatervoorraad onder het dungebied: behalve dat de lens dieper en breder wordt zal de zoute kwel naar het achterland in deze periode toenemen (uit: Oude Essink en Waterman, 2016).

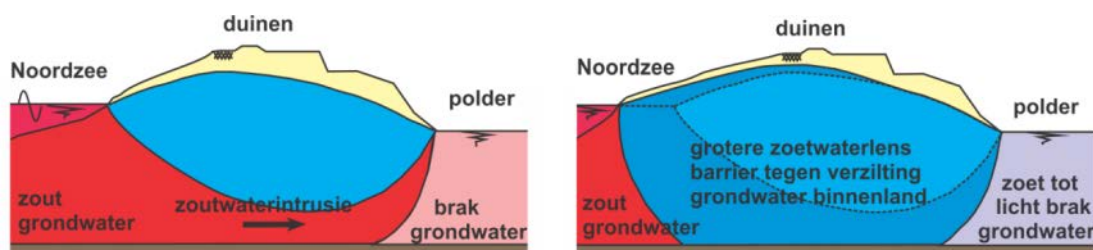
### Zoeter worden van grondwater systeem (Figuur 2)

De groeiende zoetwaterlens door duinverbreding kan op termijn een barrière vormen voor het zoute grondwater dat vanuit zee richting het binnenland stroomt. Daardoor wordt het grondwatersysteem in het achterland op termijn zoeter. Dit lijkt vooral in het zuidwesten van het Nederlandse kustgebied mogelijk, ruwweg vanaf het zuiden van Scheveningen tot Cadzand.

Om gedetailleerdere uitspraken te kunnen doen moeten de volgende factoren bekend zijn:

- De omstandigheden waaronder de vorming van een zoetwaterlens in de kustverbreding plaatsvindt. Wat is de exacte geometrie (topografie, breedte en hoogte), wat is de geologische situatie (doorlatendheid van het zandpakket en mogelijke aanwezigheid van weerstandslagen) en wat zijn de hydrologische condities (mogelijkheden tot grondwateraanvulling via netto neerslag)?
- De mate waarin de grondwaterstand zich kan opbollen bij een zeewaartse uitbreiding van het land.
- De snelheid waarmee een zoetwaterlens zich in een nieuw (duin)gebied voor de Nederlandse kust kan ontwikkelen, en hoe deze nieuwe lens interfereert met een al aanwezige zoetwaterlens.
- De exacte effecten van duinverbreding op het grond- en oppervlaktewatersysteem in het achterland, vooral in termen van kwel en zoutlast.
- De mate waarin de gewenste ontwikkelingen versneld kunnen worden door zoetwaterinjectie en zoutwateronttrekking.

In de studie van Huizer e.a. (2016) zijn een aantal van bovengenoemde factoren behandeld voor de Zandmotor.



Figuur 2: Door zeewaartse landaanwinning groeit de zoetwaterlens, wat een barrière kan vormen voor de zoutwaterinvasie richting het binnenland. Daardoor wordt het grondwatersysteem in het achterland op termijn zoeter. Deze situatie lijkt vooral in het zuidwesten van het Nederlandse kustgebied mogelijk te zijn.

## 5 Functies en waarden langs de Nederlandse kust

### 5.1 Inleiding

Om in beeld te brengen welke functies en waarden een rol spelen langs de Nederlandse kust, zijn er kaarten gemaakt van de huidige én van de toekomstige functies en waarden (zie de kaartenbijlage B en C, behorend bij dit rapport). Het gaat om kustbeheer, natuur, inrichting en recreatie in of nabij de kust en 'overige functies en waarden'. Samen vormen deze kaarten de wensenkaarten voor de komende 20-30 jaar. Uitgangspunt is dat bestaande functies en waarden gehandhaafd blijven. Verder is informatie opgenomen over de verzilting van het kustgebied (bij de bestaande functies en waarden), als middel om te bepalen in hoeverre kustuitbreidingen een rol kunnen spelen bij de bestrijding ervan.

De toekomstige functies en waarden zijn gebaseerd op inrichtingsplannen met een wettelijke status<sup>1</sup>. Dit zijn er relatief weinig, waardoor het toevoegen hiervan weinig verandert aan het beeld. Om de richting aan te geven van toekomstige natuurwensen, zijn naast de functies met een wettelijke status ook natuurfuncties meegenomen zoals beschreven door Lammerts en Van Haperen (2015) voor de doelen beoogd in het Programma Aanpak Stikstof. Meer informatie hierover is te lezen in inzet IV.

### 5.2 Kustbeheer

Bestaande functies en waarden (Figuur 5.1)

Er is een kaart gemaakt van de sedimentbehoefte van de Nederlandse kust over de periode 1990-2005, exclusief suppleties, uitgedrukt in verticale verandering van het zandvolume (van der Spek en Elias, 2014; van der Spek en Lodder, 2014a&b). Dit wordt geacht richtinggevend te zijn voor de toekomstige zandbehoefte langs de Nederlandse kust voor de komende decennia. Verder zijn de basiskustlijn en het type kustverdediging en het veiligheidsniveau aangegeven.

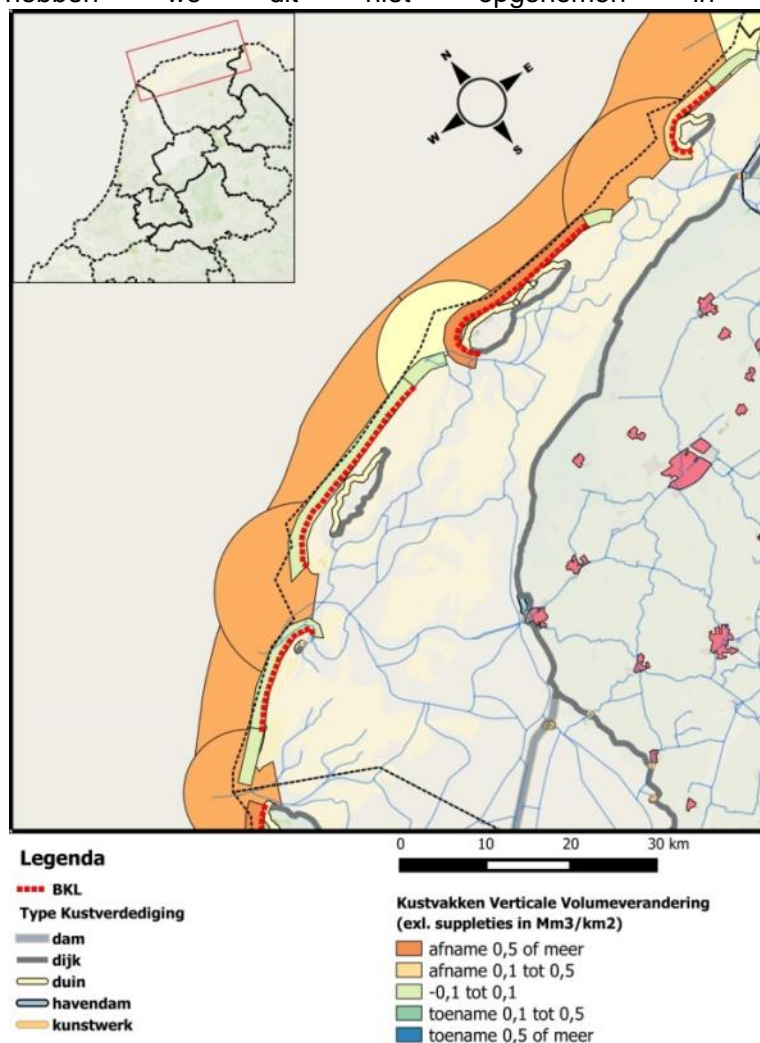
*Toekomstige wensen functies en waarden*

Het is niet te zeggen in hoeverre er in de toekomst extra maatregelen nodig zijn om de veiligheid van de keringen te waarborgen. De eerste uitspraak volgt uit de vierde toetsronde (2017-2023), waarin de waterkeringbeheerders op basis van het Wettelijk beoordelingsinstrumentarium 2017 nagaan of hun duinwaterkeringen op orde zijn. Omdat deze gegevens nog niet voorhanden zijn,

---

<sup>1</sup> In het laatste geval gaat het om plannen waarvoor een aanwijzing is afgegeven, die zijn goedgekeurd en die vastgesteld zijn bij koninklijk besluit, waarover een uitspraak is gedaan door de afdeling bestuursrechtspraak, idem, die dan alsnog goedgekeurd zijn, die zijn vastgesteld, die vallen onder vigerend beleid en waarvoor een voorlopige voorziening is getroffen.

hebben we dit niet opgenomen in de huidige beschouwing.



Figuur 5.1 Fragment van kaart met bestaande functies en waarden 'kustbeheer'

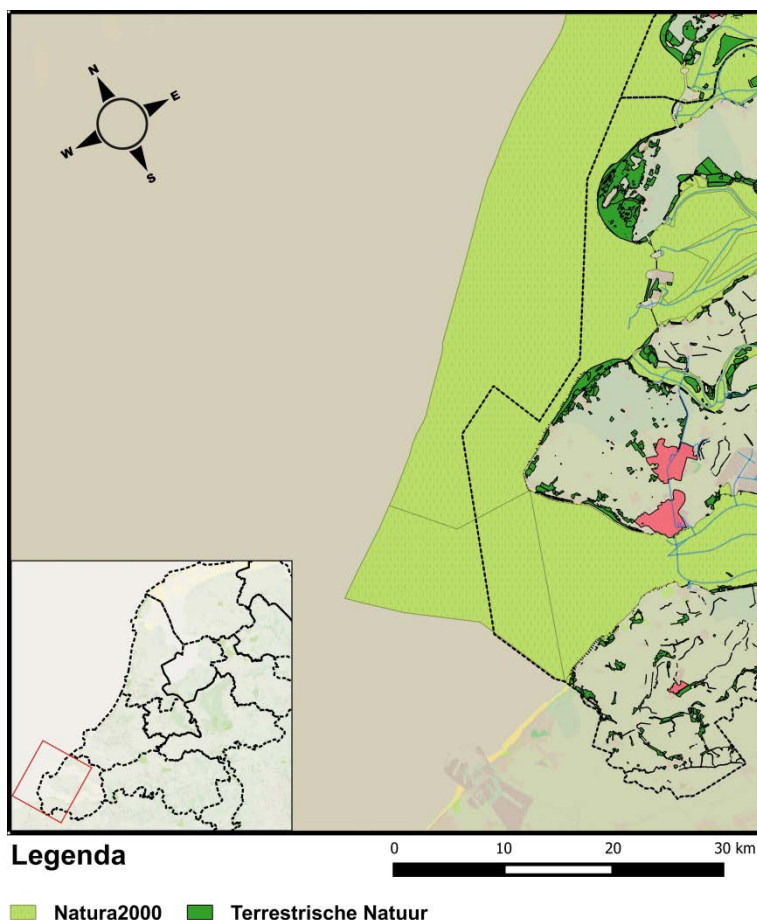
### 5.3 Natuur

Bestaande functies en waarden (Figuur 5.2)

Hierbij zijn Natura2000 gebieden én andere natuurgebieden in beeld gebracht, die het uitvoeren van grote ingrepen zoals zandmotoren wettelijk kunnen beperken.

*Toekomstige wensen functies en waarden*

Om een indruk te krijgen van toekomstige wensen, is een kaart gemaakt van ontwikkelingen die wettelijk zijn geaccordeerd, zoals plannen voor de ontwikkeling van agrarisch gebied, waterrijke gebieden, nieuwe natuurgebieden en waterbergingen. Er zijn weinig vastgestelde plannen voor natuur op een afstand van minder dan 10 km van de kust: alleen in het Delflandse kustgebied zal de hoeveelheid water worden uitgebreid. In Noord-Holland is er nog een klein natuurgebied bij Beverwijk voorzien.



*Figuur 5.2 Fragment van kaart met bestaande functies en waarden natuur*

Langs de Hollandse ligt er al met al geen duidelijke opgave om nieuwe natuurgebieden te ontwikkelen. Er zijn echter wel veel duingebieden waar de natuurbeheerders worstelen met het snel dichtgroeien van de open duinen met ruigtes en struwelen. Deze 'versnelde successie' is een gevolg van atmosferische stikstofdepositie in combinatie met een gebrek aan dynamiek (Löffler e.a., 2008; Lammerts en van Haperen, 2015). Het stimuleren van dynamiek is dan ook een maatregel om de effecten van stikstofdepositie te verminderen. Deze maatregel is opgenomen in het Programma Aanpak Stikstof (PAS). Om te weten waar dynamiseren nog soelaas biedt, is in kaart gebracht welke toekomstige natuurwensen er zijn, op grond van Lammerts en Van Haperen (2015) op basis van vier schaalniveaus (Inzet IV). Het schaalniveau dat het beste aansluit op de dimensies van een zandmotor en een meerwaarde kan hebben is schaalniveau 2, waar lange gradiënten van zee naar land kunnen worden gecreëerd.

*Inzet IV: processen gewenst*

In landschapsecologisch opzicht ondergaat de kust tegenwoordig grote veranderingen onder invloed van menselijk handelen. In de begroeiingsstructuren van duin- en kwelderlandschappen zijn opvallende veranderingen opgetreden. Over grote arealen zijn kaal zand en schrale begroeiingen veranderd in monotone gesloten grazige vegetaties. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de vastlegging van de duinen en de sterk toegenomen depositie van stikstof. Onder druk van deze veranderingen verschuift de focus van het natuurbeheer van een meer standplaatsgericht natuurbeheer naar een beheer dat inspeelt op natuurlijke processen op verschillende ruimte- en tijdschalen. Voor beter samengaan van natuurbeheer, duinbeheer en kustbeheer zijn door Lammerts en van Haperen (2015), mede namens Kennisnetwerk Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit (OBN), een viertal strategieën voorgesteld (Figuur):

1. Inzet van natuurlijke processen op landschapsschaal, waarbij processen spontaan zonder noemenswaardige menselijke beïnvloeding kunnen verlopen op de schaal van ongestoorde gradiënten. Bij de Nederlandse kust gaat het dan om zo volledig mogelijke gradiënten van het Kustfundament tot en met de binnenduinenranden of hoge kwelders. Dit blijkt alleen mogelijk op de onbewoonde delen van Waddeneilanden en is daar vaak al een feit.
2. Inzet van natuurlijke dynamiek binnen de beperkingen van de fysieke en maatschappelijke omgeving. Dit zijn situaties waar een ongestoord verloop van natuurlijke processen niet meer mogelijk is op complete gradiënten maar wel op samenhangende onderdelen ervan, waar lange gradiënten van zee naar land kunnen worden gecreëerd. Bij de Nederlandse kust gaat het dan vooral om verbindingen tussen kust en achterliggende duinen en kwelders. Dit is mogelijk bij de grote duincomplexen van Holland en op sommige delen van de Waddeneilanden en op Schouwen-Duiveland.
3. Inzet van dynamiek op de schaal van afzonderlijke duin- en kwelderhabitats. Dit komt neer op de technische en geplande inzet van maatregelen die afgeleid zijn van natuurlijke processen. Een voorbeeld is het reactiveren van stuifkuilen.
4. Actief half-natuurlijk beheer in gefixeerde kustgebieden. Voorbeelden zijn maaien, plaggen, chopperen en gereguleerde vormen van beweiding.





*Wensen voor een meer natuurlijke beheerstrategie (Lammerts en van Haperen, 2015)*

#### *Eventueel gebruik van een zandmotor in de 4 strategieën*

Bij strategie 1 is de menselijke beïnvloeding gering. De mogelijkheden voor deze strategie liggen vooral op locaties waar suppleties een geringe rol spelen. Een zandmotor ligt daar niet voor de hand. Bij strategie 2 kan een rol zijn weggelegd voor een zandmotor. Het kustbeheer en het duinbeheer zouden zo op elkaar kunnen worden afgestemd dat de overmaat aan zand kan doorstuiven naar de duinen, terwijl kustveiligheid gewaarborgd blijft. Dat is niet overal even gemakkelijk omdat infrastructuur, zoals wegen en gasleidingen, de verstuiving van zand bemoeilijkt. De financiën zouden mogelijk verkregen kunnen worden uit de PAS regeling. Het schaalniveau van landschappelijke processen is bij strategie 3 en 4 zo klein, dat zandmotoren daar geen rol van betekenis kunnen spelen.

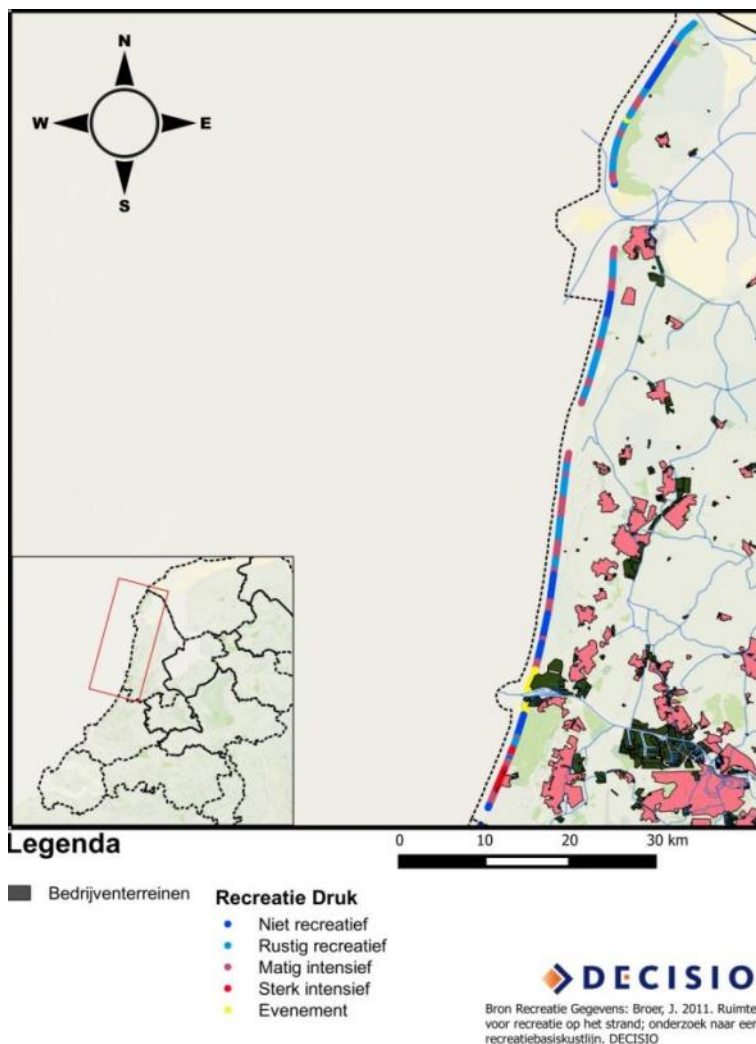
## 5.4 Inrichting en recreatie

### Bestaande functies en waarden (Figuur 5.3)

Hiervoor zijn bedrijventerreinen, havens en bebouwing langs de kust in beeld gebracht, alsmede de mate van recreatiedruk volgens Decisio (2014). Zo wordt een beeld verkregen van de druk bezochte kustplaatsen en de plekken waar de kust dicht bebouwd is.

### *Toekomstige wensen functies en waarden*

Het gaat hierbij om enkele gebieden binnen 10 kilometer van de kust, waarvoor wettelijk geacordeerde plannen zijn voor de uitbreiding van kustnabije recreatiefaciliteiten (inclusief verblijfsrecreatie) en sportaccommodaties. Uitbreiding van recreatie is aan de orde in Noord-Beveland, Goeree-Overflakkee, in een gebied ten zuiden van gemeente Westland en bij Velsen. Daarnaast wordt ten behoeve van sport een gebiedje bij Hellevoetsluis ontwikkeld.

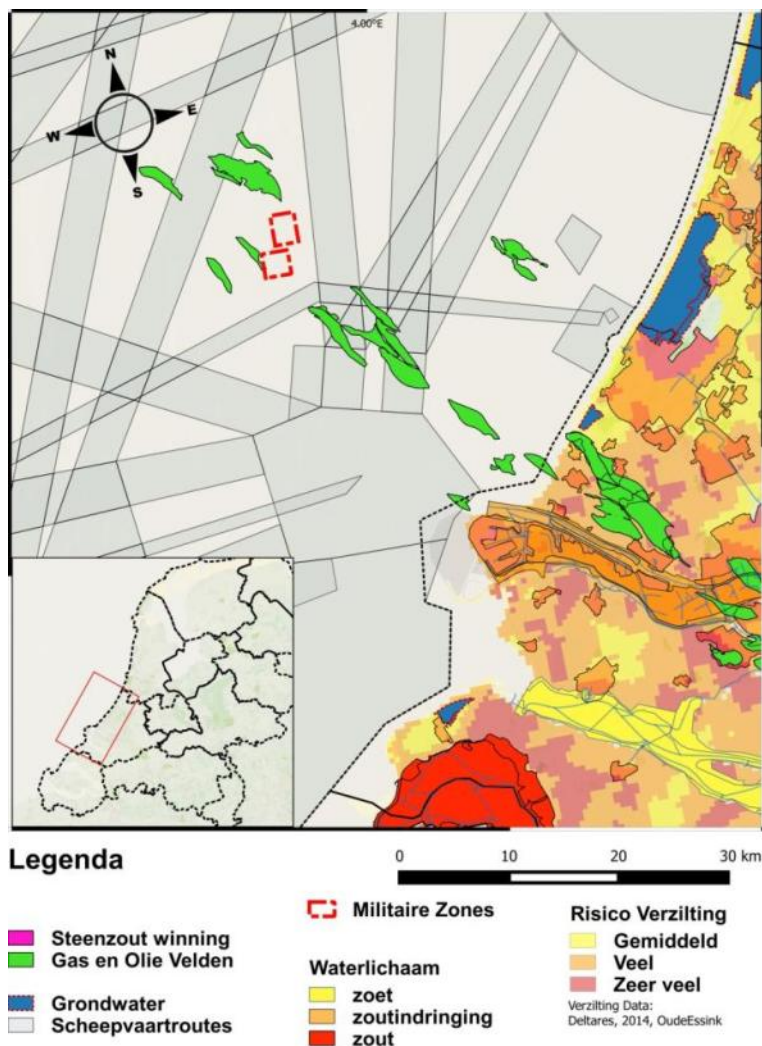


Figuur 5.3 Fragment van kaart met bestaande functies en waarden Inrichting en recreatie

## 5.5 Overige functies en waarden

Bestaande functies en waarden (Figuur 5.4)

Hiervoor zijn delfstofwinning, grondwaterwinningen, scheepvaartroutes en militaire zones in kaart gebracht. Ook wordt een indruk gegeven van de saliniteit van waterlichamen, die het kustgebied binnendringen, en het risico op verzilting. Aan de hand van deze informatie kan worden bepaald in hoeverre kustuitbreidingen middels zandmotoren zinvol zijn om verzilting te beperken.



Figuur 5.4 Fragment van kaart met bestaande overige functies en waarden

*Toekomstige wensen functies en waarden*

Het gaat hierbij om enkele gebieden binnen 10 kilometer van de kust, waarvoor wettelijk geacordeerde plannen zijn voor de uitbreiding van agrarisch gebruik, bedrijventerreinen, detailhandel, verstedelijking, glastuinbouw, kantoorruimte, nutsvoorzieningen, verkeer, water, waterberging en wonen. Dit is vooral zuidelijk vanaf het Noordzee kanaal aan de orde, waar kleine gebieden vlak bij de kust worden ontwikkeld als bedrijventerreinen en voor wonen en verkeer. Dit laat geen ruimte meer voor alternatieve ontwikkelingen.



## 6 Kansen voor zandmotoren langs de Nederlandse kust

### 6.1 Criteria voor het bepalen van kansen

Op grond van de wensenkaarten zijn er kaarten gemaakt die de kansen aangeven van zandmotoren voor kustbeheer, natuur, recreatie en inrichting en overige functies en waarden (zie de kaarten bijlage D voor een volledig overzicht). Op de kaarten is weergegeven:

- matige kans voor een zandmotor
- goede kans voor een zandmotor

Waar geen kans wordt gezien voor een zandmotor wordt geen indicatie aangegeven. Deze paragraaf beschrijft de criteria waarop de kansen zijn gebaseerd.

#### 6.1.1 Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor kustbeheer

- 1 Kansen zijn er in gebieden waar naar verwachting veel zand nodig is voor het kustonderhoud. Hier is aangehouden gebieden waar de verticale afname van de kust na correctie voor suppleties 0,1 m of meer betrof over de periode 1990-2005. Er wordt vanuit gegaan dat ook in de komende decennia de sedimentbehoefte vergelijkbaar zal blijven.
- 2 Als aan deze eerste voorwaarde is voldaan, dient er ook voldoende kennis te zijn over de werking en effecten van een eventuele zandmotor voordat deze veilig kan worden aangelegd:
  - ✓ Langs en in de buitendelta's van de zeegaten van de Delta en de Waddenzee worden de risico's vanwege de relatieve onvoorspelbaarheid van het gedrag van een zandmotor als hoog ingeschat (Oost e.a., 2014). Er zal eerst meer kennis moeten ontwikkeld worden voordat in een dergelijke setting een pilot zou kunnen worden uitgevoerd. Voor het programma Kustgenese II wordt momenteel overwogen hier nader onderzoek naar te doen om 1) na te gaan of er behoefte is aan zandmotor-achtige oplossing voor de dergelijke gebieden en 2) de ontbrekende kennis te ontwikkelen om, wanneer de behoefte er is, een zandmotor(pilot) ook op verantwoorde wijze uit te kunnen voeren. De combinatie van een hoge sedimentbehoefte met in de komende jaren nog onvoldoende kennis om verantwoord te besluiten tot een zandmotor leidt tot de kwalificatie 'matige kans'. Aanbevolen wordt om voor die gebieden parallel onderzoek en visievorming vanuit het beleid en beheer over de inzet van zandmotoren te doen.
  - ✓ Over rechte kusten, zoals de Hollandse kust en de middelste delen van de Waddeneilanden, is meer kennis over de effecten van een zandmotor beschikbaar. Deze plekken hebben een 'goede kans voor een zandmotor', wanneer er ook een sedimentbehoefte is. Bij deze Waddenkusten zal vermoedelijk een zandmotor qua vormgeving het beste kunnen lijken op een grote conventionele suppletie om de kans op ongewenste beïnvloeding van de zeegaten te minimaliseren.
  - ✓ Tenslotte wordt voor alle havens en diepe geulen geen kans gezien voor veiligheid middels een zandmotor.

#### 6.1.2 Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor natuur

Van zandmotoren wordt verwacht dat ze een positief effect hebben op natuurwaarden, bij voorkeur door ruimte te geven aan ecologische waarden die nog niet lokaal aanwezig zijn. Hierdoor

liggen zandmotoren bij de kusten van de Delta en de Waddenzee niet voor de hand omdat het soort natuur dat is gekoppeld aan zandmotoren en brede zandvlakten daar al van nature voor komt (Figuur 6.1). Dat wil zeggen dat een zandmotor daar primair op basis van andere functies en waarden zal moeten worden gemotiveerd of volgt uit een specifieke wens vanuit natuurbeheer.

1. In principe krijgt de hele Zuid- en Noord-Hollandse kust een matige kans, tenzij er een wens is voor een meer dynamisch beheer (Lammerts en Van Haperen, 2015). Deze krijgen een 'goede kans', omdat daar vermoedelijk gemakkelijker fondsen kunnen worden verkregen.
2. Wanneer er echter Natura2000 gebieden in zee liggen die aanleg bemoeilijken volgt het predicaat 'matige kans'.
3. Wanneer echter een havenmond of kustplaats of een geul aanwezig is wordt er geen kans gezien voor een zandmotor ten behoeve van natuur.



Figuur 6.1 'Natuurlijke zandmotor' bij het Haringvliet in het onderste blauwe vak (Iodigen RWS, 2012; Wegman, 2016)

### 6.1.3 Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor recreatie

- 1) De eventuele zandmotoren moeten een uitbreiding van de bestaande recreatiemogelijkheden kunnen bieden. Daarmee vervallen de Delta (op het smalle strand van Vlissingen na) en de Waddenzee, omdat daar het type recreatie dat is gekoppeld aan zandmotorachtige natuur al voldoende mogelijk is.
- 2) Als aan deze voorwaarde is voldaan, worden bestaande en toekomstige recreatiewensen bekeken:
  - ✓ Gebieden met een grote recreatiedruk (volgens Decisio, 2014) krijgen een 'goede kans', omdat daar waarschijnlijk geld voor het toepassen van een zandmotor voor recreatie gemakkelijker beschikbaar kan komen. Uiteraard moet bij het ontwerp vervolgens wel de lokale wenselijkheid van lagunes, een zeer breed strand of grote dynamiek moeten worden nagegaan.
  - ✓ Gebieden met lage recreatiedruk krijgen een 'matige kans'. De zandmotor zou daar vooral bijdragen aan nieuwe vormen van extensieve recreatie en een andere bele-

vingswaarde. Uit de Decisio-gegevens valt af te leiden dat er behoorlijk wat plaatsen langs de Hollandse kust zijn die al veel ruimte bieden aan extensieve recreatie.

- 3) Alleen waar geen havens en geen diepe geulen (Vlissingen en gebied oostelijk ervan vallen hiermee af) aanwezig zijn wordt een kans voor een zandmotor gezien.

#### 6.1.4 Criteria voor bepalen kansen voor een zandmotor voor overige functies

Voor het overige zijn er, voor zover na te gaan, maar weinig functies die financieel belangrijk genoeg zijn om een kostbare ingreep als een zandmotor te rechtvaardigen. De aanwezigheid van havens en havenvaarroutes verlagen ook hier de kans, al kan de situatie bij het lange, kunstmatige strand van de Tweede Maasvlakte een uitzondering daarop zijn. Er zijn nu twee typen overige functies geïdentificeerd, namelijk delfstofwinning en tegengaan verzilting via een blijvende kustuitbreiding ondersteund door zandmotoren.

Voor delfstofwinning worden mogelijke kansen gezien voor gaswinning op Ameland-oost plus de kombergingen van het Pinkegat en Zoutkamperlaag en mogelijk voor Vlieland-oost i.r.t. (toekomstige) zoutwinning. Aangezien het volume dat jaarlijks extra nodig is om de bodemdaling door deze winning aan te vullen (althans volgens modelberekeningen voor winning Pinkegat en Zoutkamperlaag) gering is ten opzichte van het totale suppletievolume op deze oostelijke eilandgebieden, wordt vooralsnog een 'matige kans' gegeven.

Voor verzilting zijn de volgende criteria aangehouden:

- 1) Het risico op verzilting is aanwezig en er is een ondoordringbare kleilaag aanwezig op geringe diepte, zodat verzilting volledig kan worden gestopt (Inzet III).
- 2) Als aan de vorige voorwaarden is voldaan en grondwaterwinning een rol speelt krijgt het gebied een 'matige kans'. Als dat niet het geval is wordt een 'goede kans' gegeven.

Tenslotte wordt voor alle havens en diepe geulen geen kans gezien voor veiligheid middels een zandmotor. Hiermee valt Vlieland-oost weer af.

## 6.2 Conclusies en aandachtspunten per gebruiksfunctie

Deze paragraaf geeft conclusies op grond van zowel de geleerde lessen als de wensenkaarten.

### 6.2.1 Kustbeheer en kustveiligheid

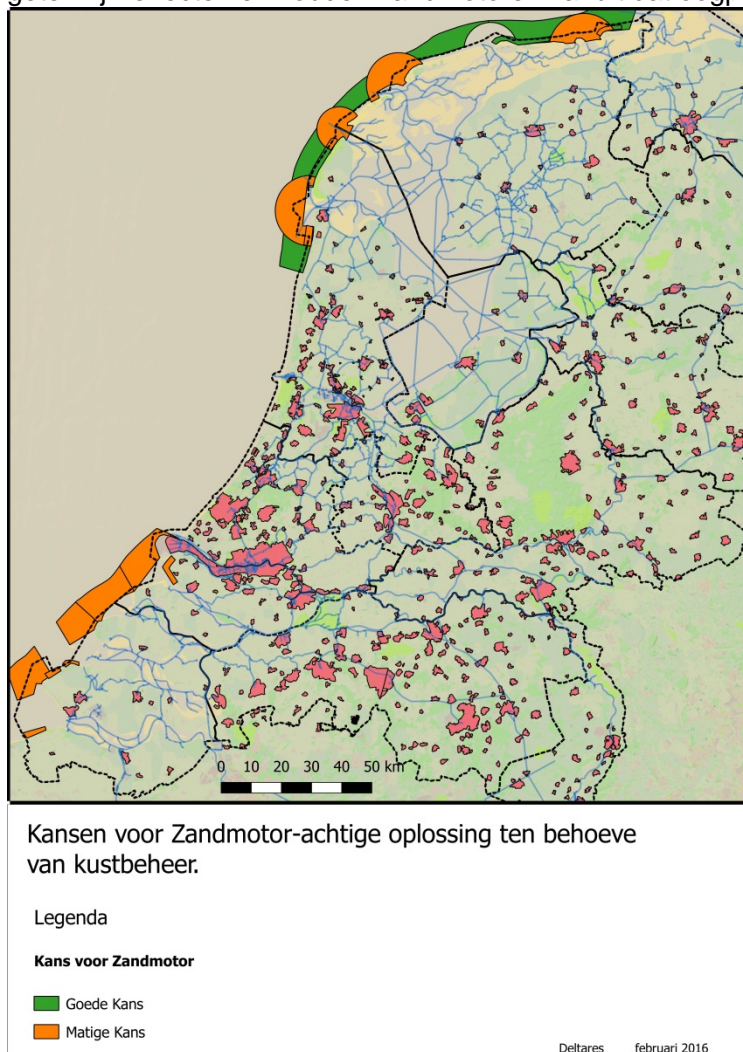
#### *Toepasbaar op plekken met grote zandbehoefte*

Het gaat om de keus tussen regelmatig kleine suppleties of af en toe een zeer grote suppletie. Waar veel behoefte is aan sediment wordt een zeer grote suppletie een optie (Figuur 6.2). Als mogelijk instrument past het concept Zandmotor in het kustbeheer. Voor een aantal plaatsen, zoals Ameland, zijn vrij grote suppleties al zo normaal geworden dat de stap naar zandmotorachtige maatregelen niet zo groot lijkt te zijn. De hoeveelheid zand moet dan wel 'passen' in het huidige profiel. Mocht dat niet zo zijn, dan moet worden bepaald of het profiel drastisch zeewaarts kan worden verschoven. Bij geulen kan dit problemen opleveren vanwege te verwachten snelle erosie.

#### *Toepasbaar voor kustgebieden waarover voldoende kennis is*

Voor de eventuele aanleg van een zandmotor is het belangrijk dat er voldoende kennis is over de langetermijn-effecten om eventuele risico's goed af te kunnen wegen. Voor kusten met zeegaten,

eilandkoppen en eilandstaarten, zoals in het Deltagebied en het Waddengebied, is dat nog niet het geval. Onderzoek hiervoor is voorzien in Kustgenese II. Parallel daaraan kan de discussie over de behoefte vanuit beleid en beheer aan zandmotoren nabij of in buitendeltas wel worden gestart. Voor de Hollandse kust en de rechte eilanddelen lijkt er voldoende kennis over de langetermijn-effecten en zouden zandmotoren vanuit dat oogpunt nu al mogelijk zijn.



Figuur 6.2 Kansenskaart kustbeheer

### *Houd rekening met de levensduur*

In het algemeen geldt: hoe groter het zandvolume en hoe minder dynamiek er in een zandmotor optreedt, hoe geschikter deze is om de kustlijn op zijn plek te houden en hoe groter de levensduur van een zandmotor (Bruens, 2007). De levensduur én de zandprijs bepalen of de aanleg van een zandmotorachtige oplossing haalbaar is in termen van kosten voor kustbeheer. Daarnaast spelen eventuele baten voor andere functies een rol bij de financiële haalbaarheid.

### *Ontwerpaspecten*

In de modelstudies voorafgaand aan de pilot Zandmotor is de verwachting uitgesproken dat een gestroomlijnde zandmotor minder kustonderhoud vereist in de periode na aanleg (Bruens e.a.,



2007, DHV en HNS, 2010; Inzet I). De resultaten van de pilot Zandmotor (Taal, 2016) kunnen dat (nog) niet bevestigen. Voorts is een langgerekte kustsuppletie vermoedelijk bevorderend voor de kans op de embryonale duinvorming, omdat er meer lengte is waarover dit kan optreden (een sterk stochastisch proces). Aanbevolen wordt om, in aanvulling op de genoemde studies met de kennis van 4 jaar Zandmotor Delfland, uit te zoeken in hoeverre er daadwerkelijk belangrijke verschillen zijn tussen een gestroomlijnde grote conventionele suppletie en de niet-gestroomlijnde pilot Zandmotor.

#### *Let op met het realiseren van lagunes*

Op basis van de ervaringen met de pilot Zandmotor en noordwest Ameland wordt geadviseerd geen grote lagunes te ontwerpen op kusten zonder strekdammen, vanwege de risico's voor de veiligheid. Daar kunnen, door de vorming van een spit, meanderende geulen ontstaan die de veiligheid van de primaire kering kunnen aantasten (zoals op Ameland, waar dit bijna het geval was). De pilot Zandmotor laat zien dat een lagune en een duinmeer veel zand invangen, wat de duinvorming vertraagt. Daardoor komt het zand langzamer ten goede aan de kustveiligheid.

### 6.2.2 Natuur

#### *Toegevoegde waarde vergeleken met aanwezige dynamiek*

Eventuele zandmotoren, met weidse strandvlakten, duinvorming of lagunes, moeten iets toevoegen aan de bestaande natuur. Op de Waddeneilanden en in het Deltagebied, echter, zijn er veel zandvlakten met duinvorming al-dan-niet met lagunes te vinden, en ligt het niet voor de hand om zandmotoren voor de natuur aan te leggen (Figuur 6.2 en Figuur 6.3). Het scheppen van weidse strandvlakten is daarmee vooral een mogelijk doel langs de Hollandse kust. Ook is de verminderde frequentie van suppleren mogelijk gunstiger voor het herstel van de benthische fauna.

#### *Zandmotoren voor vitale natuur en veiligheid*

Het meer ruimte bieden aan de natuurlijke processen van zee, wind en zand stimuleert de vorming van vitale natuur via embryonale duinen, stuivende zeerepen, gekerfde zeerepen, paraboliserende en wandelende zeerepen, washovers en sluffers.

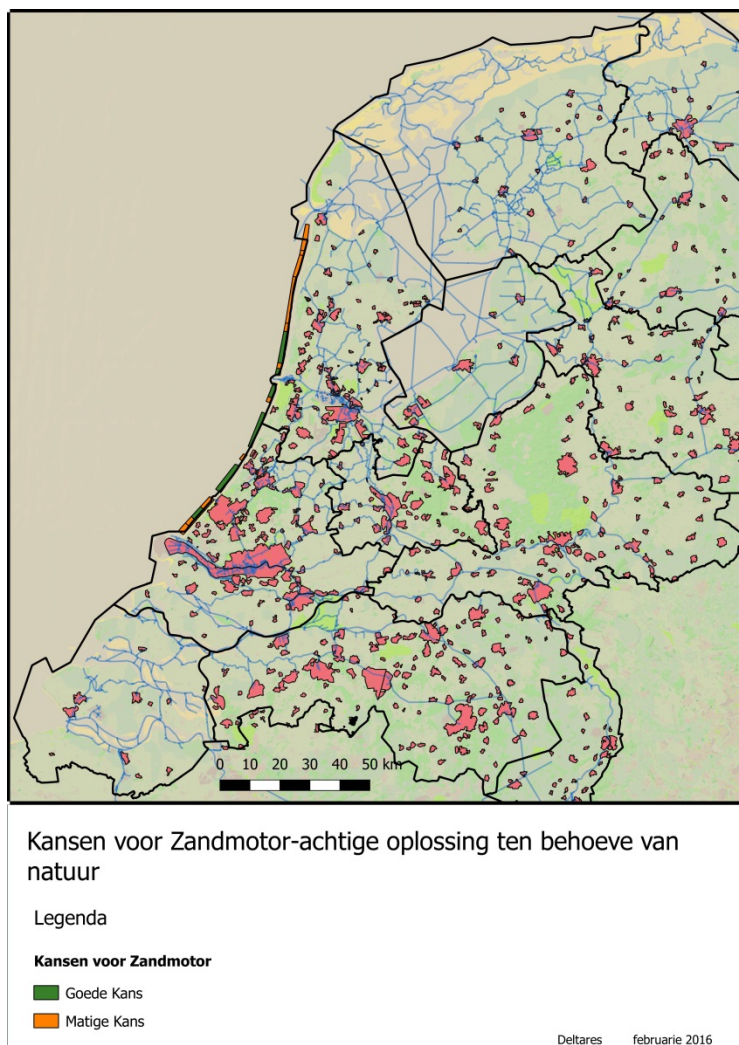
Momenteel worden op vrij uitgebreide schaal proeven genomen met dynamisch kustbeheer. In een aantal gevallen wordt er extra sediment vanaf het strand naar het achterland getransporteerd. Daarbij moet de veiligheid van de primaire keringen gewaarborgd blijven. Zandmotoren, die via de uitwisseling van zand verbonden worden met het duingebied erachter, bieden de kans voor herstel van de duinnatuur, terwijl tegelijk de veiligheid van de waterkering kan worden gewaarborgd. Het ontwerp kan men af laten hangen van de meer precieze wensen voor natuur en andere functies.

#### *Lagunes en duinmeren*

Uit de pilot Zandmotor is het duidelijk dat vooral de randen van een lagune een meerwaarde vertegenwoordigen qua soortenrijkdom. Ze kunnen een negatieve invloed hebben op de vorming van embryonale duintjes.

#### *Beheeraspecten*

Beheer van de zandmotor kan de ontwikkelingen van natuurwaarden in sterke mate mede bepalen. De voorbeelden van de pilot Zandmotor laten dit zien. Aanbevolen wordt om dit bij toekomstige zandmotoren een integraal deel van het ontwerpproces te laten zijn.



Figuur 6.3 Kansenskaart natuur

### 6.2.3 Recreatie

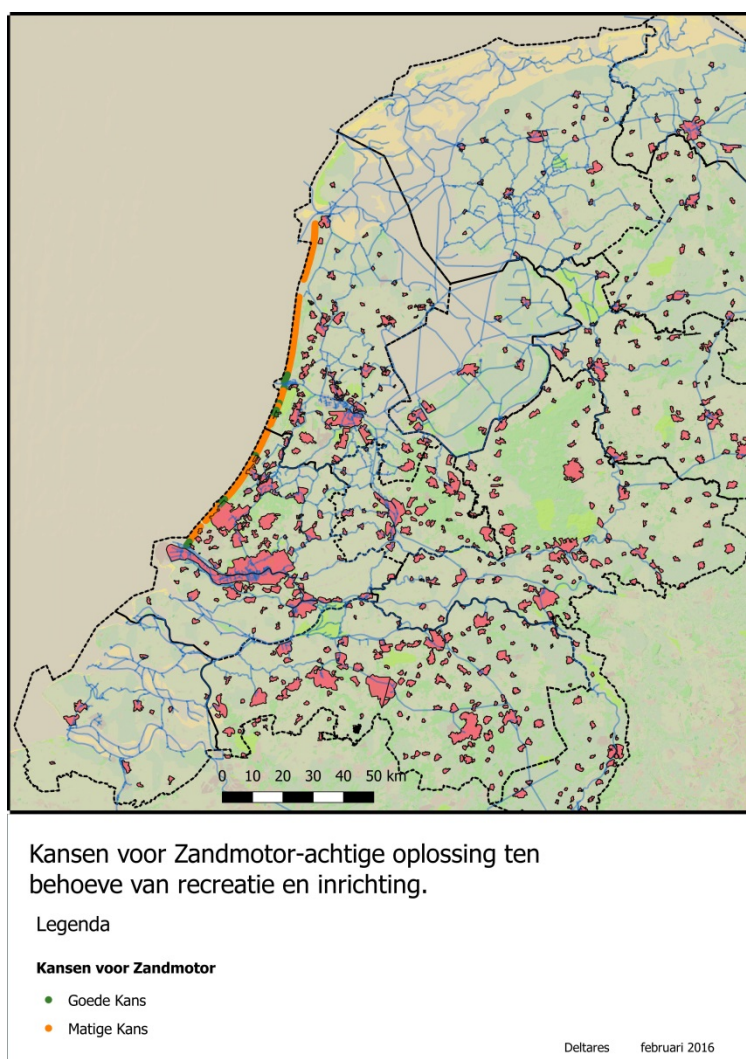
#### *Toegevoegde waarde?*

Ook voor recreatie geldt dat eventuele zandmotoren iets moeten toevoegen aan het bestaande gebruik. Dynamische en niet-gestroomlijnde zandmotoren, zoals de Pilot Zandmotor, bieden vooral mogelijkheden voor extensieve recreatie. Zeker voor het Waddengebied en het Deltagebied geldt dat zandmotorachtige vormen hier al van nature voorkomen: de aanleg van nieuwe zandmotoren ligt daar niet voor de hand. Voor recreatie blijkt vooral de Hollandse kust over te blijven als mogelijkheid (Figuur 6.4).

#### *Stel ook de kansen voor intensieve recreatie vast*

Bij kustplaatsen langs de Hollandse kust met veel badgasten en intensieve strandgebruik, bestaat wellicht de behoefte om minder frequent geconfronteerd te worden met suppletieactiviteiten. Daarnaast zal men vermoedelijk geen sterke dynamiek accepteren, omdat dat beperkingen

en onvoorspelbaar gedrag oplevert. Onder zulke randvoorwaarden zou een zandmotor-achtige oplossing waarschijnlijk de vorm aannemen van een niet te grote, zeewaartse tijdelijke stranduitbreiding die waarschijnlijk zal lijken op een grote suppletie. Een beeld van hoe een dergelijke uitbreiding kan bijdragen aan een intensief badgastenbezoek is te krijgen via de versterking van de Hondsbossche en Pettemer Zeewering te kijken. De provincie Noord-Holland spant zich daarbij in om 21 projecten te helpen realiseren die de bedrijvigheid bij het nieuwe strand moeten bevorderen. Aanvullend daarop hebben de gemeenten Bergen en Schagen, Natuurmonumenten, Landschap Noord-Holland en de provincie Noord-Holland een programma opgesteld met 25 projecten voor herinrichting van de regio.



Figuur 6.4 Kansenkaart recreatie en inrichting

#### 6.2.4 Overige functies en waarden

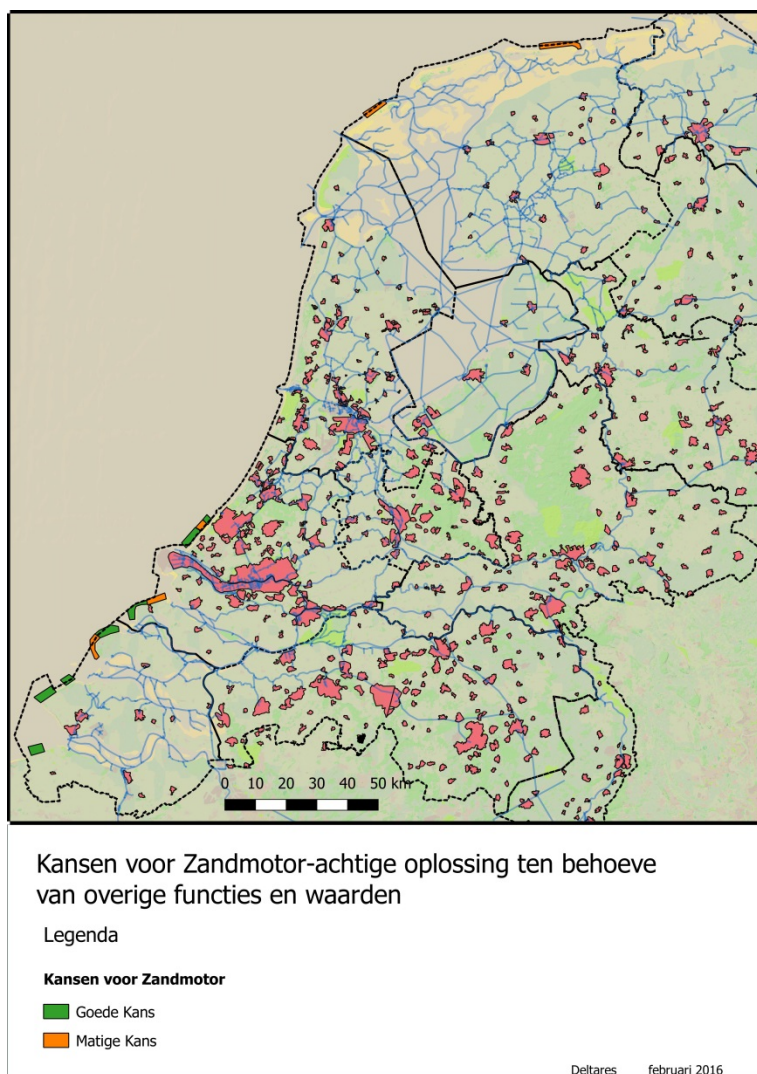
Verzilting en delfstofwinning zijn (mede door de grote financiële belangen die ermee gepaard gaan) voor zover nu na te gaan de enige overige functies en waarden waarvoor zandmotoren op een zinvolle wijze zouden kunnen worden ingezet (Figuur 6.5).

#### Verzilting

Voor 'overige functies en waarden' blijken zandmotoren beperkt bruikbaar te zijn. Mogelijk biedt uitbreiding van de kust van Noord- en Zuid-Holland en Zeeland kansen om verzilting van het achterland terug te dringen. E.e.a. kan met zandmotoren aangelegd en onderhouden worden. Waar op geringe diepte een kleilaag ligt, kan bij kustuitbreiding een uitbreiding van de zoetwaterbel worden gerealiseerd die tot op de kleilaag komt en de zoutwaterindringing in de achterliggende polder vermindert. De verzilting in het deltagebied kan zo niet overal voorkomen worden, gezien de grote hoeveelheid zout water die de eilanden omringt (Grevelingen, Oosterschelde en Westerschelde). Dit zou nader moeten worden onderzocht.

### Delfstoffen

Daar waar delfstoffen op een grote schaal gewonnen worden en er veel zand gesuppleerd moet worden kan overwogen worden om zandmotoren in te zetten. Dit zijn oost-Vlieland in relatie tot de mogelijke zoutwinning Harlingen en oost-Ameland in relatie tot gaswinning Ameland en achterliggend gebied.



Figuur 6.5 Kansenskaart overige functies

### 6.3 Bruikbaarheid algemeen

Indien alle kansen bij elkaar worden opgeteld (zonder één bepaalde functie meer gewicht te geven dan andere en met weglating van de diepere kustzone en de buitendelta's) blijken er vooral langs de Hollandse kust kansen te zijn voor zandmotoren (Figuur 6.6). Langs de Deltakust zijn de kansen kleiner en langs de Waddenkust zijn de kansen het kleinst. Dit laatste is het gevolg van de aannahme dat het niet zinvol is om voor de kusten van de Delta en de Wadden ter wille van natuur of recreatie zandmotoren aan te leggen als er al uitgebreide gebieden met strandvlakten kunnen voorkomen.

Naarmate er een langere levensduur (in termen van onderhoud van de basiskustlijn of het kustfundament) of een lagere zandprijs (gelet op de lange termijn ontwikkelingen) kan worden gerealiseerd worden zandmotorachtige oplossingen aantrekkelijker om in te zetten voor kustbeheer.

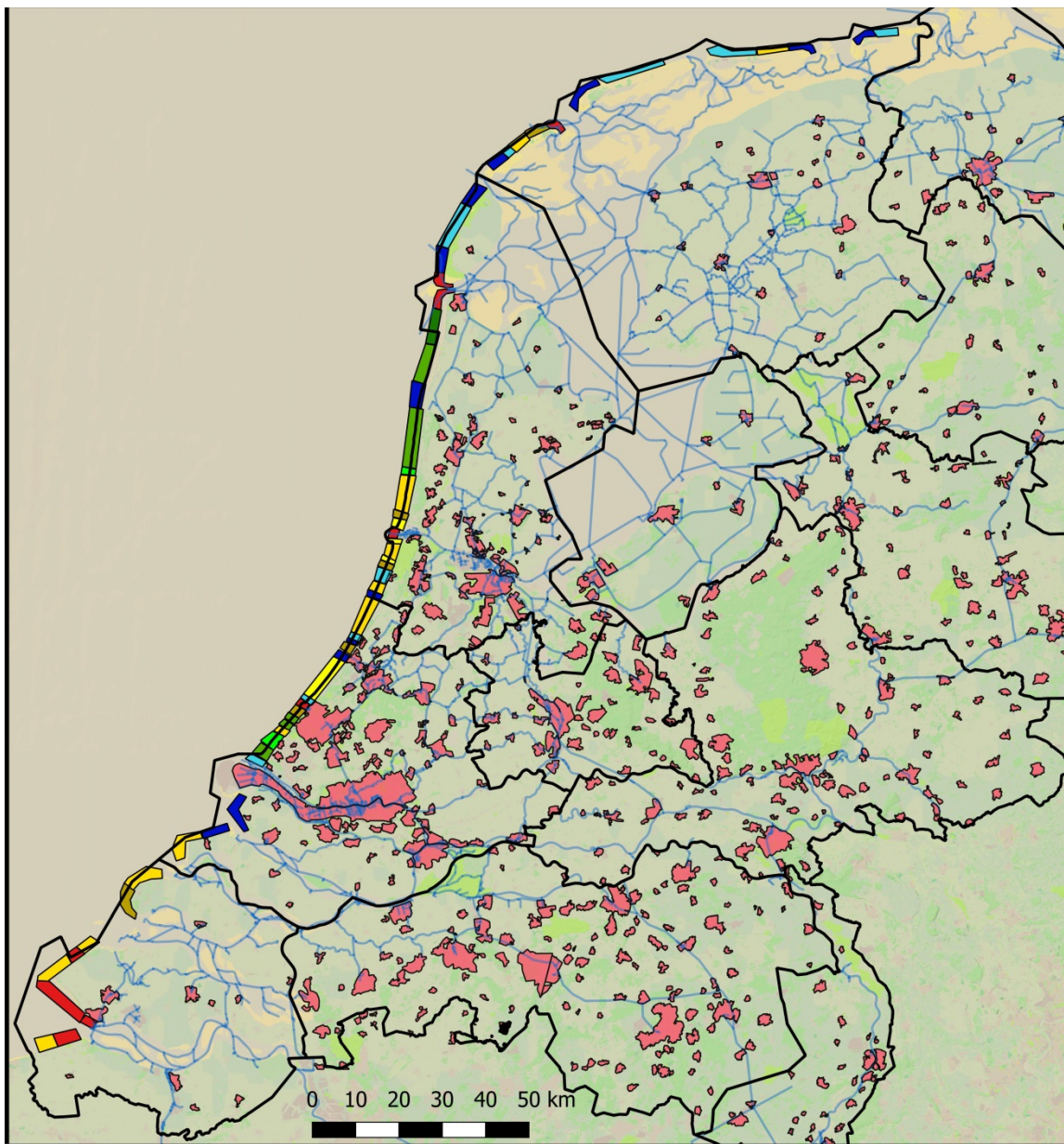
De grote zandbehoefte aan de Waddenkusten en de Deltakusten betekenen dat daar vanuit kustbeheer de grootste kansen liggen. Juist in het Deltagebied en nabij de zeegaten van de Waddenzee zijn er echter nog onbekende risico's. De kennis over het langetermijn gedrag en de invloed van zandmotoren in zulke gebieden is nog niet toereikend: gepland wordt om dit te onderzoeken in het Kustgenese II programma. Langs de rechte delen van de Waddeneilanden zouden zandmotoren eerder kunnen worden ingezet. Langs de Hollandse kust zijn de kansen van zandmotoren vanuit kustbeheer beperkter omdat daar de sedimentbehoefte veelal lager is.

Voor natuur lijkt het inzetten van zandmotoren vooral mogelijkheden te bieden in gebieden waar de wens bestaat tot 'langere kustdwarse gradiënten'. Als er cofinanciering voor natuurdoelen is (bijvoorbeeld via de PAS-gelden) groeien de mogelijkheden en kansen. Er moet wel rekening worden gehouden met verstoring op al aanwezige Natura2000 gebieden.

Voor recreatie lijken zandmotoren vooral mogelijkheden te bieden bij drukke kustplaatsen, om de suppletiefrequentie te beperken. Ook zal daar vermoedelijk eerder cofinanciering mogelijk zijn. Het ontwerp zal hierbij waarschijnlijk dienen te lijken op grote conventionele kustsuppleties.

Een uitbreiding van de kust in het tegengaan van verzilting zijn langs de Hollandse en Delta kust (zuidelijk van de haven van Scheveningen) mogelijk. Nabij oost-Ameland is synergie met suppleren ter compensatie van delfstofwinning mogelijk.

Figuur 6.6 geeft een gecombineerd overzicht van de kansen. Langs de hele Nederlandse kust zijn er mogelijkheden, maar de beste kansen voor een nieuwe zandmotor liggen, volgens de figuur langs de Noord-Hollandse kust en langs de kust van Delfland, waar de eerste Zandmotor werd aangelegd.



Gecombineerde Kanskaart voor meerdere kustfuncties.

- 1 kustfunctie, matige kans.
- 1 kustfunctie, goede kans.
- 2 kustfuncties, waarvan beide een matige kans.
- 2 kustfuncties, waarvan 1 een matige en 1 een goede kans.
- 2 kustfuncties, waarvan beide een goede kans.
- 3 kustfuncties, waarvan allen een matige kans.
- 3 kustfuncties, waarvan 2 een matige kans en 1 een goede kans.
- 3 kustfuncties, waarvan 1 een matige kans en 2 een goede kans.
- Geen kansen

Deltares februari 2016

Figuur 6.6 Gecombineerde kanskaart

## 7 Literatuur

Adviescommissie voor de Zuid Hollandse kust, 2006: Het Kustboekje,; groeien naar kwaliteit.

Ambitieovereenkomst pilotproject Zandmotor, 2013: Natuurlijk werken aan de Delflandse Kust! Versie 3 maart 2008, 10 pp.

Arcadis, 2013. Milieueffectrapport kustversterking Hondsbossche en Pettemer zeewering. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en Provincie Noord-Holland, Definitief 29 januari 2013, 489 pp.

Baltissen, J, 2015: Het verhaal van de Zandmotor. Het turbulente proces van een innovatie binnen het waterbeheer gezien vanuit verschillende invalshoeken, 59 pp.

Berendsen, E., Cleveringa, J., de Grave, J., de Kok, J., Mählman, E. en J. Mulder, 2005. rapportage verkenningsfase Project Zand en Ze(e)ker (de "zandmotor" bij Ter Heijde) Interne verkenning in opdracht van: Rijkswaterstaat [WaterINNovatiebron], 67 pp.

De Boer, W.P., Fiselier, J., Ruijgrok, E.C.M. en B.J.A. Huisman, 2015: A framework for sandy strategy development - with a quick scan for (co-)financing potential. Report 1220140-000-HYE-0009, 47 pp.

Bruens, A., 2007: WL | Delft Hydraulics, IMARES en VBKO; Globaal Voorontwerp Zandmotor, innovatieve kustontwikkeling Delfland. Rapport Z4459, november 2007.

Deltares, 2009: Channel meandering of Sand Engine preferred alternative. Deltares memo 1201770-000-ZKS-003, 30 December 2009.

DHV BV, H+N+S landschapsarchitecten en Alterra, 2007: Waterbouwrapport Versterking Delflandse Kust, W3487-02.001/ WG-SE20061125, 120 pp.

DHV, 2009: Maatschappelijke Kosten en Baten Analyse MKBA Zandmotor Delflandse Kust, 76 pp.

DHV, 2010: Monitoring en Evaluatie Plan Zandmotor.

DHV en HNS, 2010: Projectnota/ MER Aanleg en zandwinning Zandmotor Delflandse kust. Dossier C6158-01.001, registratienummer WA-WN20090054; versie definitief, 303 pp.

DHV, 2011: Integraal Beheer- en Inrichtingsplan Zandmotor, Provincie Zuid-Holland, juli 2011; dossier : BA4908-100-100; registratienummer : LW-AF20111238/WNR, 22 pp.

Dulfer W. m.m.v. C. van Gelder, S. Marx en C. de Wilde, 2014: Hoe bruikbaar is de Zandmotor? Eerste tussentijdse verkenning naar de haalbaarheid en bruikbaarheid van de pilot Zandmotor 2011-2013. Rijkswaterstaat, 30 pp.

Decisio, 2014: Ruimte voor recreatie op het strand, *Onderzoek naar een 'recreatiebasiskustlijn'*, in opdracht van: Provincie Fryslân; Provincie Noord-Holland; Provincie Zeeland; Provincie Zuid-Holland, 39 pp., met bijlage.

Groot, A.V. de, Oost, A.P., Veeneklaas, R.M. Lammerts, E.J., van Duin, W.E., van Wesenbeeck, B.K., Dijkman, E.M. en E.C. Koppenaar, 2015: Ontwikkeling van eilandstaarten: geomorfologie, waterhuishouding en vegetatie. IMARES Rapport C183/14, IMARES Wageningen UR.

Hoekstra, P., Houwman, K.T., Kroon, A., van Vessem, P. en , B.G Ruessink., 1994: The Nourtec experiment of Terschelling: process-oriented monitoring of a shoreface nourishment (1993-1996). In: Proc. Coastal Dynamics'94, ASCE, New York, pp. 402-416.

Huizer S., Oude Essink G.H.P. en M.F.P. Bierkens, 2016. Fresh groundwater resources in a large sand replenishment. Hydrology and Earth System Sciences, <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/hess-2016-5>.

Israel, C.G. en A.P. Oost, 2001: Strandhaak ontwikkeling op de koppen van de Waddeneilanden RIKZ/OS/2001.116X, 27 pp.

Lammerts, E.J. en A. Van Haperen, 2015: De Natuur van de Kust, tussen aangroei en afslag, Uitgave Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE), ISBN 978-90-820436-8-6, 91 pp.

Löffler, M.A.M., De Leeuw, C.C., Ten Haaf, M.E., Verbeek, S.K., Oost, A.P., Grootjans, A.P., Lammerts, E.J., en R.M.K. Haring, 2008: Eilanden natuurlijk. Natuurlijke Dynamiek en veerkracht op de Waddeneilanden. Het Tij Geleerd.

Oost, A.P., 1995. Dynamic and Sedimentary Development of the Dutch Wadden Sea with Emphasis on the Frisian Inlet. A study of Barrier Islands, Ebb-Tidal Deltas, Inlets and Drainage Basins. Geologica Ultraiectina, Medelingen van de Faculteit Aardwetenschappen, Utrecht University (Utrecht): 454 pp.

Oost, A.P., 2012. Effecten huidig kustbeheer op de Waddeneilanden. Report number 1206239-000. Deltares, Delft, The Netherlands.

Oost, A.P., Wang, Z.B., de Groot, A.V., van Duren, L.A. en L. van der Valk, 2014: Preparing for climate change: a research framework on the sediment-sharing systems of the Dutch, German and Danish Wadden Sea for the development of an adaptive strategy for flood safety. Rapport No. 1209152-000, 47 pp.

Oude Essink G.H.P, en R.E. Waterman, 2016: Impacts of offshore land reclamation on fresh groundwater volumes under coastal dunes and surface water in the hinterland, submitted to Hydrological Processes.

Rijkswaterstaat, 2005: Rapportage verkenningsfase Project Zand en Ze(e)ker (de "zandmotor" bij Ter Heijde. Technisch rapport, 68 pp.

Rijkswaterstaat, 2010: Project plan voor de realisatie van de pilot Zandmotor. Technisch rapport.



PZH (Provincie Zuid-Holland), 2010: Projectnota/ MER. Aanleg en zandwinning Zandmotor Delflandse kust. Februari 2010, definitief.

Royal HaskoningDHV, 2014: Beleidsevaluatie Zandmotor 2013; Uitgegeven door Rijkswaterstaat, 29 pp.

Shore monitoring en research, 2013: Morfologische ontwikkeling van de Zandmotor pilot in de eerste 2 jaar na aanleg' versie 3.1, 20-11-2013.

Spek, A van der en Q Lodder, 2014a: Opzet notitie Sedimentbalans Nederlandse kust 1990-2005. Concept-notitie 1209391-004, Deltares, Delft, 26 pp.

Spek, A van der en Q Lodder, 2014b: A new sediment budget for the; the effects of 15 years of nourishing (1991-2005). Coastal Sediments 2015: doi: 10.1142/9789814689977\_0074.

Spek, A.J.F. van der en E.P.L. Elias, 2014: Toekomstige Suppletievolumes, Fase 1, Beschrijving van de huidige toestand van de Nederlandse, kust, de te verwachten ontwikkelingen in de komende eeuw en de mogelijke effecten hiervan op de functies van de kust, 1208140-000.

Stuurman, R.J., 2010: Conclusies DRAINAGE-overleg MOS-Boskalis/Van Oord-Deltares, Ter Heijde, Deltares rapportage 1202884-000-BGS-0030, 8p.

Taal, M., 2016: Ontwikkeling van de Zandmotor; Samenvattende rapportage over de eerste vier jaar van het Monitoring- en Evaluatie Programma (MEP).

Tonnon P.K. (ed.), van der Valk, L. Holzhauer, H. Baptist, M.J., Wijsman, J.W.M., Vertegaal, C.T.M. en S.M. Arens, 2011: Uitvoeringsprogramma Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor, 1203519-000, 154 pp.

Tonnon, P. K. en K. Nederhoff, 2016: Monitoring en Evaluatie Pilot Zandmotor, eindevaluatie onderdeel morfologie. No: 1205045-006 (voorlopig), 100 pp.

Tooren van, B. en J. Krol, 2005: Een Groen Strand op Ameland *De Levende Natuur* - jaargang 106 - nummer 4, 156-158.

Weerdt, de, B., 2015: Effectiveness of the Sand Engine, An objective evaluation with the Frame of Reference approach, Master thesis, Delft, 66 pp.

Wegman, C. 2016: The erosion and redistribution of sediment from the Haringvliet delta after construction of the Haringvliet dam. Master Thesis Universiteit Utrecht.



## A Kostenafweging

### A.1 Inleiding

Deze kostenafweging onderzoekt in hoeverre de pilot Zandmotor kosteneffectief is. Met andere woorden: hoe pakt de vergelijking tussen regulier kustonderhoud en de pilot Zandmotor uit voor verschillende scenario's van: rente, prijs van zand en de onderhoudsbehoefte en levensduur van de Zandmotor? In een eerdere MKBA als opmaat voor de aanleg werd afgeschat dat de Pilot Zandmotor ongeveer 2x zo duur zou zijn als regulier kustonderhoud (DHV, 2009). Omdat we op dit moment niet beschikken over inzicht in de verschillende baten van de Zandmotor, en we uitgaan van een gelijke prestatie van regulier onderhoud en de Zandmotor (inclusief onderhoudsuppleties), is deze studie beperkt tot een vergelijking van de alternatieven op basis van een beschouwing van de kosten door middel van de cash flow (kasstromen) in de tijd vanuit het perspectief van RWS, welke inzichtelijk worden gemaakt met een Life Cycle Costing (LCC) berekening (zie ook: de Weerdt, 2016).

### A.2 Uitgangspunten en beschouwde alternatieven

Op grond van het overleg op 3 februari 2016 te Lelystad zijn een aantal alternatieven gebruikt voor de LCC analyse van de Zandmotor. Daarbij zijn de volgende punten meegenomen:

- 1) Het besluit Projectplan Waterwet voor de realisatie van de pilot Zandmotor (Rijkswaterstaat, 2010) van 21 september 2010. De daarbij toen vigerende inzichten waren dat er 0,5 Mm<sup>3</sup>/jaar nodig zou zijn voor handhaving BKL en 1,1 Mm<sup>3</sup>/jaar voor handhaving KF, dit laatste onder vermelding verliezen richting Eurogeul. Deze uitgangspunten zijn ook gebruikt in de MKBA. Het verdient dus aanbeveling om met een LCC te analyseren of de toenmalige aanleg, bij de toenmalige zandprijzen (prijspeil 2011), voor het reguliere kustonderhoud en de prijs voor de Zandmotor een goed idee was.
- 2) Ondertussen heeft lenM sinds 2012 met succes een nieuwe innovatie doorgevoerd waarbij de zandsuppleties voor het reguliere kustonderhoud langjarig worden aanbesteed en de kuubprijs aanzienlijk wordt gedrukt. De ervaringsperiode is weliswaar kort en het is voorstelbaar dat de kuubprijs op termijn weer hoger komt te liggen door de mondiale economische ontwikkelingen, maar het is duidelijk dat gemiddeld een beduidend lagere zandprijs zal gelden. Daarom is het ook van belang om deze nieuwe werkelijkheid in het kader van de Bruikbaarheidsstudie te beschouwen. Om landelijk een beeld te krijgen zou de gemiddelde nieuwe kuubprijs kunnen worden vergeleken met de aanleg van de Zandmotor. Zo wordt een eerste indicatie verkregen hoe gunstig een Zandmotor zou zijn t.o.v. de huidige Kustlijnzorg. Daarbij past de kanttekening dat op grond van schaalvoordelen ook nu een Zandmotor goedkoper zou moeten kunnen worden aangelegd dan een meerjarige uitbesteding (zie verder onder punt 4).
- 3) Tevens is het nu usance dat alle verliezen richting Scheveningen haven en Eurogeul worden teruggebracht in het betreffende Kustvak tussen haven Scheveningen en Hoek van Holland binnen het Kustfundament (pers. inf. Lodder). Verliezen daardoor kunnen worden uitgesloten. Het benodigde onderhoud van de BKL wordt nog steeds geschat op 0,5 Mm<sup>3</sup>/jaar; het onderhoud aan het KF wordt nu echter geschat op 0,3 Mm<sup>3</sup>/jaar

- 4) Met in het achterhoofd de mogelijkheid om zo goed mogelijk aan te sluiten bij de business case aanpak van Ecoshape wordt aangegeven waar bij de aannames die voor elk van de alternatieven worden gegeven het 'break-even' punt ligt, dat wil zeggen de waarden voor levensduur en kosten waarbij een megasuppletie economisch haalbaar wordt bij een vergelijking met een LCC.

#### Algemene uitgangspunten

- Discontovoet voor de LCC analyse: 2,5 % of 3 %<sup>2</sup>;
- Prijsniveau 2011;
- Alle prijzen zijn exclusief BTW;
- Alle suppleties zijn netto kubieke meters (in situ);
- Reguliere suppleties met een verhouding van 50/50 voor vooroever- en strandsuppleties voor punt 1 en 70/30 (landelijke beeld) voor punt 2 (zie boven);
- Onderhoudssuppleties voor de Zandmotor tegen 'reguliere' suppletie prijzen;
- Gemiddelde inflatie periode 2011 – 2014 is 2 % (volgens statline/cbs.nl);
- Verlies havens en Eurogeul worden volledig teruggestort in het betreffende kustfundamentvak voor punt 2

#### Zandmotor

- Suppletievolume 18,7 miljoen m<sup>3</sup> in situ;
- Additioneel onderhoud eerste 20 jaar 4,45 miljoen m<sup>3</sup> in situ;
- Prijs aanleg € 51.300.000 (ex BTW, 2011).

#### Alternatief 1

- Zandbehoefte voor reguliere suppleties 0,5 Mm<sup>3</sup> (BKL, levensduur Zandmotor 40 jaar) en 1,1 Mm<sup>3</sup> (KF+BKL, levensduur Zandmotor 20 jaar) per jaar conform initieel projectvoornemen. Suppleties worden aangebracht één keer per 5 jaar. Eerste suppletie in jaar 0;
- Discontovoet 2,5 %
- Levensduur Zandmotor 20 of 40 jaar;
- Prijs reguliere suppleties € 6,5  $((4,5+8,5)/2 = € 6,5/m^3)$ , prijspeil 2011 exclusief BTW per m<sup>3</sup> in situ.

#### Alternatief 2

- Zandbehoefte voor reguliere suppleties 0,5 Mm<sup>3</sup> per jaar conform huidige inzichten met betrekking tot suppleties noodzakelijk voor BKL-handhaving. Suppleties worden aangebracht één keer per 5 jaar. Eerste suppletie in jaar 0.
- Discontovoet 3 %
- Levensduur Zandmotor 40 jaar voor BKL
- Prijs reguliere suppleties € 3,52 (ex BTW, 2011) per m<sup>3</sup> in situ. Prijs voor reguliere suppleties gebaseerd op OBR 2014, prijzen verdisconteerd naar 2011. Verhouding vooroever/strand suppletie 70/30 'Evenwichtssuppleties' gedurende eerste 20 jaar van totaal 4,45 Mm<sup>3</sup> (gemiddelde van modelstudie van 3,3 – 5,6 Mm<sup>3</sup> over 20 jaar).

---

<sup>2</sup> Met ingang van 1 april 2016 is de voorgeschreven discontovoet voor LCC berekeningen aangepast van 2,5 % naar 3% (zie ook [www.rws.nl/see](http://www.rws.nl/see)). Voor de vergelijkbaarheid is gekozen voor de oorspronkelijke situatie (Alternatief 1) een discontovoet van 2,5 % te gebruiken, terwijl voor de toekomstige situatie (Alternatief 2) de nieuwe discontovoet van 3 % te gebruiken.

Verloop Totale EPK's per object subcategorie (2009-2014)					
Object Subcategorie	2009	2012	2014	verschil 2014-2012	
	[keuro]	[keuro]	[keuro]	[keuro]	[ % ]
Zandsuppleties	70.200	60.000	51.500	-8.500	-14%
Bestoringen Zedland *)	12.000				
Coördinatie & onderzoek	**)	4.310	4.210	-100	-2%
Operationele risico's ***)			2.710	2.710	-
Overig onderhoud	150	150	150	0	0%
<b>Totaal</b>	<b>82.350</b>	<b>64.460</b>	<b>58.570</b>	<b>-5.890</b>	<b>-9%</b>

Kennisprogramma BenO Kust zit financieel **direct gekoppeld** aan het suppletieprogramma en heeft mede voor een efficiency van orde **18M€** per jaar

20 Rijkswaterstaat 11 december 2012

- 70% vooroever kuubs =  $0.7 \cdot 12 = 8.4 \text{ Mm}^3$
- 30% strand kuubs =  $0.3 \cdot 12 = 3.6 \text{ Mm}^3$
- Gemiddelde kuubprijs = 4.5 € (incl. BTW, 2014) is gelijk aan € 3,52 m<sup>3</sup> (ex BTW, 2011)

### A.3 Uitkomsten

#### A.3.1 Algemeen

De berekeningen in tabel B.1. laten zien dat de aanleg van de pilot Zandmotor in het alternatief 1, met de oorspronkelijke uitgangspunten van de Zandmotor, belangrijk goedkoper is dan de uitgangspunten voor de reguliere kustlijnverzorging. Uitgangspunten hierbij zijn een levensduur van de Zandmotor van 20 jaar bij een suppletiebehoefte van 1,1 Mm<sup>3</sup> of 0,5 Mm<sup>3</sup> per jaar en een zandprijs van 6,5 €/m<sup>3</sup> voor de reguliere suppleties en 2,74 €/m<sup>3</sup> voor de Zandmotor (totale investering van € 51,3 miljoen), zie Tabel A1 voor meer details.

Tabel A.1 Contante Waarde van LCC berekeningen van Alternatief 1

Beschrijving	Rente	2,5%		
	Cash Flow	LCC (CW)	Onderhoud (CW)	Investering
Zandbehoefte 1,1 Mm <sup>3</sup> /jaar (20 jaar, zand = € 6,5/m <sup>3</sup> )	143.000.000	119.959.777	84.209.777,3	35.750.000
Zandbehoefte 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar (40 jaar, zand = € 6,5/m <sup>3</sup> )	130.000.000	87.803.520	71.553.519,9	16.250.000
Zandmotor (51,3 M€, zand = € 2,74/6,5/m <sup>3</sup> )	80.225.000	74.011.122	22.711.121,8	51.300.000

Uit de berekening blijkt dat de Zandmotor zowel efficiënt is wanneer de prestatie kan worden vergeleken met een suppletiebehoefte van 1,1 Mm<sup>3</sup> (levensduur 20 jaar) en een suppletiebehoefte van 0,5 Mm<sup>3</sup> (levensduur 40 jaar). Bij een levensduur van 20 jaar en een suppletiebehoefte van 1,1 Mm<sup>3</sup> is de LCC 120 M€ en bij een suppletiebehoefte van 0,5 Mm<sup>3</sup> is de LCC 88 M€ tegen een LCC van de Zandmotor van 74 M€. Hieruit volgt dat onder de oorspronkelijke uitgangspunten van de pilot de Zandmotor een veel lagere LCC heeft. De Zandmotor was, bij de toen vigerende inzichten financieel een erg goed idee.

Als tweede alternatief is onderzocht of onder de huidige prijzen het nog steeds voordelig kan zijn om een zandmotor aan te leggen. Hiervoor zijn de uitgangspunten genomen zoals eerder beschreven.

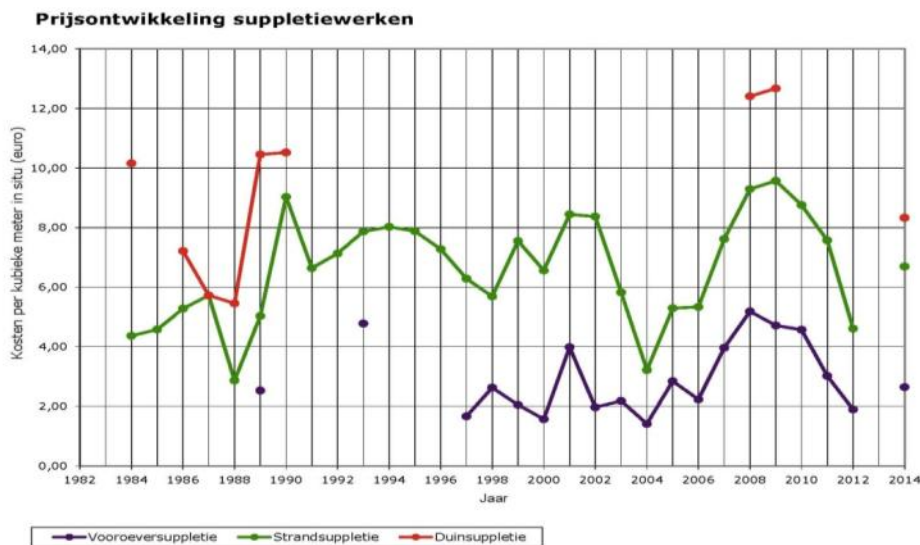
Tabel A.2 Contante Waarde van LCC berekeningen van Alternatief 2

Beschrijving	Rente	3,0%			
	Cash Flow	LCC (CW)	Onderhoud (CW)	Investing	
Zandbehoefte 0,5 Mm <sup>3</sup> /jaar (40 jaar, zand = € 3,52/m <sup>3</sup> )		70.400.000	44.415.502	35.615.501,9	8.800.000
Zandmotor (51,3 M€, 40 jaar, zand = € 2,74/3,52/m <sup>3</sup> )		66.964.000	63.040.506	11.740.505,5	51.300.000

Uit Tabel B.2 blijkt dat wanneer de huidige prijzen voor reguliere suppleties wordt vergeleken met de oorspronkelijke kosten van de Zandmotor deze hogere LCC heeft dan reguliere suppleties, 44 M€ tegen respectievelijk 63 M€.

### A.3.2 Gevoeligheidsanalyse

In een gevoeligheidsanalyse worden een aantal uitgangspunten significant veranderd om inzicht te krijgen in de LCC kosten van de verschillende alternatieven bij veranderingen in de uitgangspunten. Omdat kosten voor suppleties zeer sterk kunnen variëren (zie Figuur A.1) zal in de gevoeligheidsanalyse het accent op deze prijsfluctuaties liggen en de gevolgen van veranderingen in kostprijs voor megasuppleties en reguliere suppleties onderzoeken.



Kosten zijn berekend op basis van aanbestedingsresultaten inclusief BTW per suppletietype binnen een kalenderjaar. Kosten per jaar zijn m.b.v. de door het CBS als officiële inflatiecijfers gepubliceerde reeks doorgerekend naar prijspeil 2014.

Figuur A.1 Prijswontwikkelingen suppletiewerken (prijspeil 2014, uit Oers en Jagernath, 2015)

#### Invloed gehanteerde kostprijs

Bij een kostprijs van de Zandmotor van 2,74 €/m<sup>3</sup> (€51,3 miljoen investering) is een eenmalige megasuppletie pas goedkoper wanneer de verwachting voor toekomstige reguliere suppleties tenminste 5,55 €/m<sup>3</sup> bedraagt (bij een levensduur van de Zandmotor van 40 jaar met aanvullende suppleties). Wanneer de huidige kostprijs voor zand voor reguliere suppleties wordt gebruikt van 3,52 €/m<sup>3</sup> moet de zandprijs voor een megasuppletie dalen tot tenminste van 1,74 €/m<sup>3</sup> voordat een Zandmotor goedkoper uitkomt dan reguliere suppleties.

Tabel A.3 LCC kosten van alternatieven en Zandmotor voor verschillende zandprijzen

Beschrijving	Rente	2,5%	LCC (CW)	Onderhoud (CW)	Investing
		Cash Flow			
Zandbehoefte 0,5 Mm3/jaar (40 jaar, zand = € 5,2/m3)		104.000.000	70.242.816	57.242.815,9	13.000.000
Zandmotor (51,3 M€, 40 jaar, zand = € 2,74/5,2/m3)		74.440.000	69.468.897	18.168.897,4	51.300.000
Zandmotor (40 jaar, zand = € 1,88/3,52/m3)		50.820.000	47.454.946	12.298.945,9	35.156.000
Zandbehoefte 0,5 Mm3/jaar (40 jaar, zand = € 3,52/m3)		70.400.000	47.548.983	38.748.983,1	8.800.000

#### A.4 Discussie

Met de toenmalige inzichten en gehanteerde uitgangspunten was de pilot Zandmotor financieel een goed idee omdat het realiseren van een eenmalige megasuppletie beduidend goedkoper was dan het voorziene reguliere kustonderhoud. In het licht van de nieuwe huidige praktijk van meerjarige aanbestedingen, en de huidige prijs voor reguliere suppleties, blijkt een megasuppletie niet uit te kunnen tenzij een beduidend lagere zandprijs kan worden bedongen voor een megasuppletie dan de vigerende suppletieprijs, dan wel dat de lange termijn verwachting voor kosten van reguliere suppleties hoger worden verondersteld dan de huidige kosten onder het huidige economische klimaat.

Zoals bleek uit de voorbereidende ontwerpstudies presteert een zandmotorachtige oplossing verschillend afhankelijk van haar zandvolume, vormgeving en locatie. Er kunnen dus via modelstudies inschattingen gemaakt worden van de prestaties en levensduur voor verschillende soorten zandmotoren. Op grond van de prestaties kan berekend worden met een LCC analyses bij welke zandprijs een bepaald soort Zandmotor een voordeliger alternatief is dan regulier kustonderhoud voor het KF of enkel BKL. Zo ontstaat een beoordelingskader waarbinnen planning van interventies (regulier of megasuppletie) aan de hand van prestatie en zandprijs kunnen worden vergeleken. Bij tijden van een lage zandprijs kan dan mogelijk een beslissing worden genomen voor aanleg van een Zandmotorachtige oplossing. Dit zou, volgens bovenstaande studie, substantiële kostenbesparingen voor RWS kunnen opleveren voor de kustveiligheid en het behoud van het kustfundament. Om dit afwegingskader te kunnen ontwikkelen is meer kennis nodig van de kosten en ingeschatte prestatie voor kustonderhoud van verschillende ontwerpalternatieven van megasuppleties, alsook van de prestaties voor andere functies (recreatie, veiligheid, bouwen langs de kust, etc.).

Geconcludeerd kan worden dat zandmotorachtige alternatieven ten behoeve van kustonderhoud opportuniteitsinstrumenten zijn: het instrument kan ingezet worden op het moment dat zand tegen extreem lage kosten verkrijgbaar is (werk met werk; DHV, 2009), of de zandprijs erg laag ligt ten opzichte van het verwachte langjarig (decennia) gemiddelde. Om van deze opportuniteiten met succes gebruik te kunnen maken zullen (slapende) plannen voor zandmotorachtige oplossingen klaar moeten liggen, waarbij ook aandacht is geschonken aan de levensduur en mogelijke prestaties voor andere functies.

#### A.5 Conclusie

Een zandmotor is een gelegenheidsinstrument voor kustbeheer. Het inzetten ervan kan met succes geschieden als een lage zandprijs kan worden bedongen ten opzichte van het verwachte langjarige gemiddelde en het ontwerp zo geschiedt dat deze een vergelijkbare prestatie levert als reguliere suppleties, waarbij mogelijk een zandmotor ook prestaties heeft voor andere functies die in (monetaire) baten zijn te waarderen.

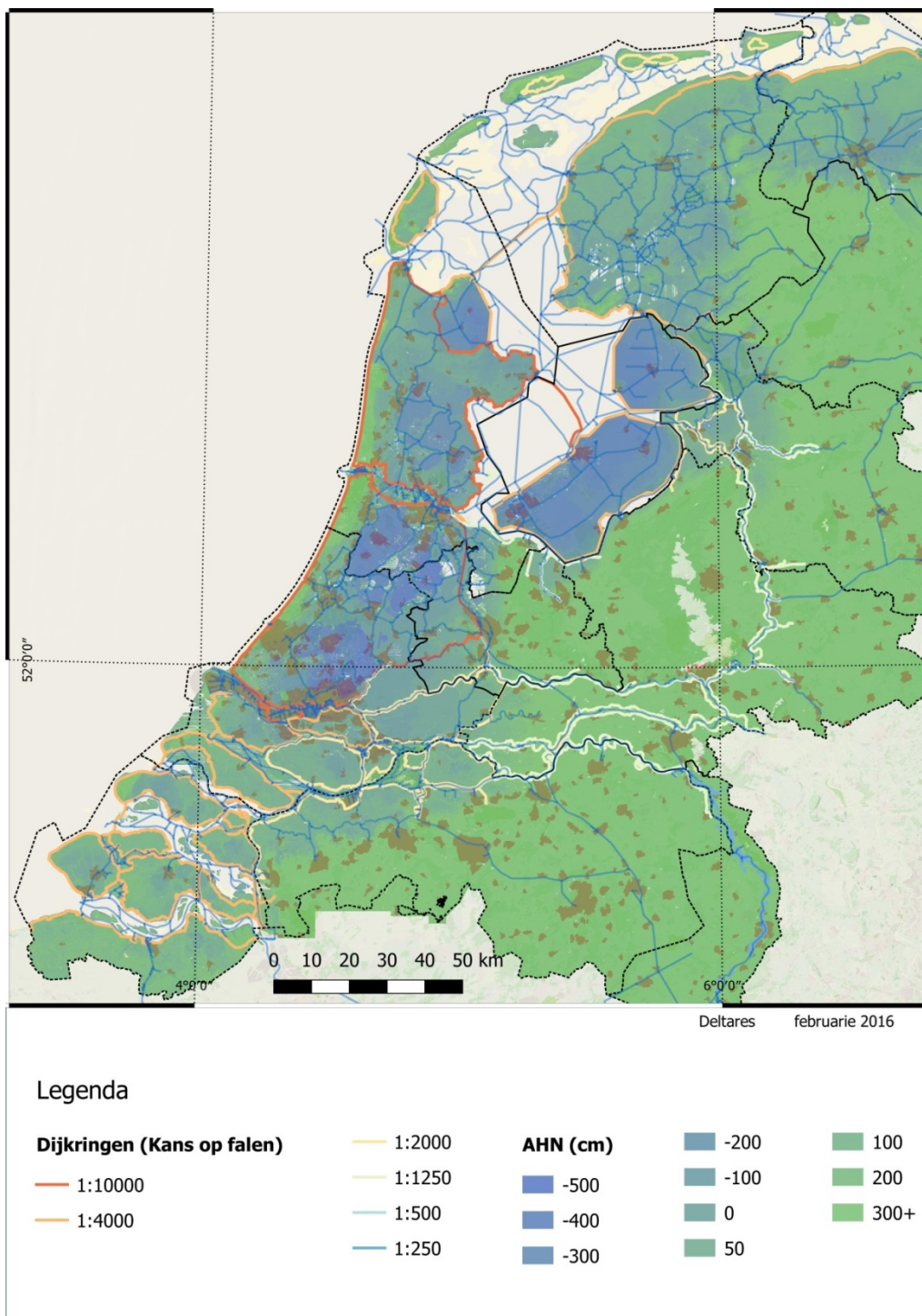
## A.6 Referenties

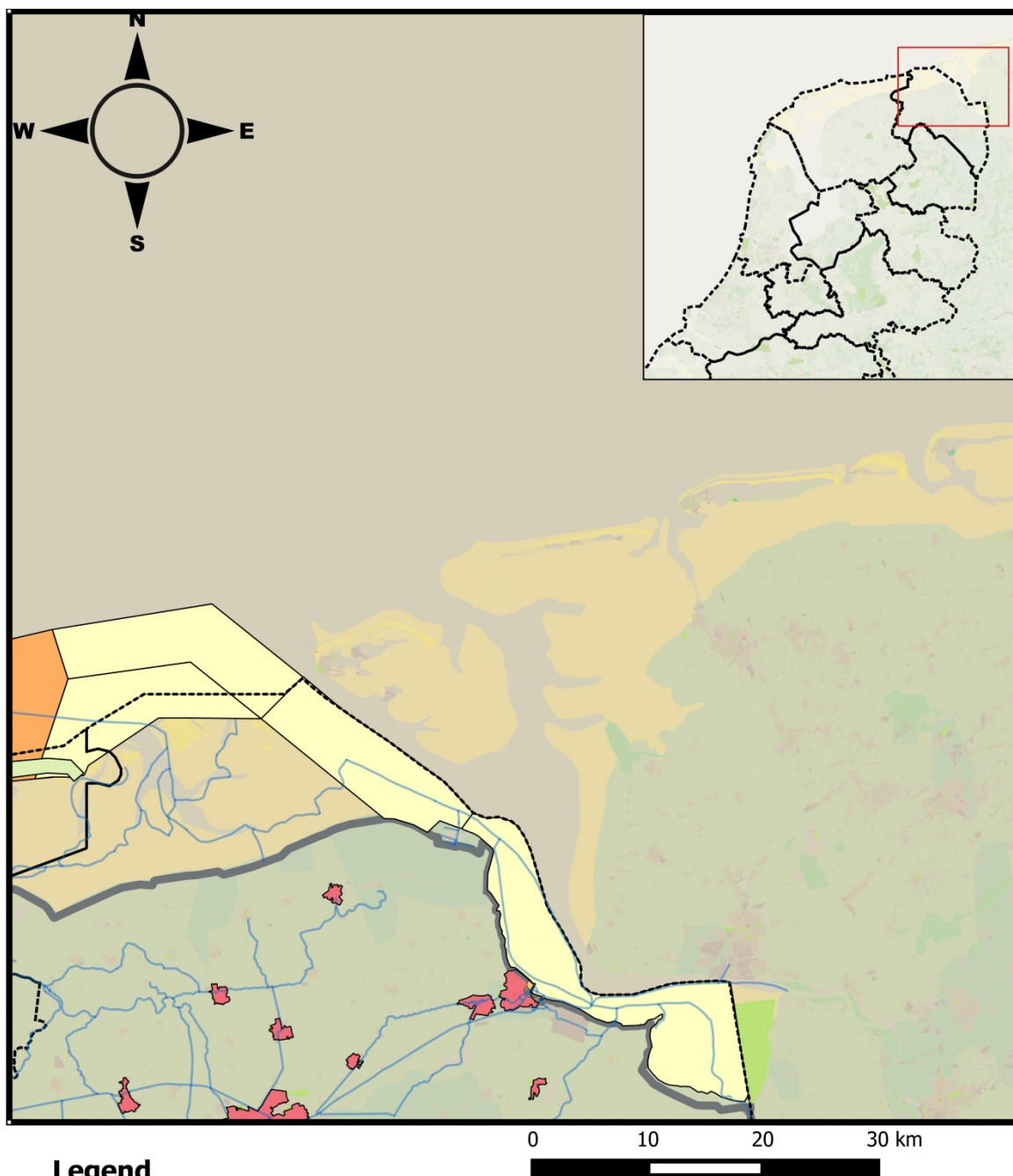
Rijkswaterstaat, 2010: Besluit Projectplan Waterwet, projectplan voor de realisatie van de pilot Zandmotor, ARP/2010.8443I, 22 pp.

Oers, M. van, Jagernath, J., 2015, OBR Kustfundament, Rijkswaterstaat.



## B Kaarten huidige gebruiksfuncties





## Legend

---- BKL

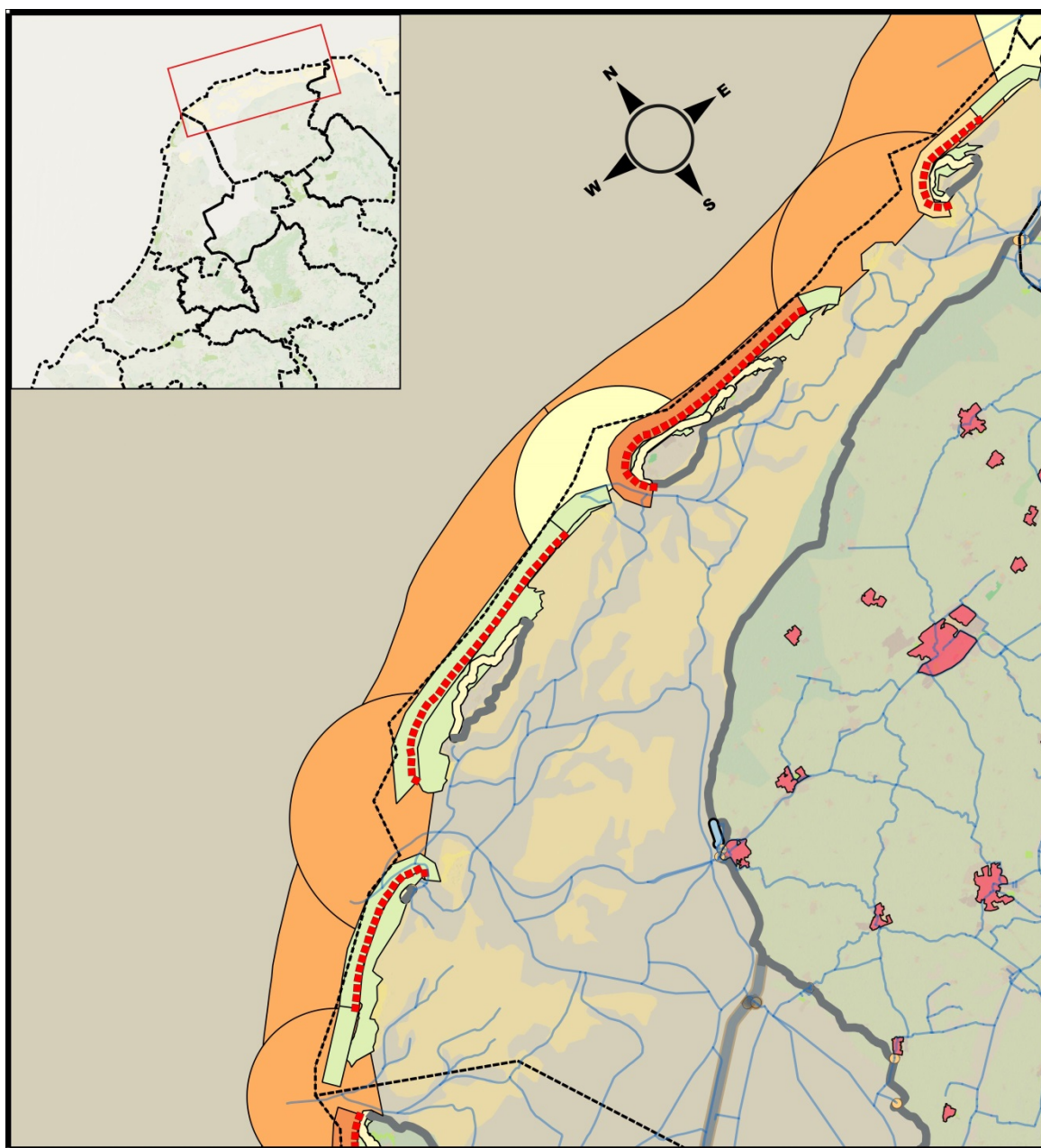
### Type Kustverdediging

- dam
- dijk
- duin
- havendam
- kunstwerk

### Kustvakken Verticale Volumeverandering (exl. suppleties in Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>)

- afname 0,5 of meer
- afname 0,1 tot 0,5
- 0,1 tot 0,1
- toename 0,1 tot 0,5
- toename 0,5 of meer

Groningen Veiligheid



**Legenda**

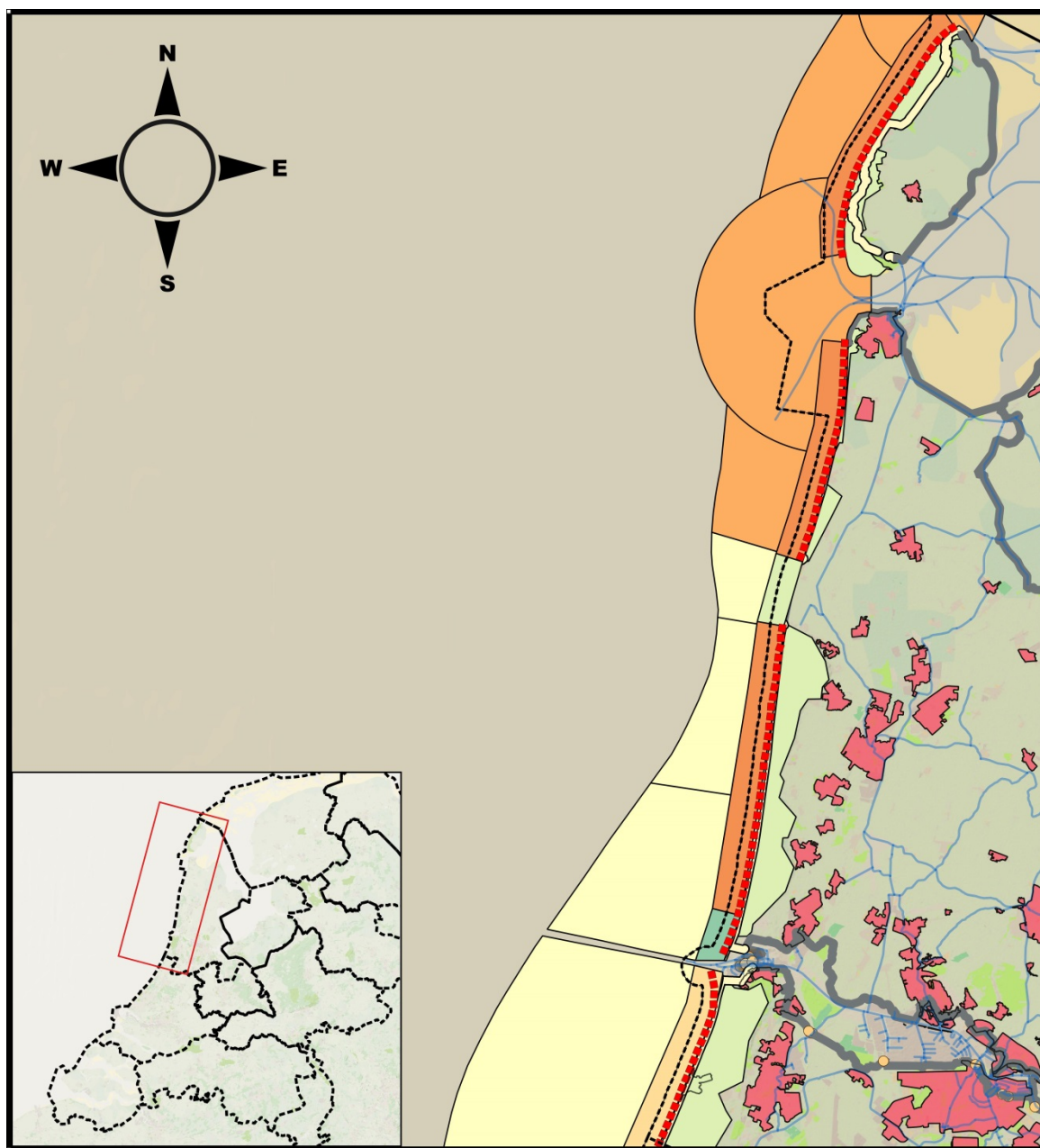
- BKL
- Type Kustverdediging**
- dam
- dijk
- duin
- havendam
- kunstwerk

0 10 20 30 km

**Kustvakken Verticale Volumeverandering (exl. suppleties in Mm3/km2)**

- afname 0,5 of meer
- afname 0,1 tot 0,5
- 0,1 tot 0,1
- toename 0,1 tot 0,5
- toename 0,5 of meer

Friesland Veiligheid



## Legenda

---- BKL

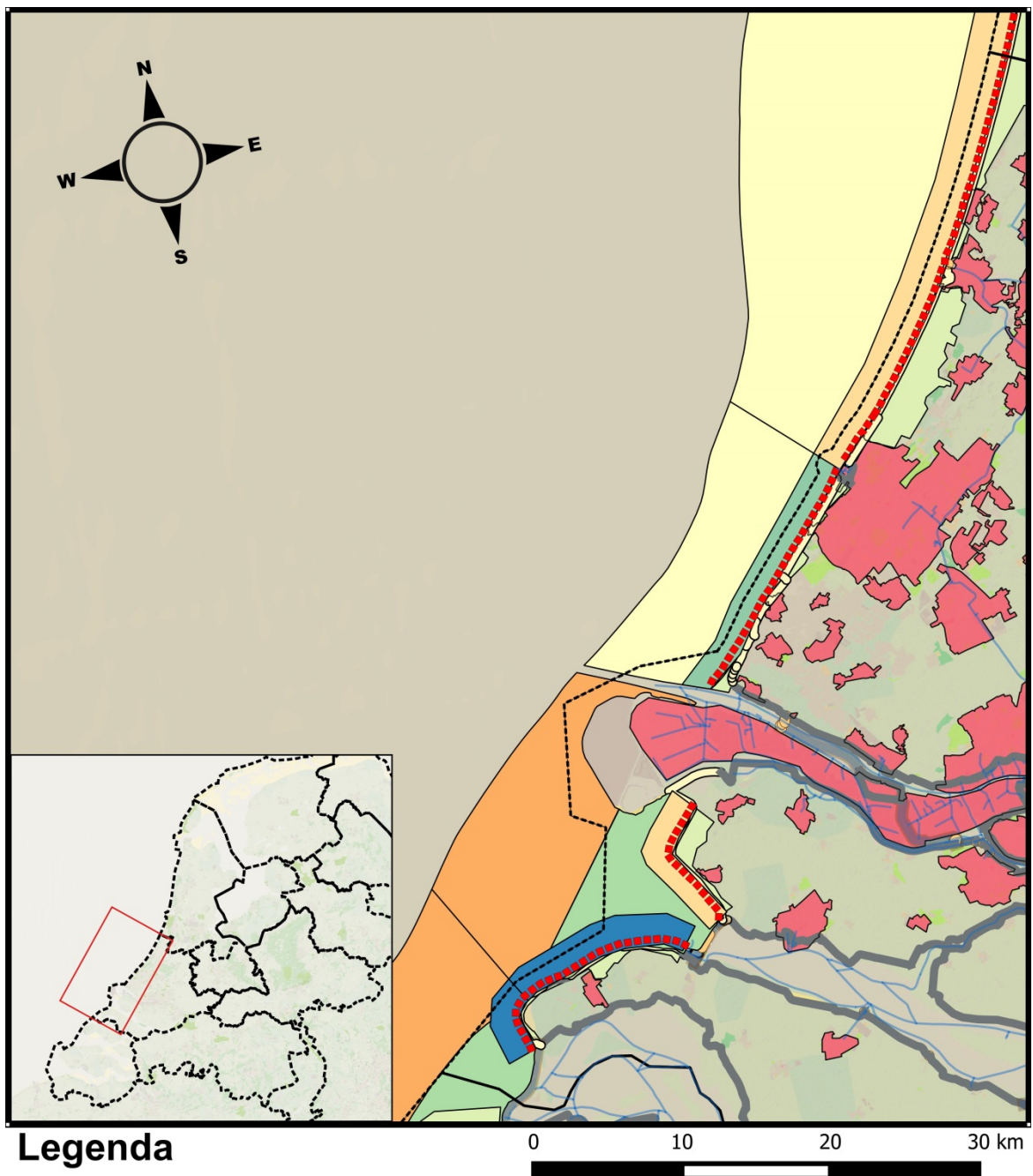
### Type Kustverdediging

- dam
- dijk
- duin
- havendam
- kunstwerk

Noord-Holland veiligheid

### Kustvakken Verticale Volumeverandering (exl. suppleties in Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>)

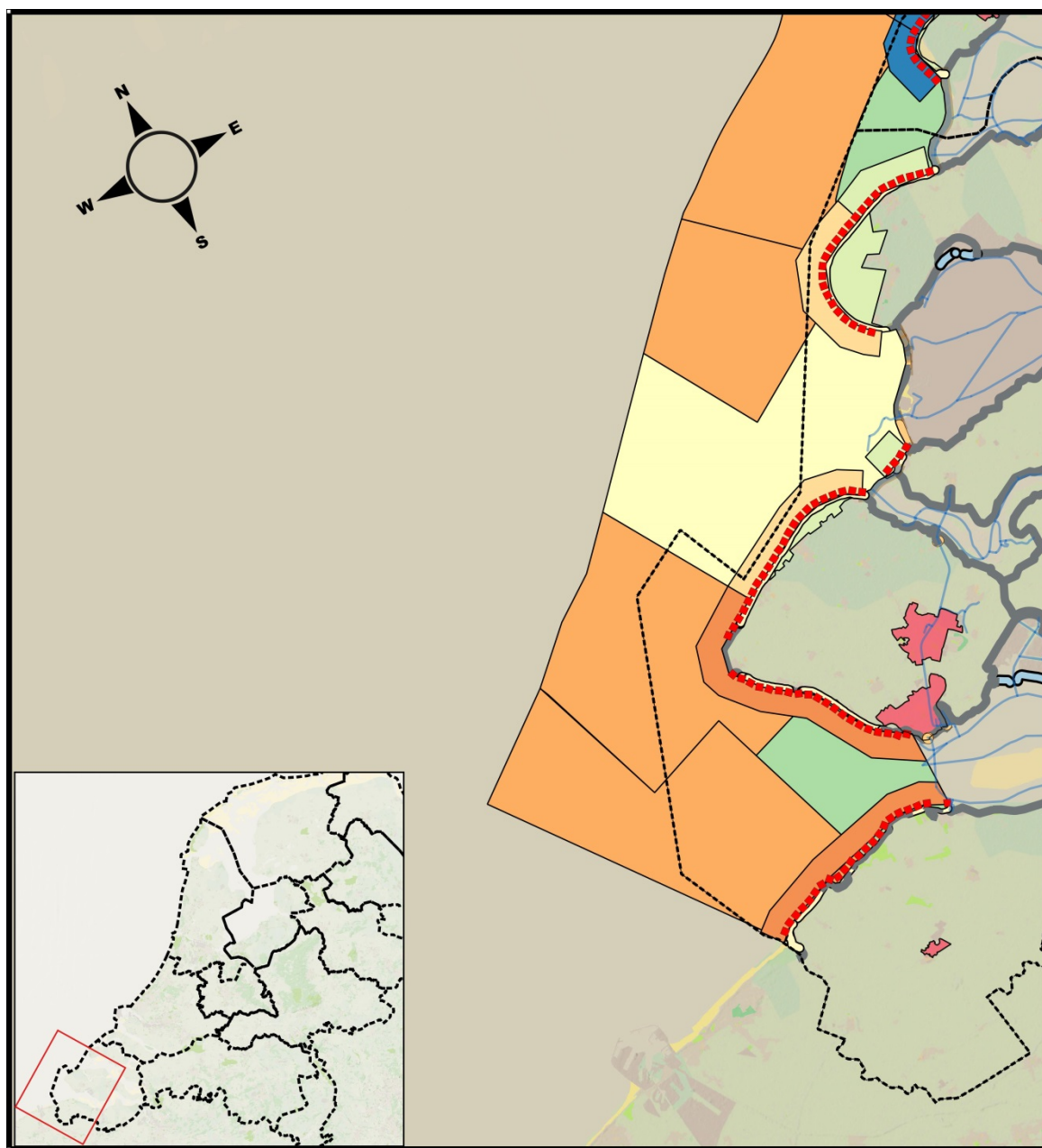
- afname 0,5 of meer
- afname 0,1 tot 0,5
- 0,1 tot 0,1
- toename 0,1 tot 0,5
- toename 0,5 of meer



- BKL
- Type Kustverdediging**
- dam
- dijk
- duin
- havendam
- kunstwerk

- Kustvakken Verticale Volumeverandering (exl. suppleties in Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>)**
- afname 0,5 of meer
- afname 0,1 tot 0,5
- 0,1 tot 0,1
- toename 0,1 tot 0,5
- toename 0,5 of meer

Zuid-Holland Veiligheid



## Legenda

---- BKL






### Type Kustverdediging

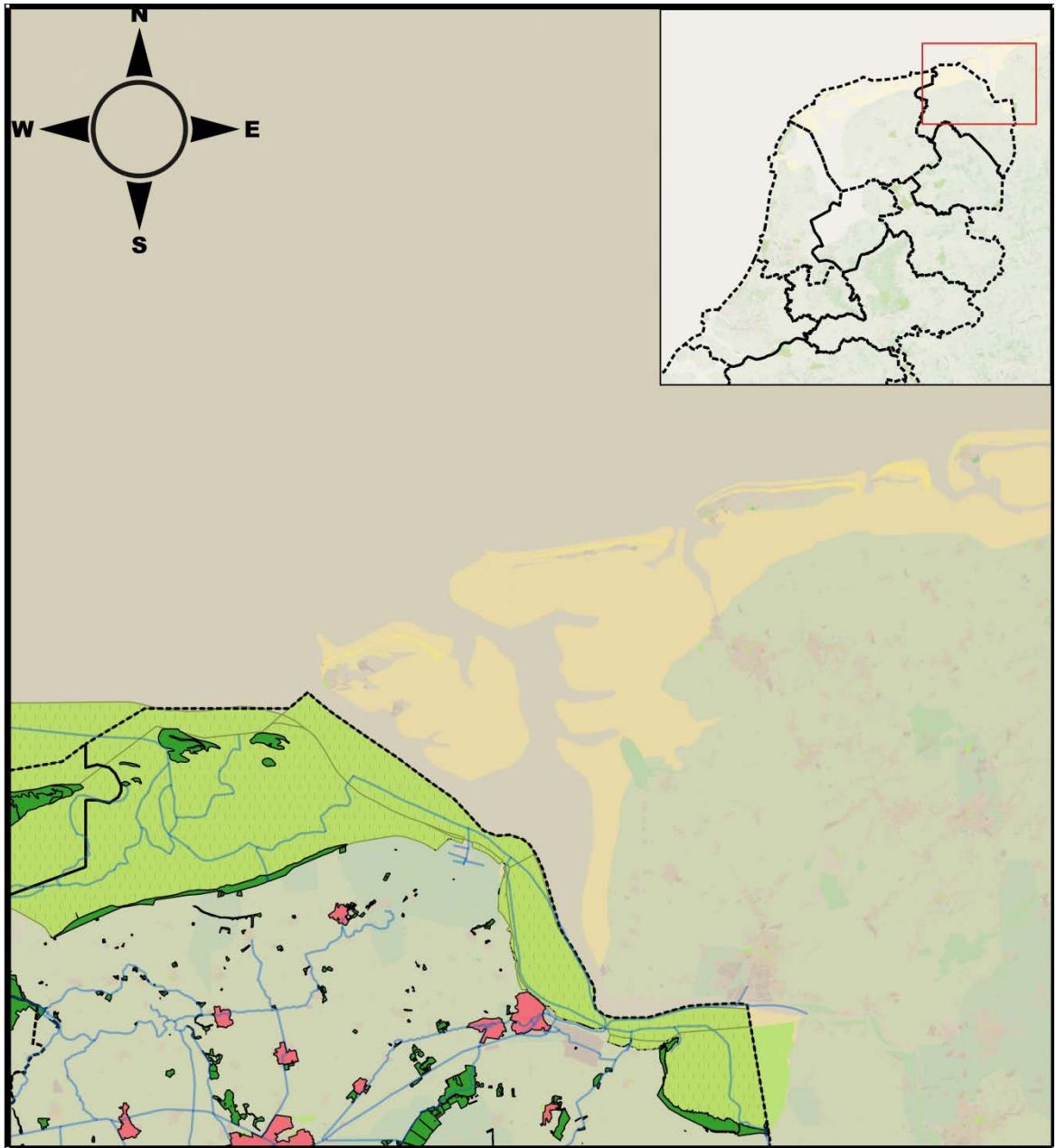
-  dam
-  dijk
-  duin
-  havendam
-  kunstwerk

Zeeland Veiligheid

0 10 20 30 km

### Kustvakken Verticale Volumeverandering (exl. suppleties in Mm<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>)

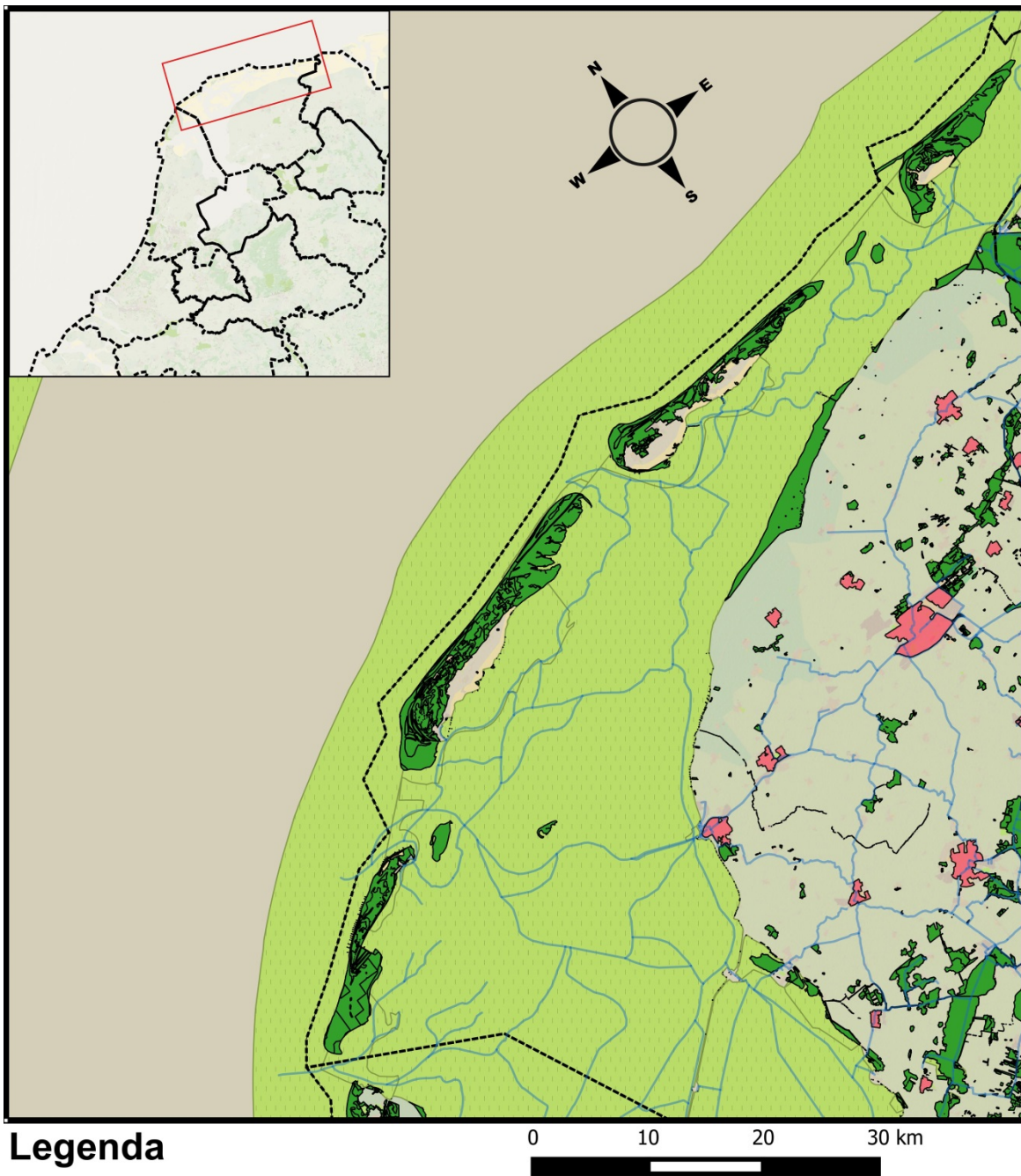
-  afname 0,5 of meer
-  afname 0,1 tot 0,5
-  -0,1 tot 0,1
-  toename 0,1 tot 0,5
-  toename 0,5 of meer



**Legenda**

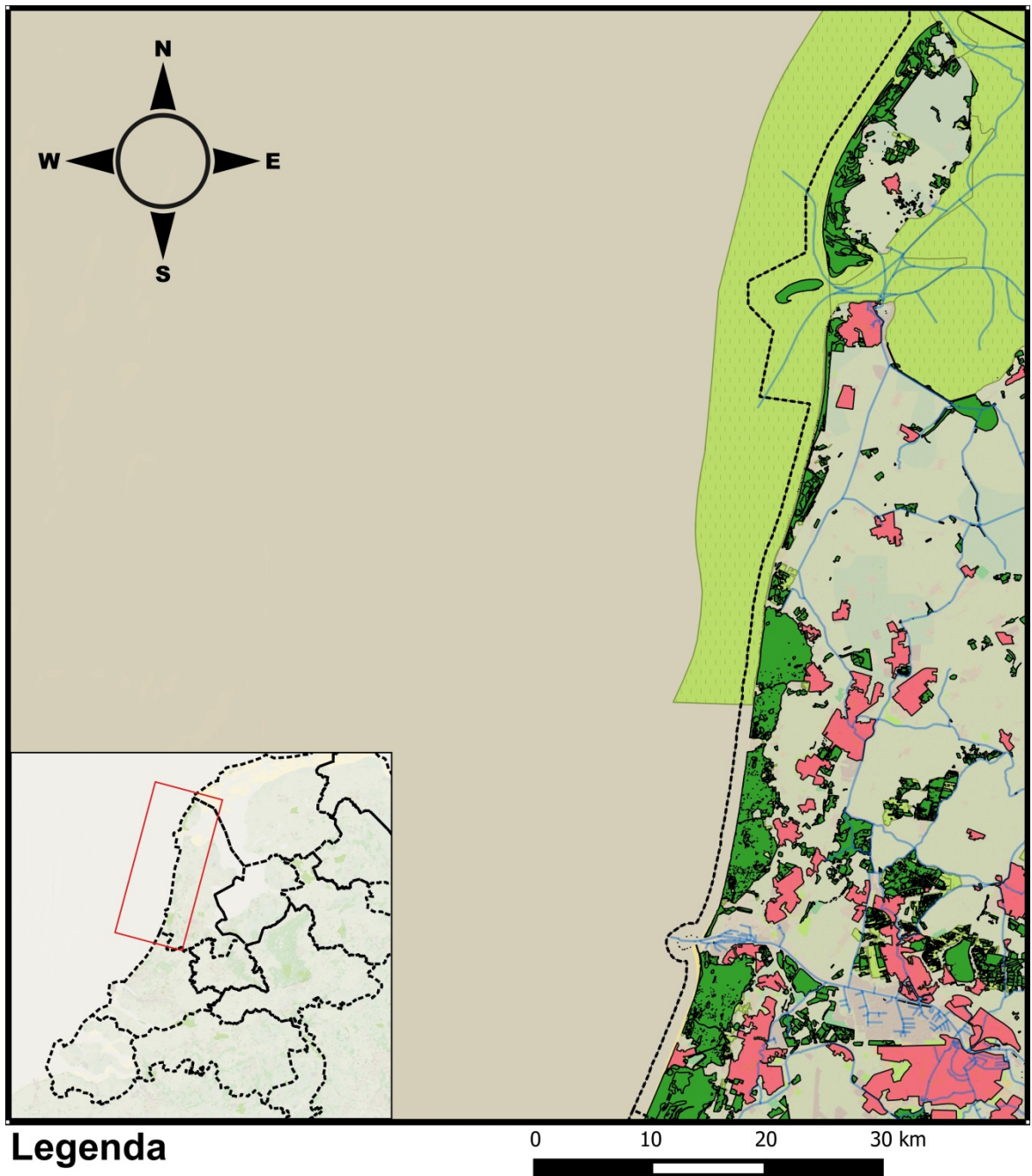
-  Natura2000
-  Terrestrische Natuur

Groningen Natuur



Fryslan Natuur

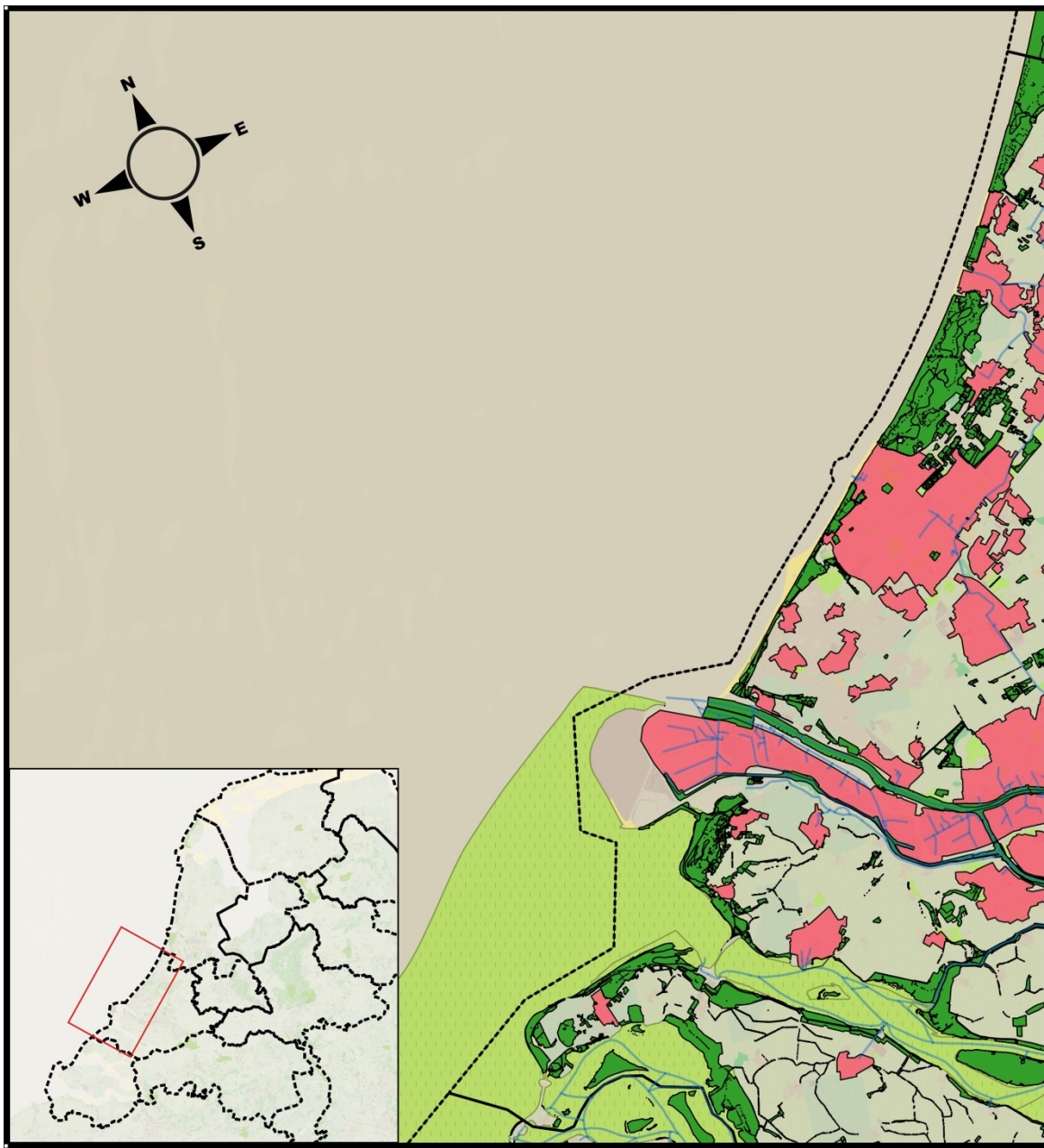




**Legenda**

- Natura2000
- Terrestrische Natuur

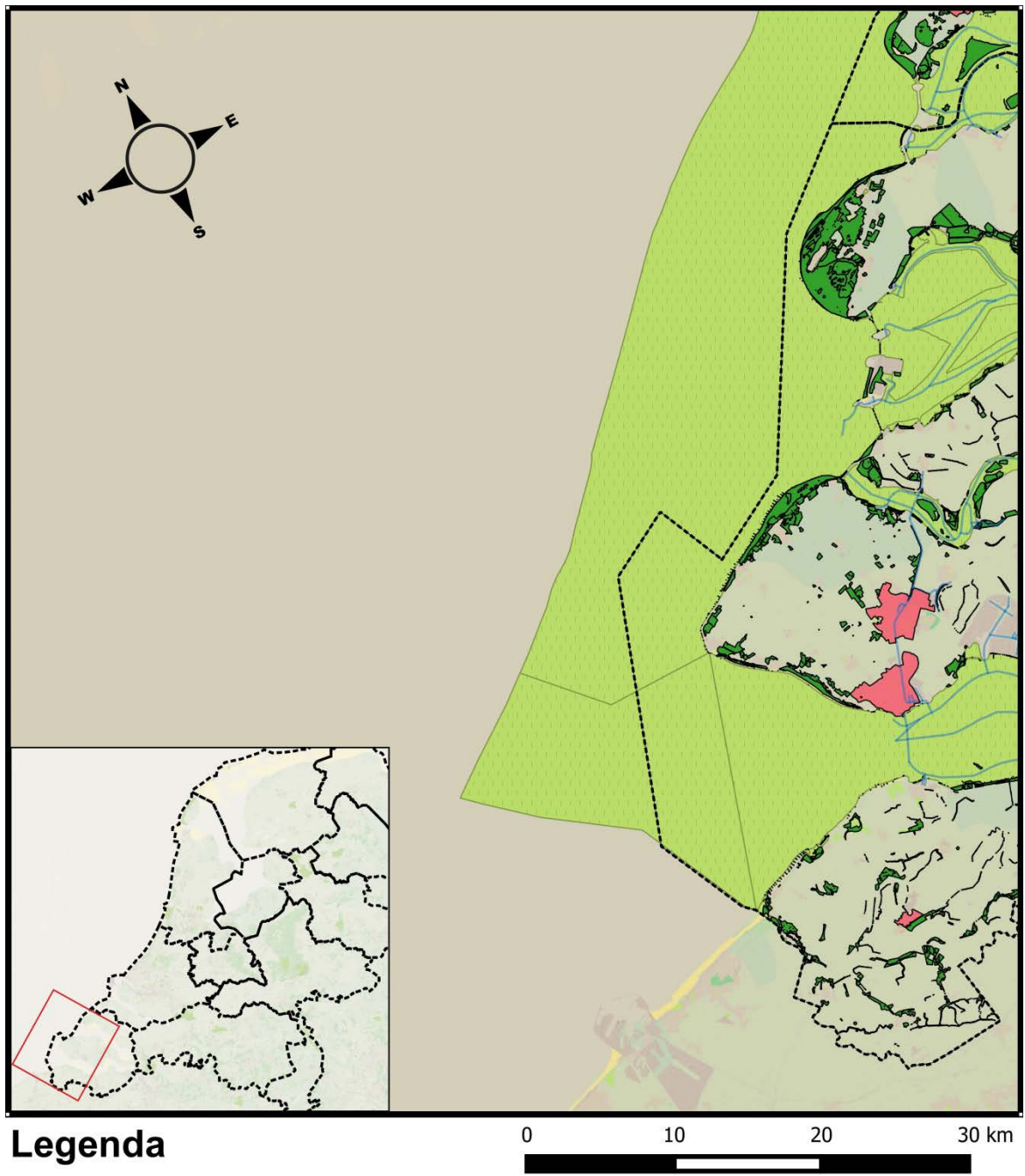
Noord-Holland Natuur



## Legenda

 Natura2000     Terrestrische Natuur

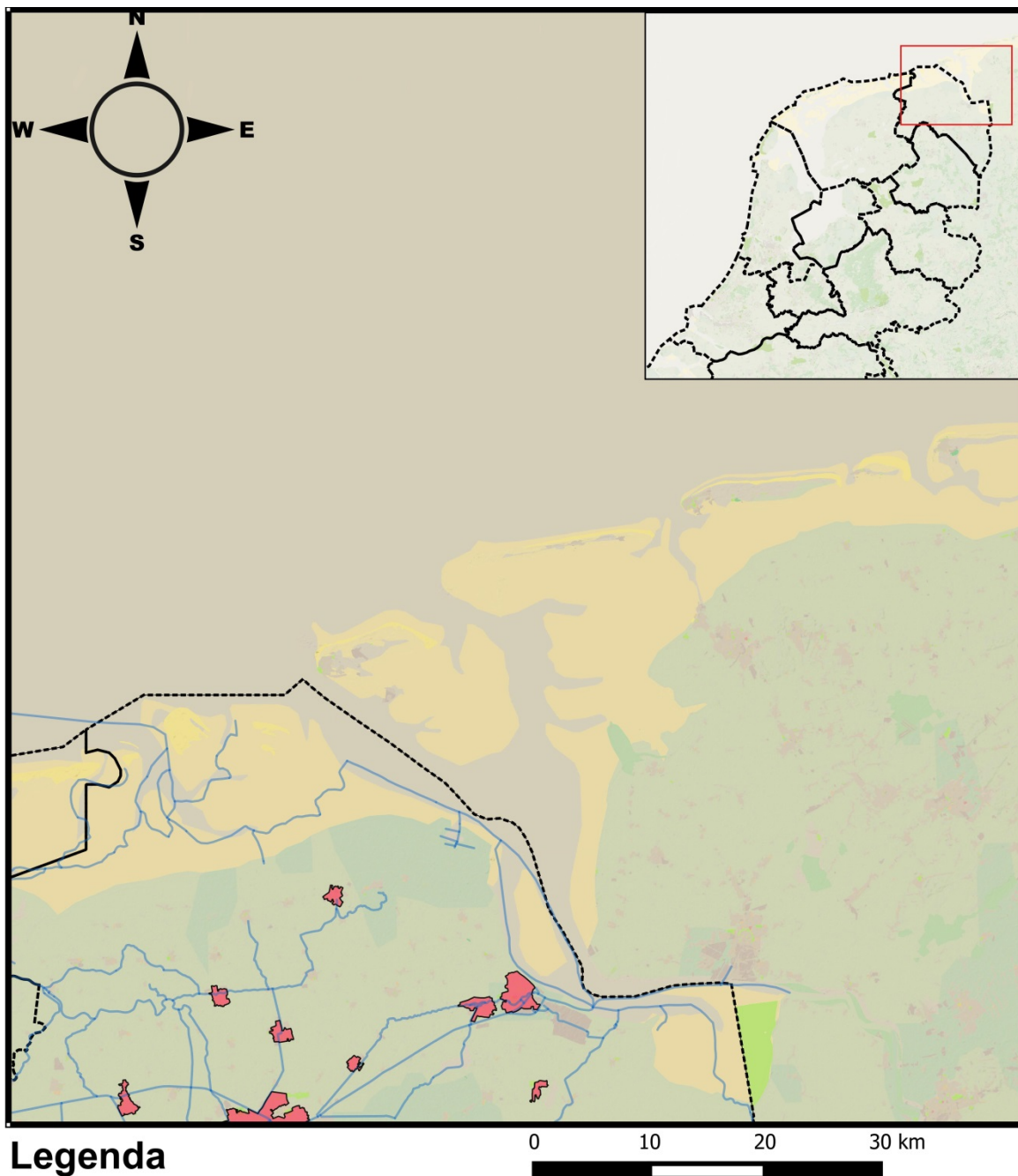
Zuid-Holland Natuur



### Legenda

- Natura2000
- Terrestrische Natuur

Zeeland Natuur



## Legenda

### Recreatie Druk

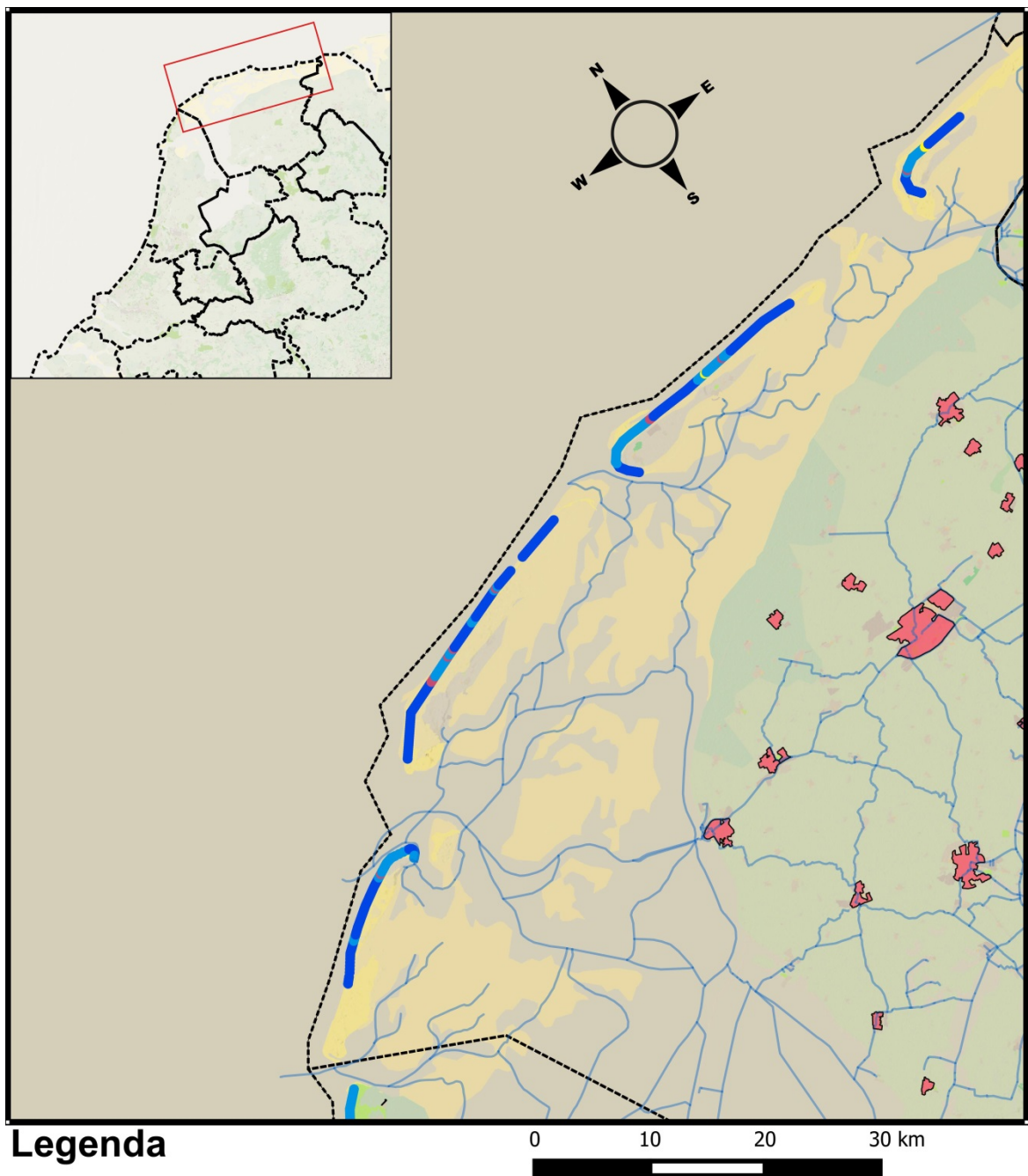
- Niet recreatief
- Rustig recreatief
- Matig intensief
- Sterk intensief
- Evenement

Groningen Recreatie



Bron Recreatie Gegevens: Broer, J. 2011. Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatiebasiskustlijn. DECISIO

Geen recreatie data beschikbaar voor Groningen.



**Legenda**

■ Bedrijventerreinen

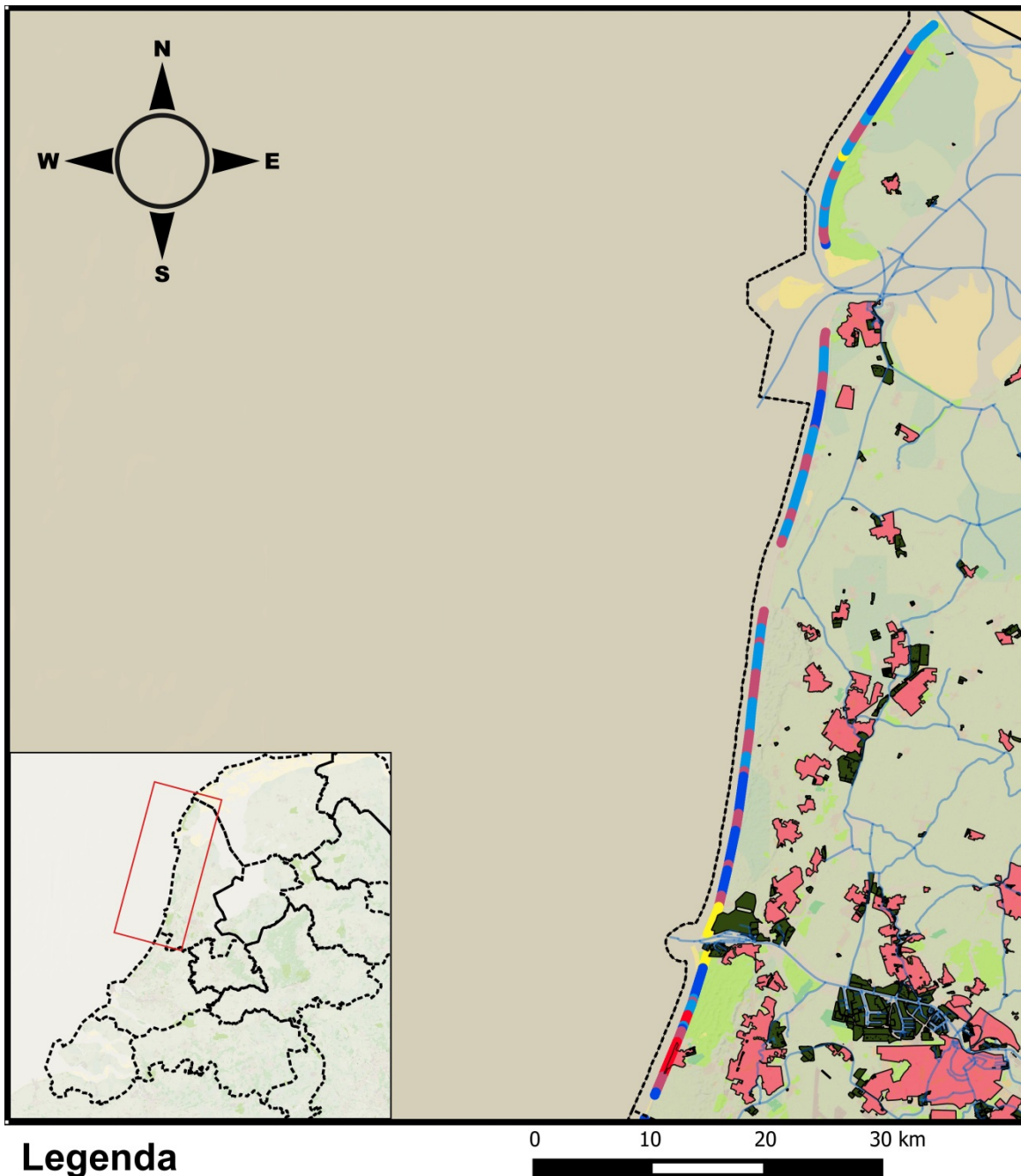
**Recreatie Druk**

- Niet recreatief
- Rustig recreatief
- Matig intensief
- Sterk intensief
- Evenement



Bron Recreatie Gegevens: Broer, J. 2011. Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatiebasiskustlijn. DECISIO

Fryslan Recreatie



## Legenda

■ Bedrijventerreinen

### Recreatie Druk

- Niet recreatief
- Rustig recreatief
- Matig intensief
- Sterk intensief
- Evenement



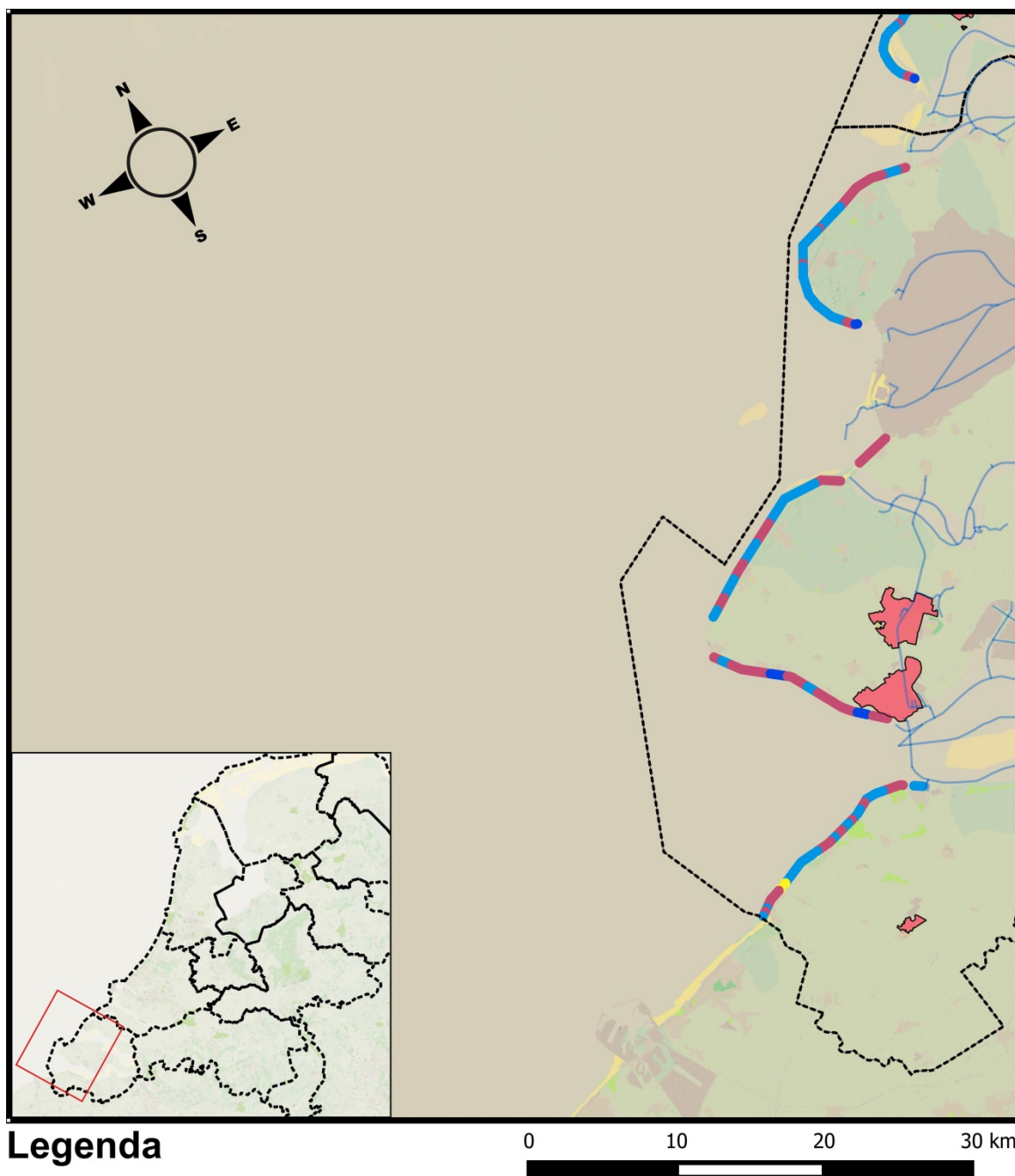
Bron Recreatie Gegevens: Broer, J. 2011. Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatiebasiskustlijn. DECISIO

Noord-Holland Recreatie



Bron Recreatie Gegevens: Broer, J. 2011. Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatiebasiskustlijn. DECISIO

Zuid-Holland Recreatie



## Legenda

### Recreatie Druk

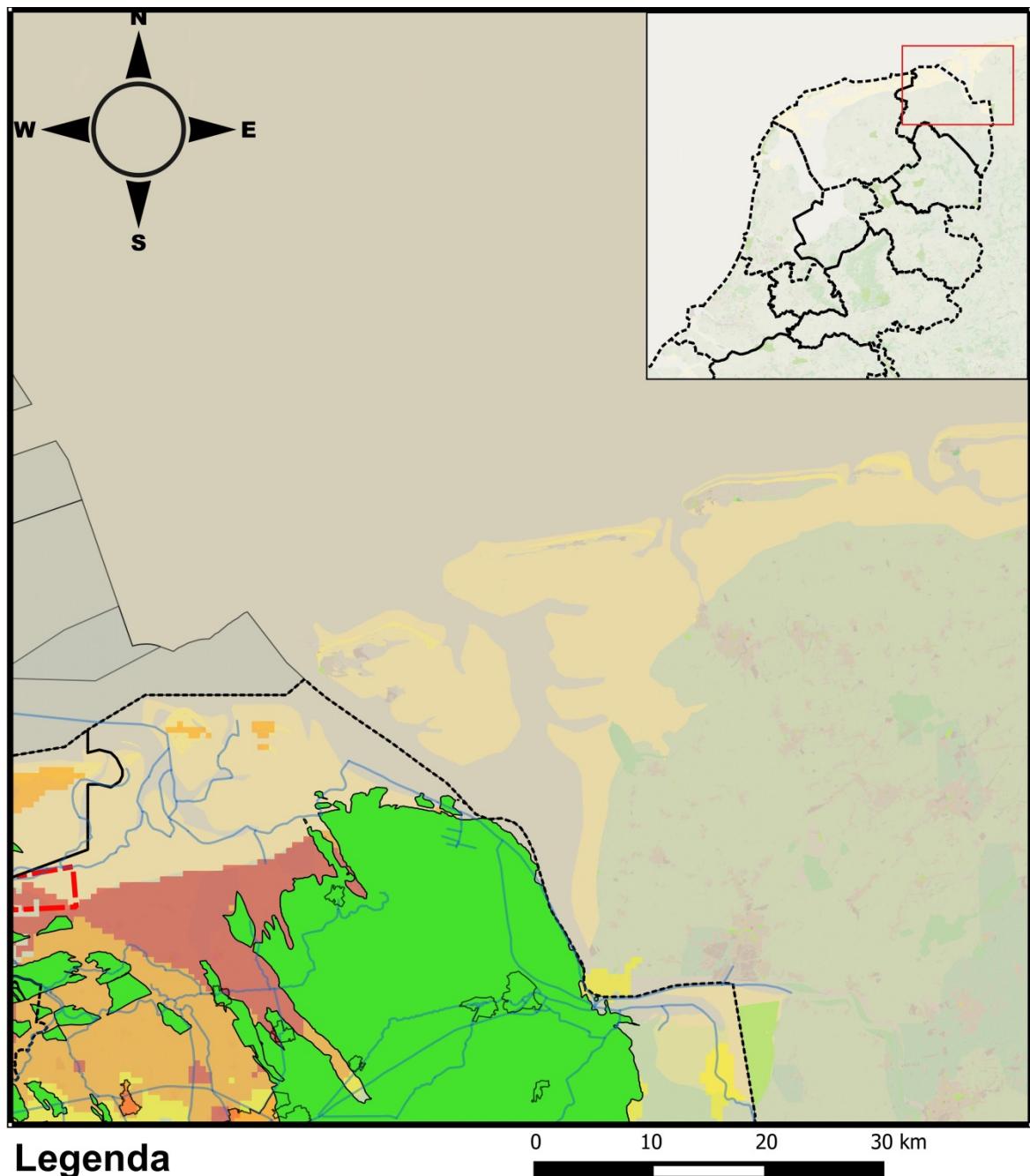
- Niet recreatief
- Rustig recreatief
- Matig intensief
- Sterk intensief
- Evenement

Zeeland Recreatie



Bron Recreatie Gegevens: Broer, J. 2011. Ruimte voor recreatie op het strand; onderzoek naar een recreatiebasiskustlijn. DECISIO

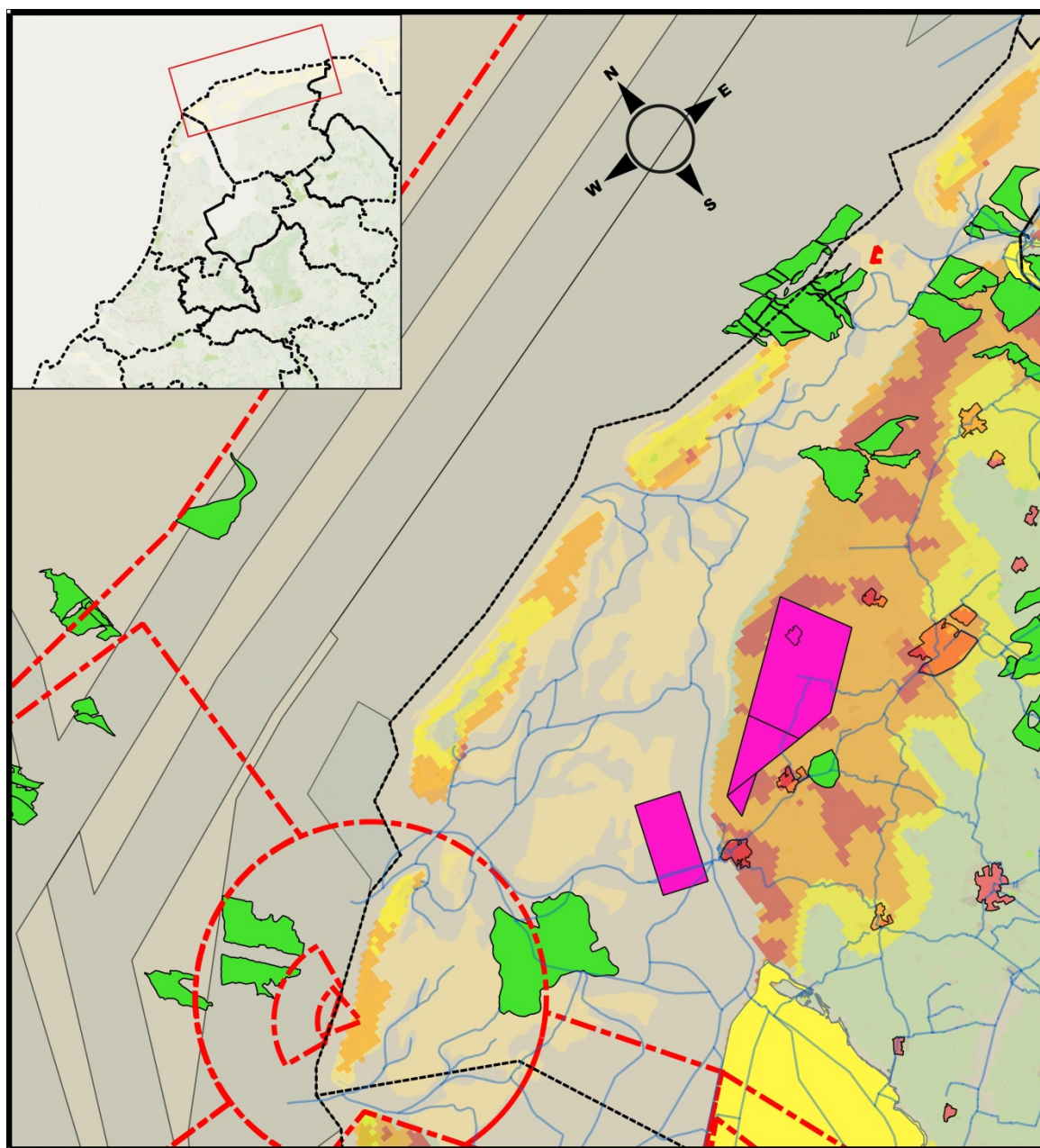




**Legenda**

- |                    |                     |   |
|--------------------|---------------------|---|
| Steenzout winning  | Militaire Zones     | <b>Risico Verzilting</b>                        |
| Gas en Olie Velden | <b>Waterlichaam</b> | Gemiddeld                                       |
| Grondwater         | zoet                | Veel  |
| Scheepvaartroutes  | zoutindringing      | Zeer veel                                       |
|                    | zout                | Verziltting Data:<br>Deltares, 2014, OudeEssink |

Groningen Overig



## Legenda

0 10 20 30 km

- Steenzout winning
- Gas en Olie Velden
- Grondwater
- Scheepvaartroutes

Militaire Zones

**Waterlichaam**

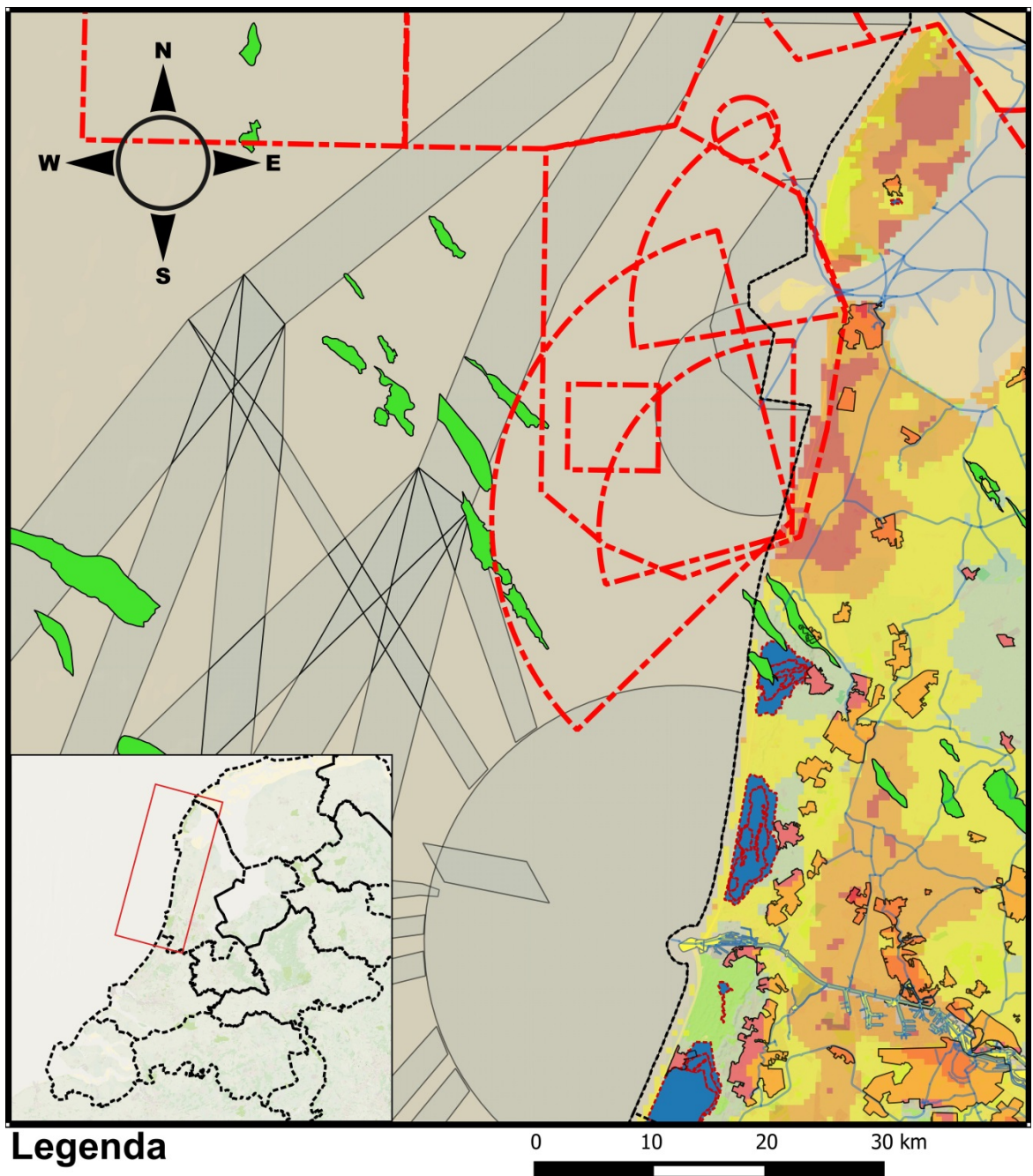
- zoet
- zoutindringing
- zout

**Risico Verzilting**

- Gemiddeld
- Veel
- Zeer veel

Verzilting Data:  
Deltares, 2014, OudeEssink

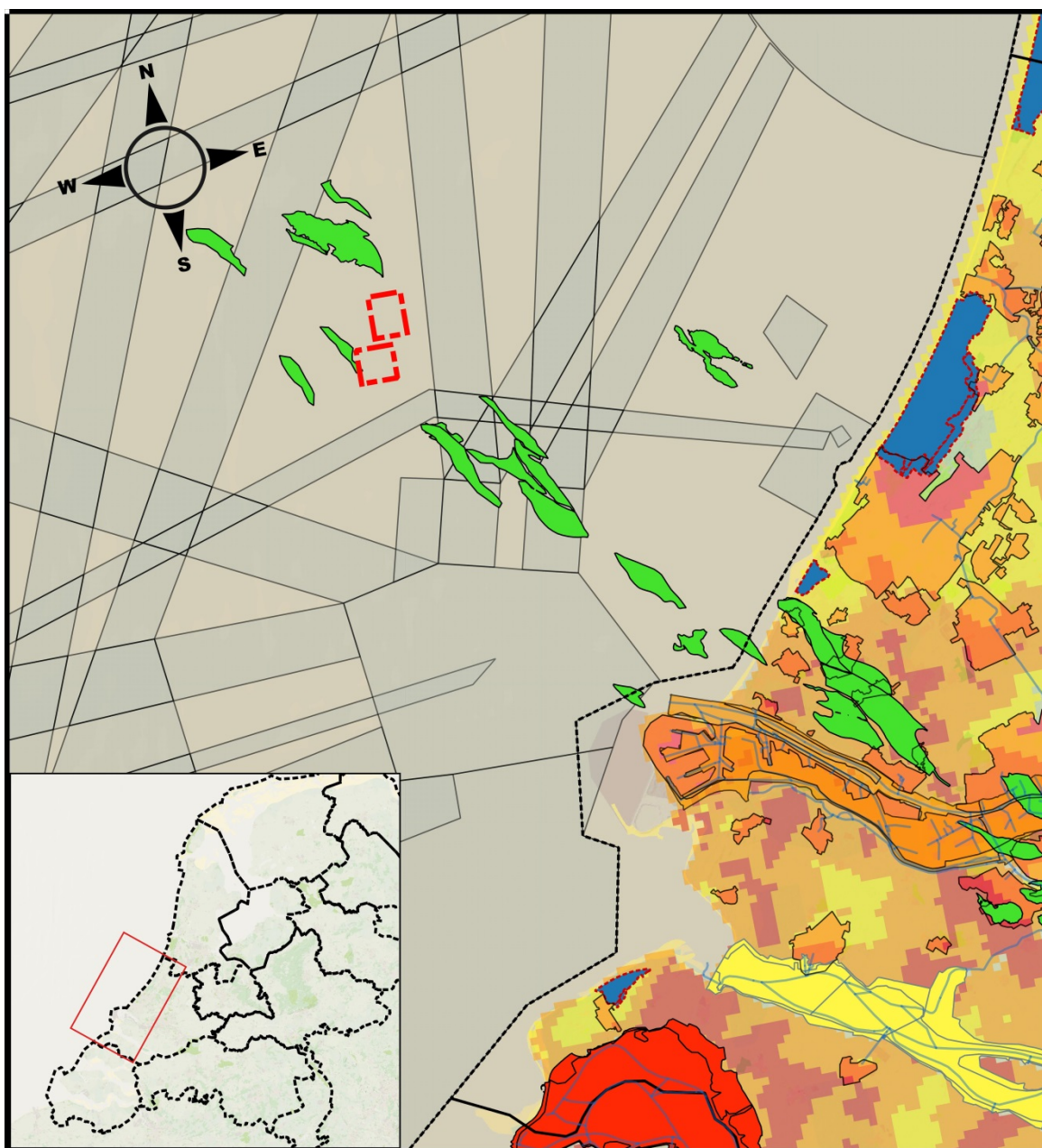
Fryslan Overig



**Legenda**

- |                    |                     |  |
|--------------------|---------------------|--|
| Steenzout winning  | Militaire Zones     | <b>Risico Verzilting</b>                                       |
| Gas en Olie Velden | <b>Waterlichaam</b> | Gemiddeld  |
| Grondwater         | zoet                | Veel   |
| Scheepvaartroutes  | zoutindringing      | Zeer veel  |
|                    | zout                | <small>Verzilting Data:<br/>Deltares, 2014, OudeEssink</small> |

Noord-Holland Overig



## Legenda

0 10 20 30 km

- Steenzout winning
- Gas en Olie Velden
- Grondwater
- Scheepvaartroutes

Militaire Zones

**Waterlichaam**

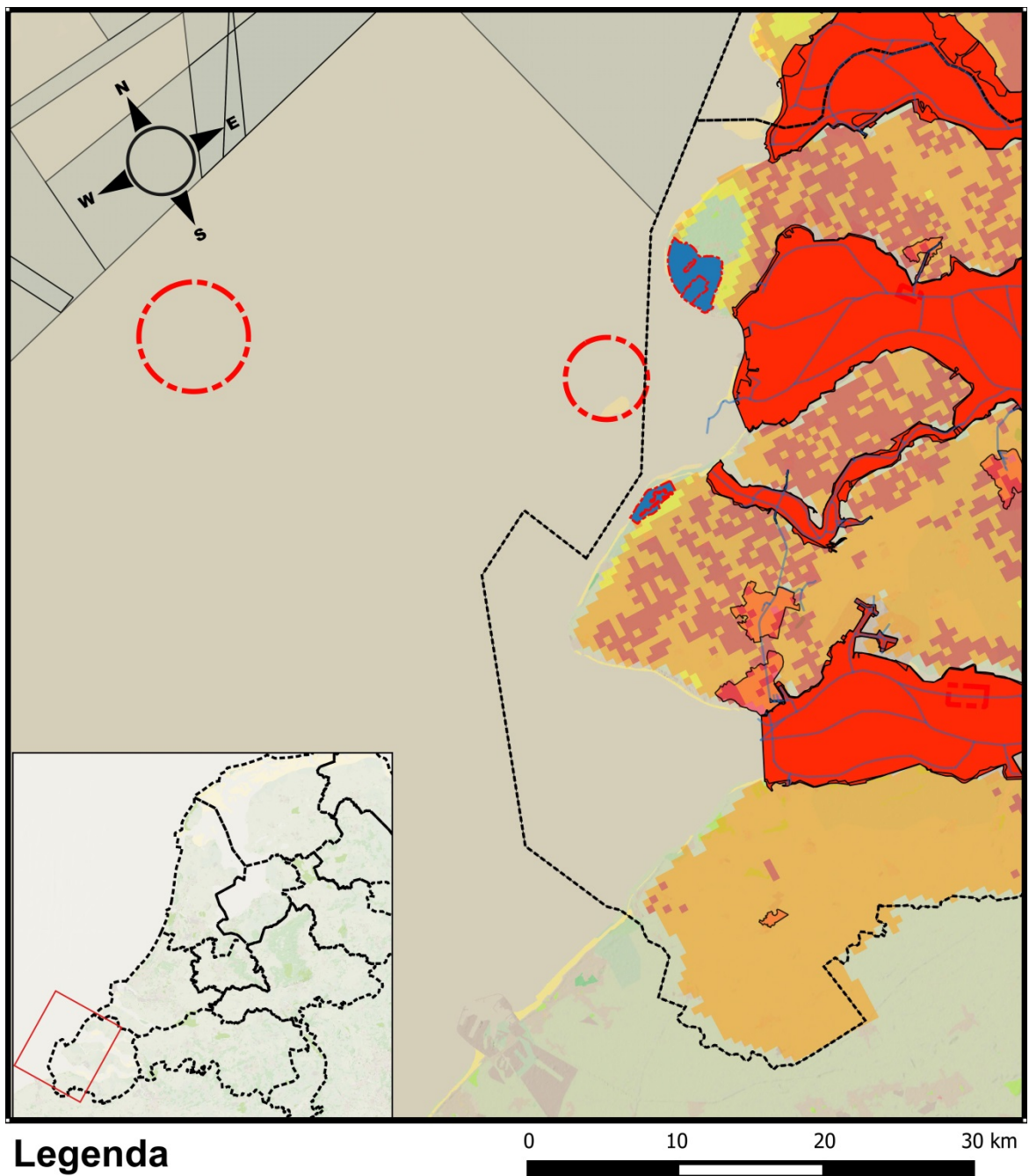
- zoet
- zoutindringing
- zout

**Risico Verzilting**

- Gemiddeld
- Veel
- Zeer veel

Verzilting Data:  
Deltares, 2014, OudeEssink

Zuid-Holland Overig



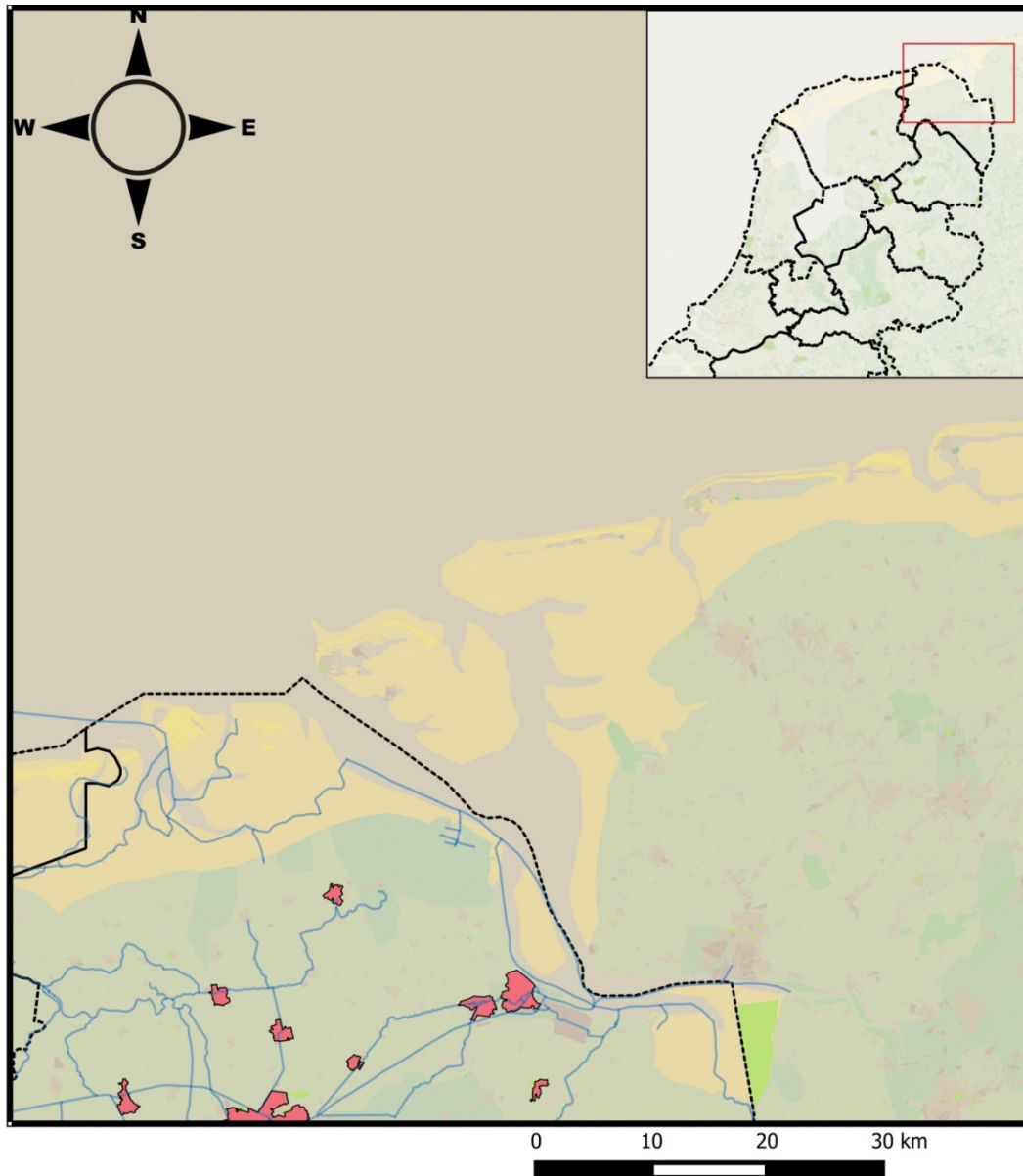
**Legenda**

- |                    |                     |  |
|--------------------|---------------------|--|
| Steenzout winning  | Militaire Zones     | <b>Risico Verzilting</b>                       |
| Gas en Olie Velden | <b>Waterlichaam</b> | Gemiddeld                                      |
| Grondwater         | zoet                | Veel   |
| Scheepvaartroutes  | zoutindringing      | Zeer veel                                      |
|                    | zout                | Verzilting Data:<br>Deltares, 2014, OudeEssink |

Zeeland Overig



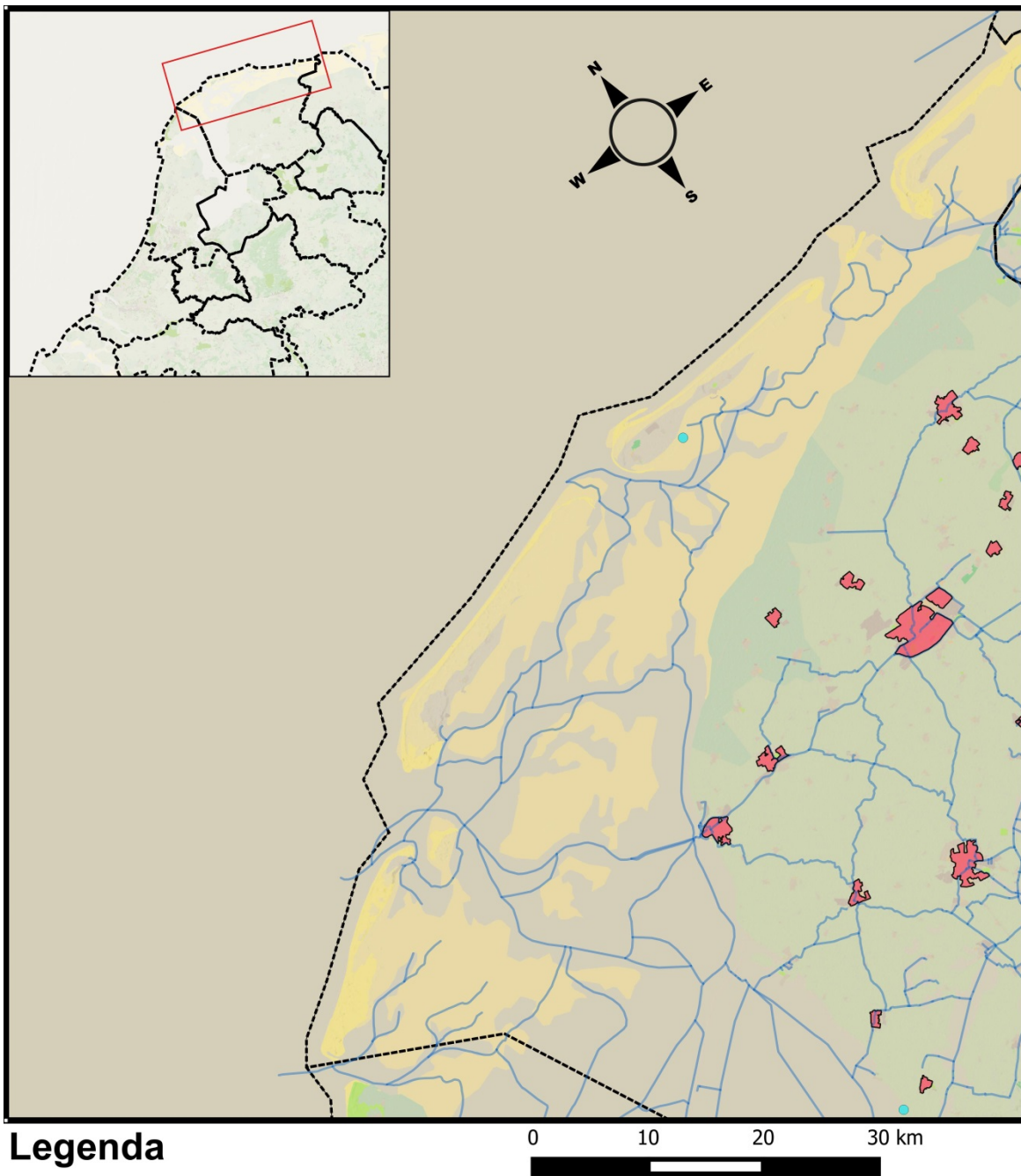
## C Kaarten wensen gebruiksfuncties



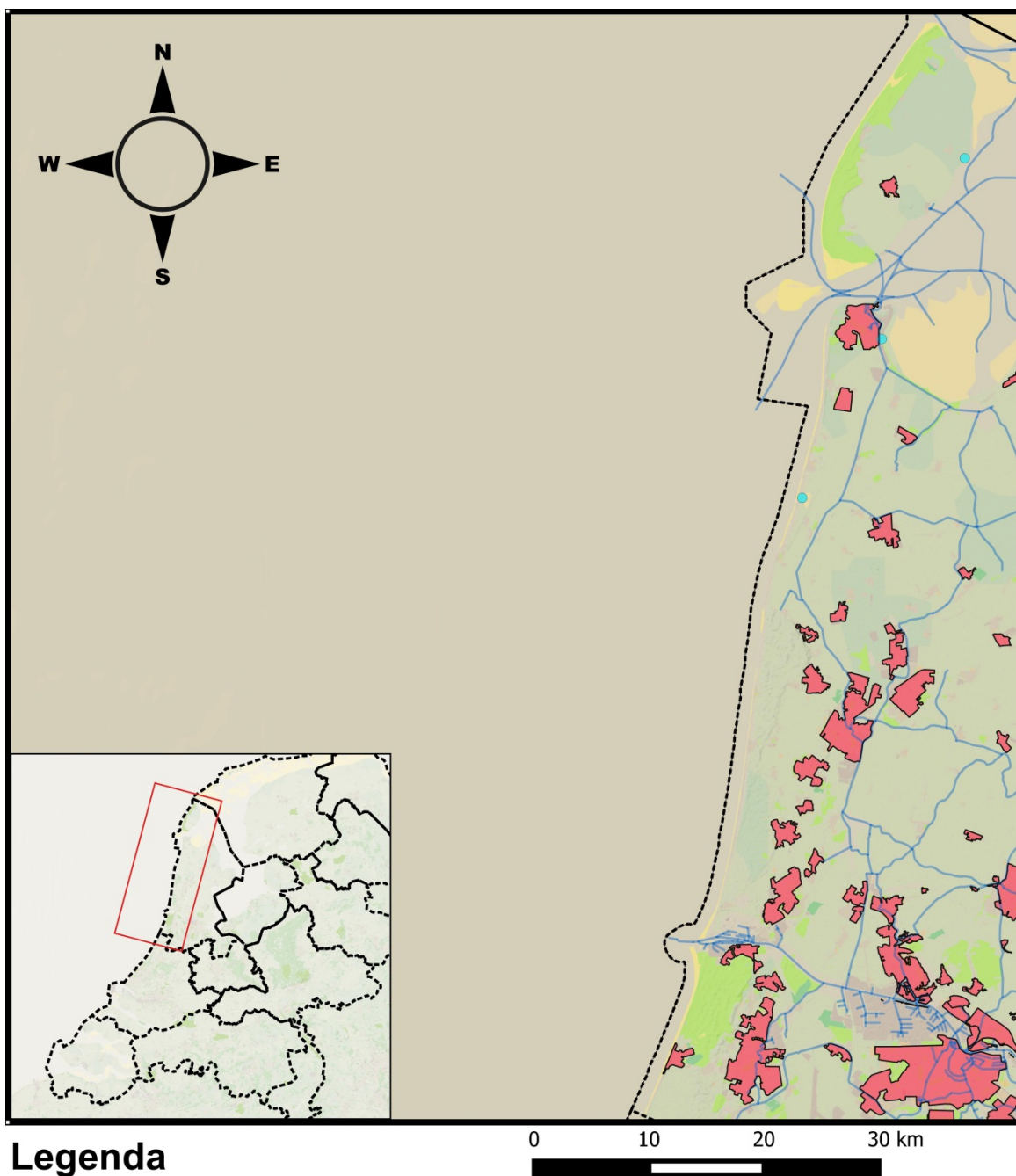
### Legenda

- HWBP-2 Project Locaties

Groningen Wensen Veiligheid



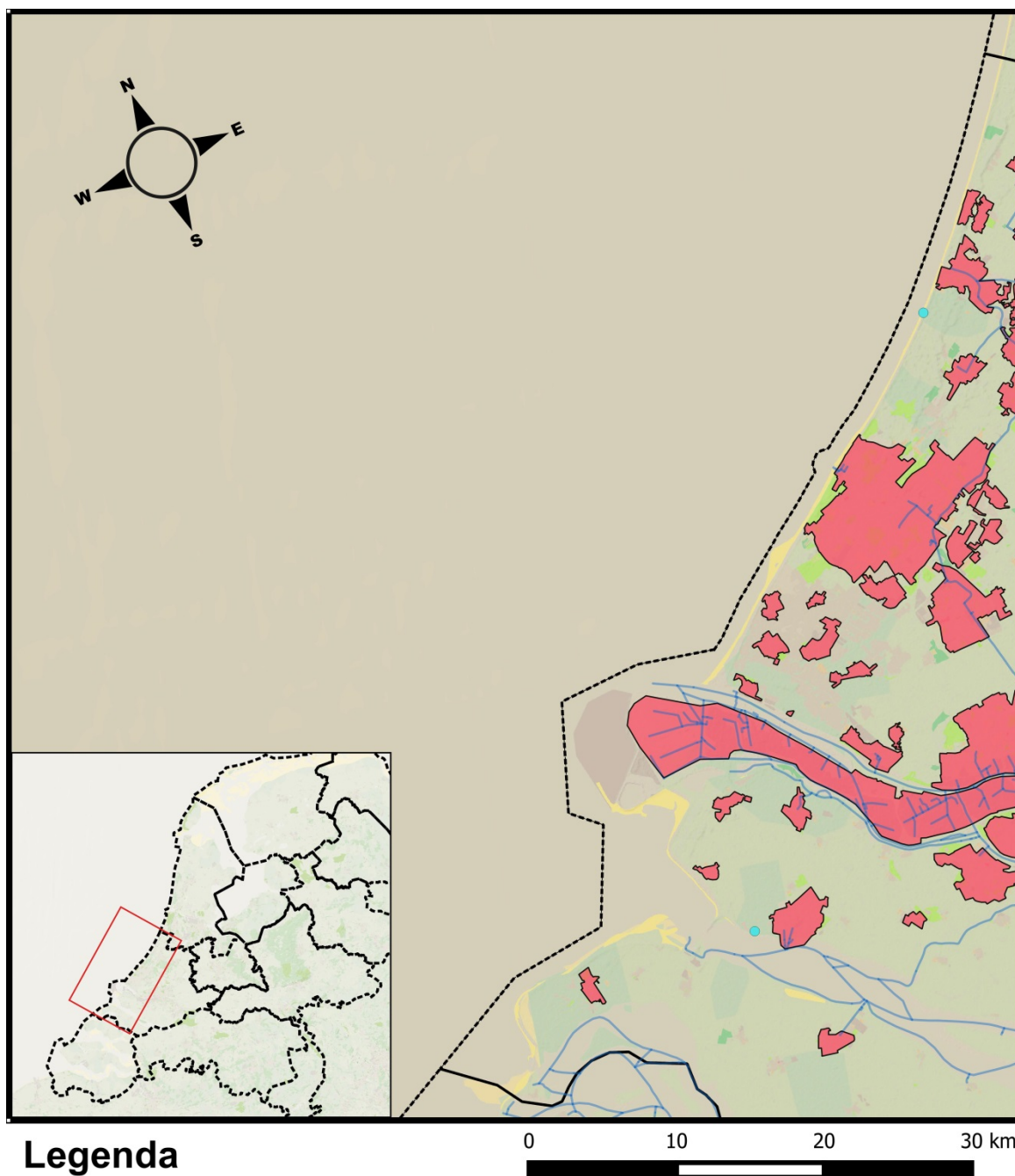




## Legenda

- HWBP-2 Project Locaties

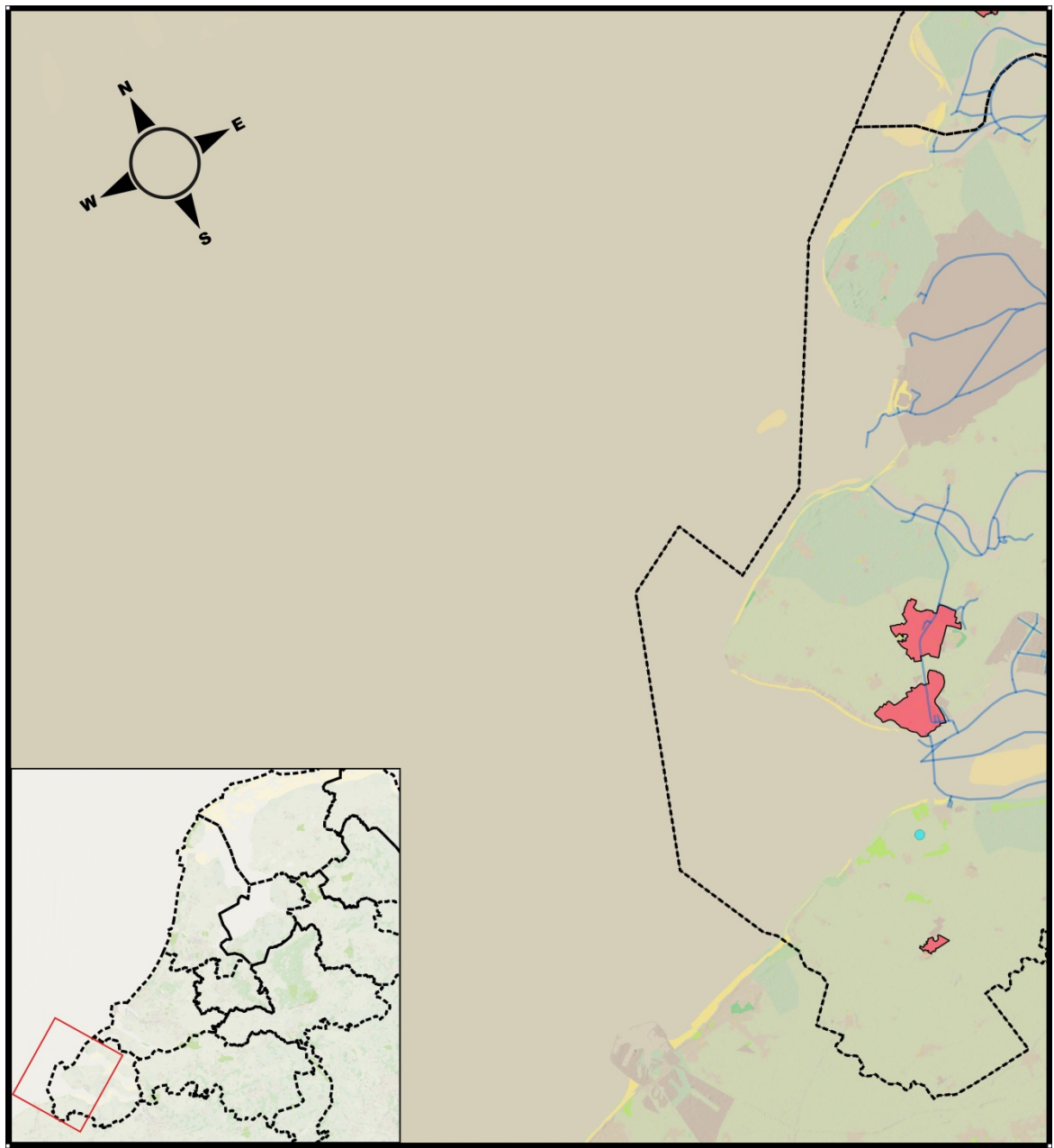
Noord-Holland Wensen Veiligheid



## Legenda

- HWBP-2 Project Locaties

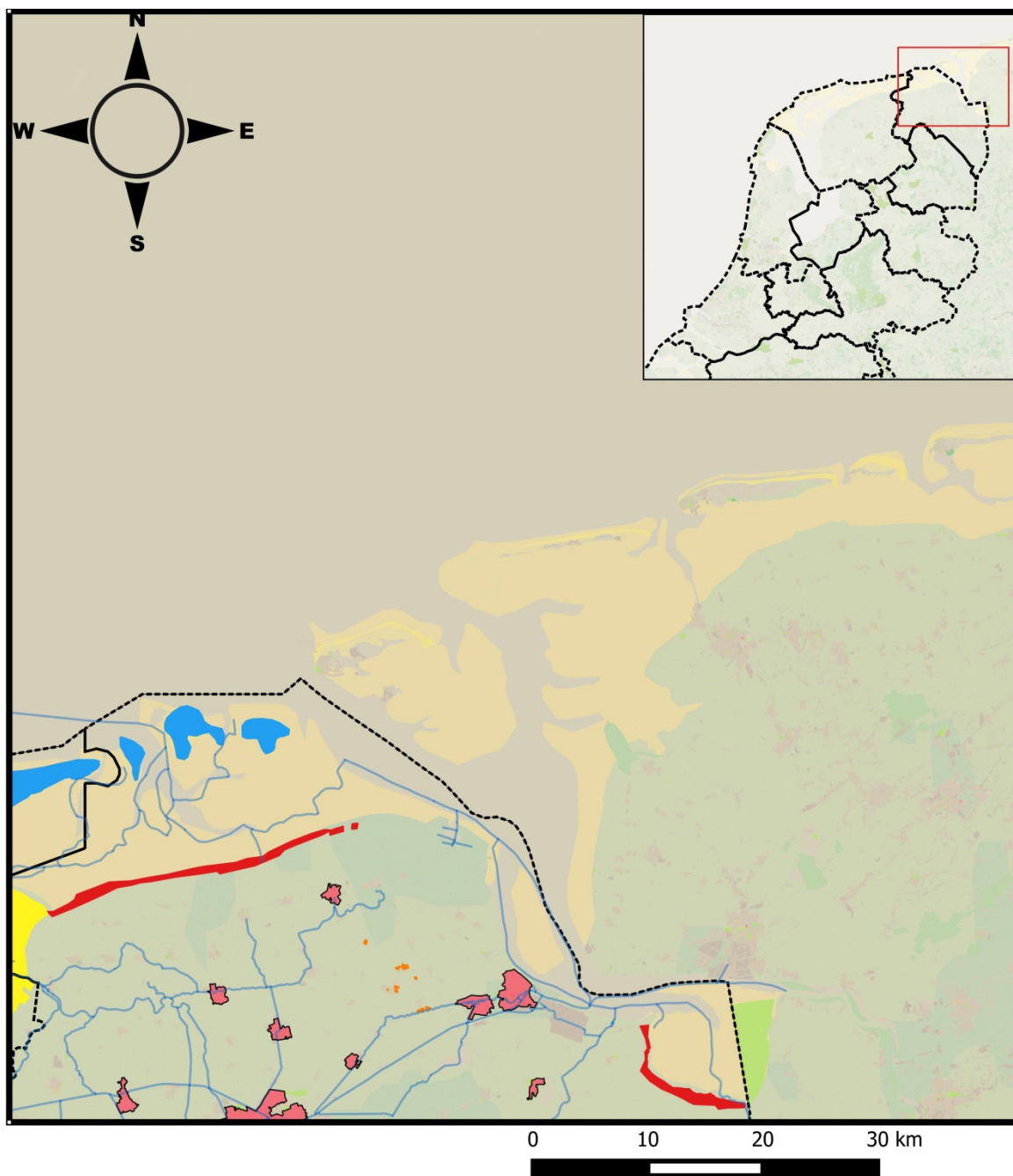
Zuid-Holland Wensen Veiligheid



## Legenda

- HWBP-2 Project Locaties

Zeeland Wensen Veiligheid



## Legenda

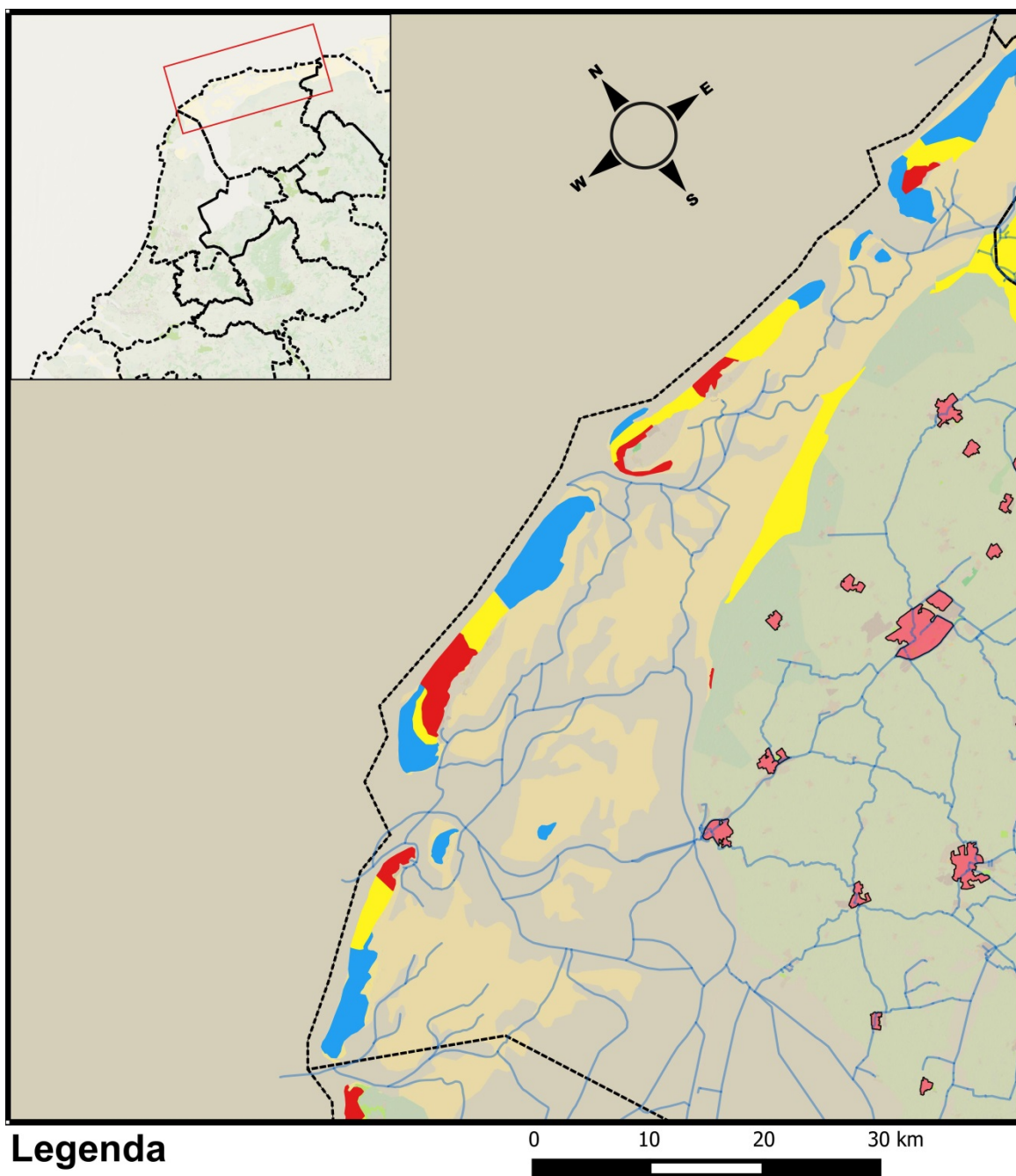
### Nieuwe Kust Kaart

- Agrarisch
- Groen
- Natuur

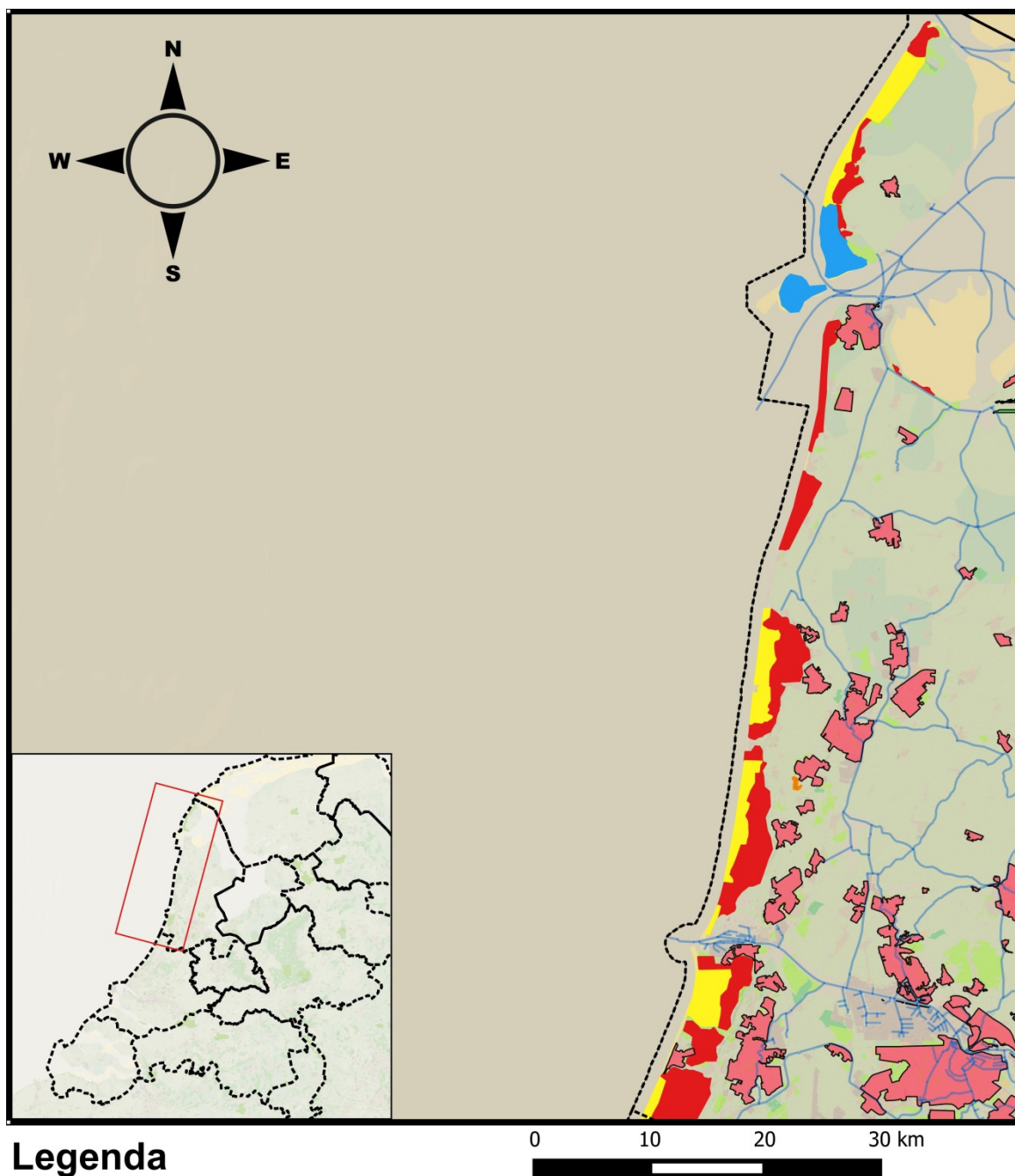
### Dynamische kustbeheer

- Natuurlijke processen op landschapsschaal
- Natuurlijke processen als methode
- Kleinschalige natuurlijke dynamiek

Groningen Wensen Natuur



Fryslan Wensen Natuur



## Legenda

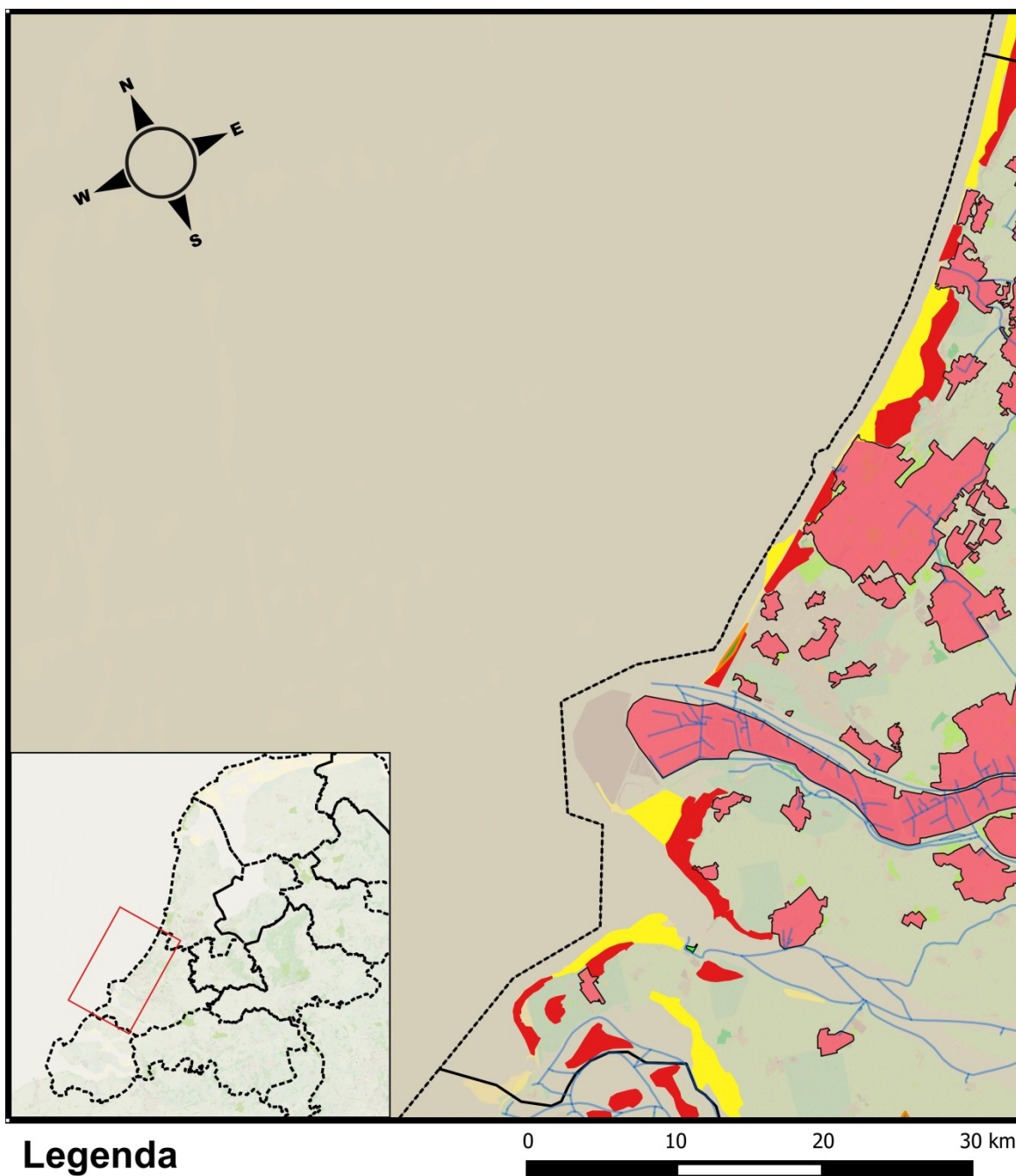
### Nieuwe Kust Kaart

- Agrarisch
- Groen
- Natuur

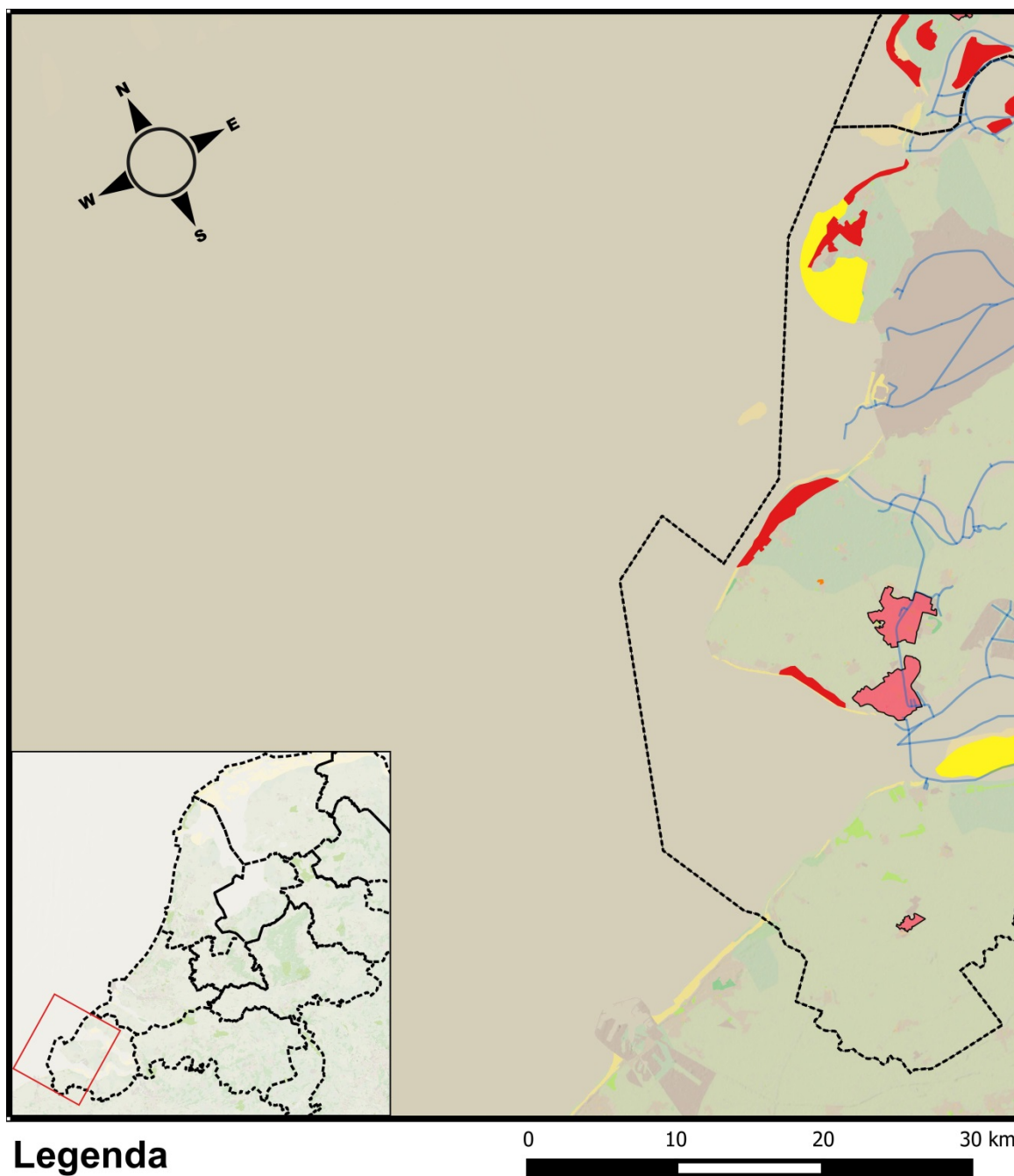
### Dynamische kustbeheer

- Natuurlijke processen op landschapsschaal
- Natuurlijke processen als methode
- Kleinschalige natuurlijke dynamiek

Noord-Holland Wensen Natuur



Zuid-Holland Wensen Natuur



## Legenda

### Nieuwe Kust Kaart

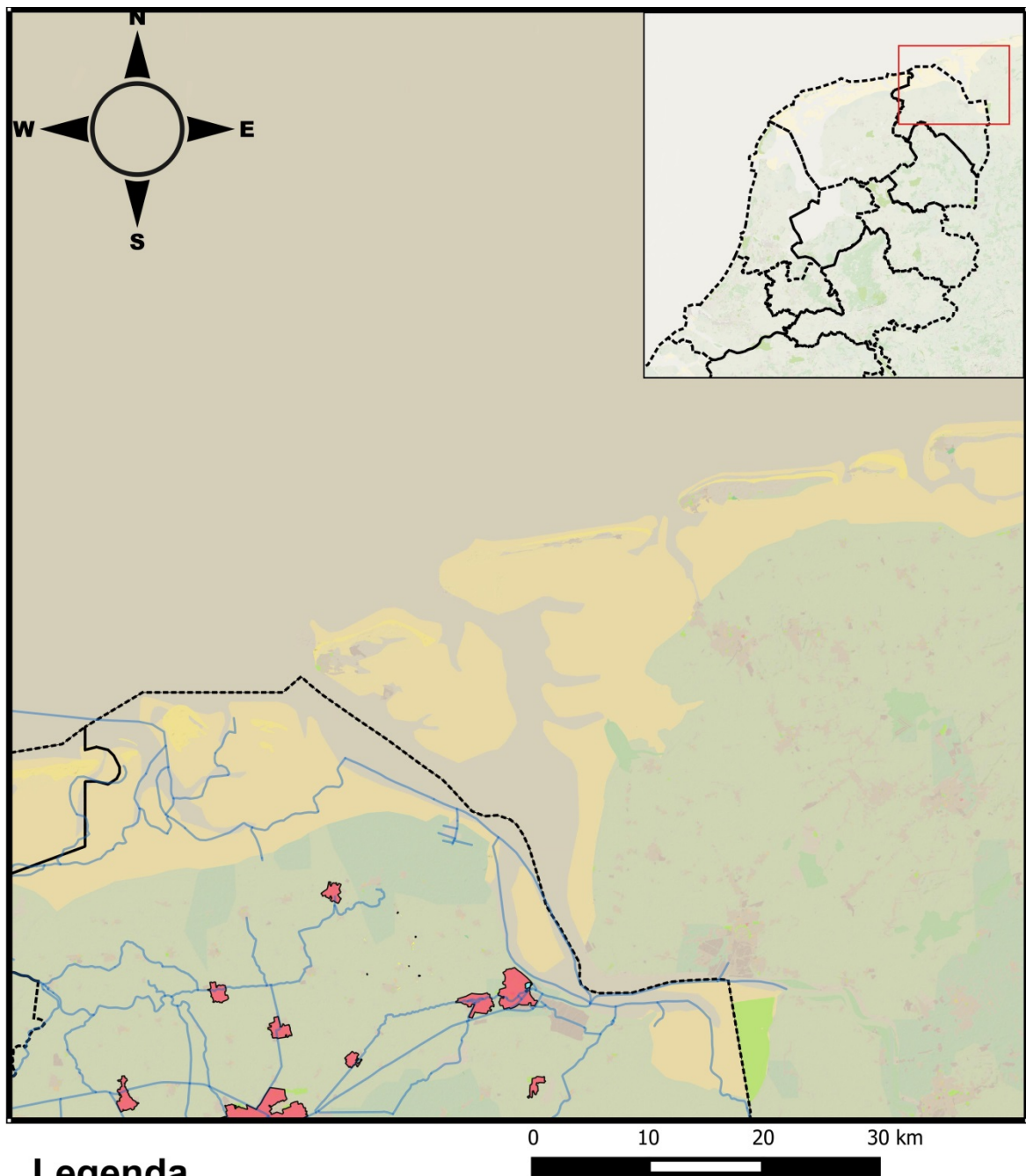
- Agrarisch
- Groen
- Natuur

### Dynamische kustbeheer

- Natuurlijke processen op landschapsschaal
- Natuurlijke processen als methode
- Kleinschalige natuurlijke dynamiek

Zeeland Wensen Natuur

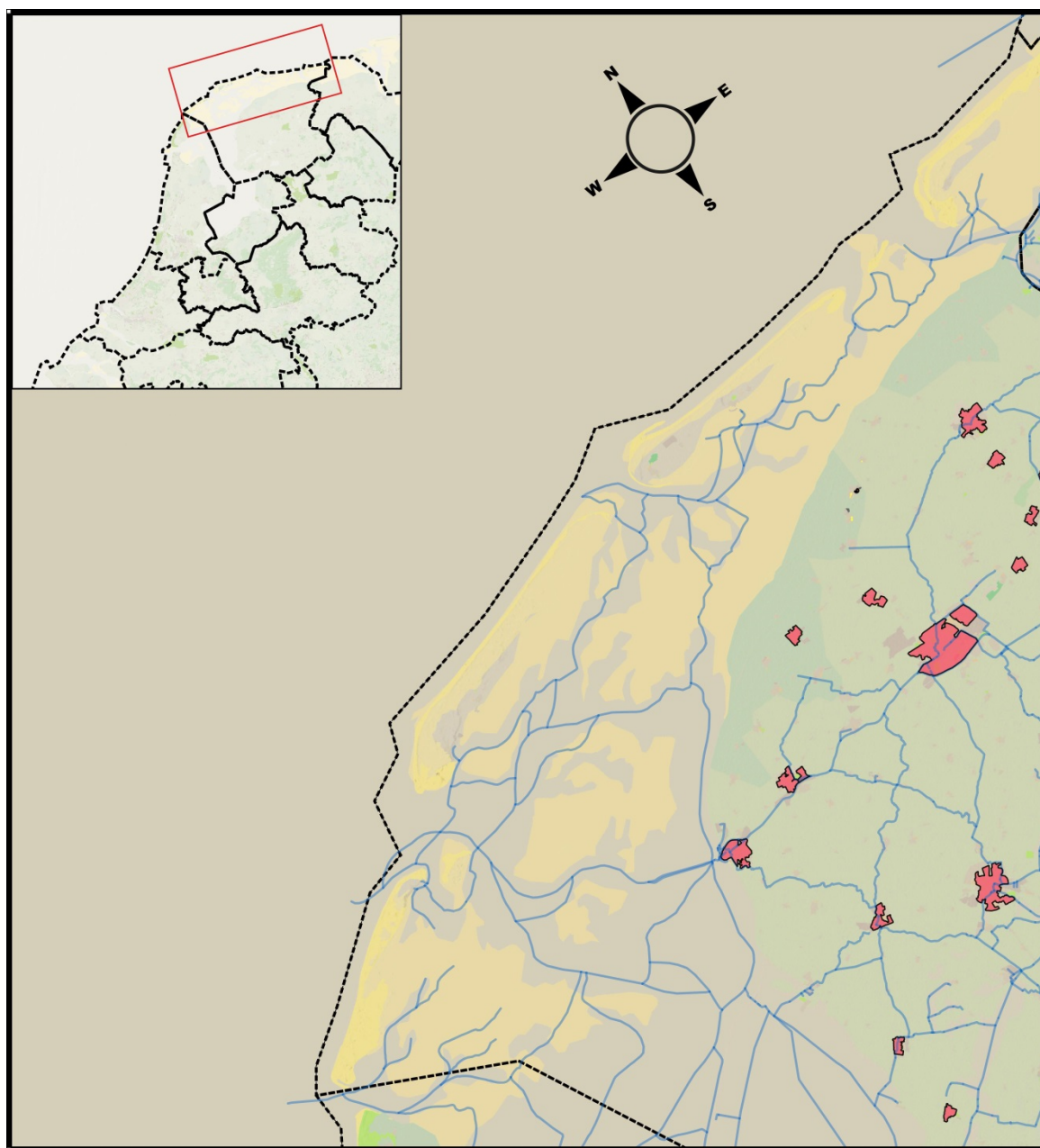




### Legenda

- |   |  |   |
|---|--|---|
|  <b>bedrijventerrein</b>   |  <b>glastuinbouw</b>    |  <b>verblijfsrecreatie</b> |
|  <b>detailhandel</b>       |  <b>kantoor</b>         |  <b>verkeer: spoor</b>     |
|  <b>gemengd: stedelijk</b> |  <b>nutsvoorziening</b> |  <b>verkeer: weg</b>       |
|   |  <b>recreatie</b>       |  <b>wonen</b>              |
|   |  <b>sport</b>           |   |

Groningen Wensen Recreatie en Inrichting

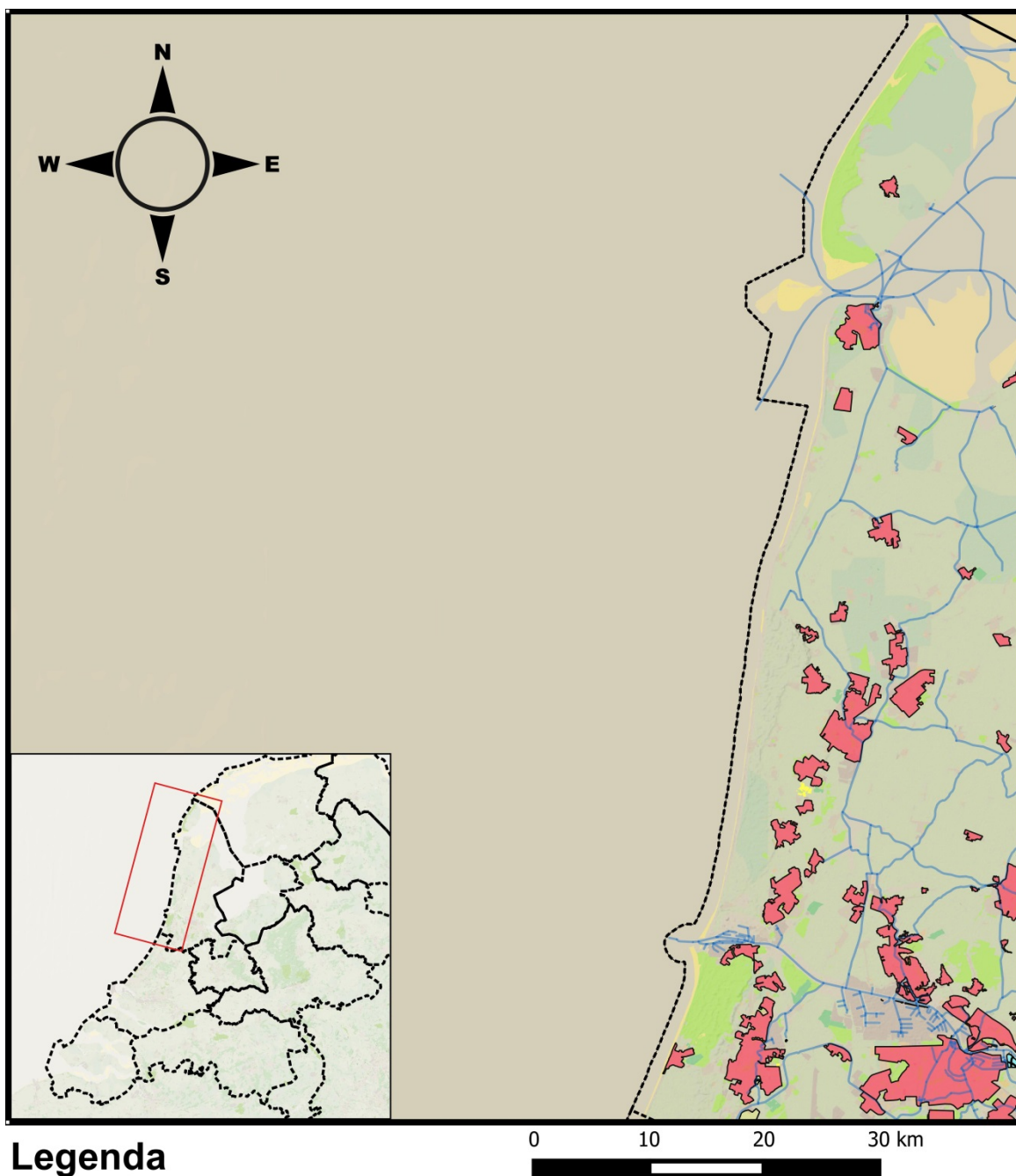


## Legenda

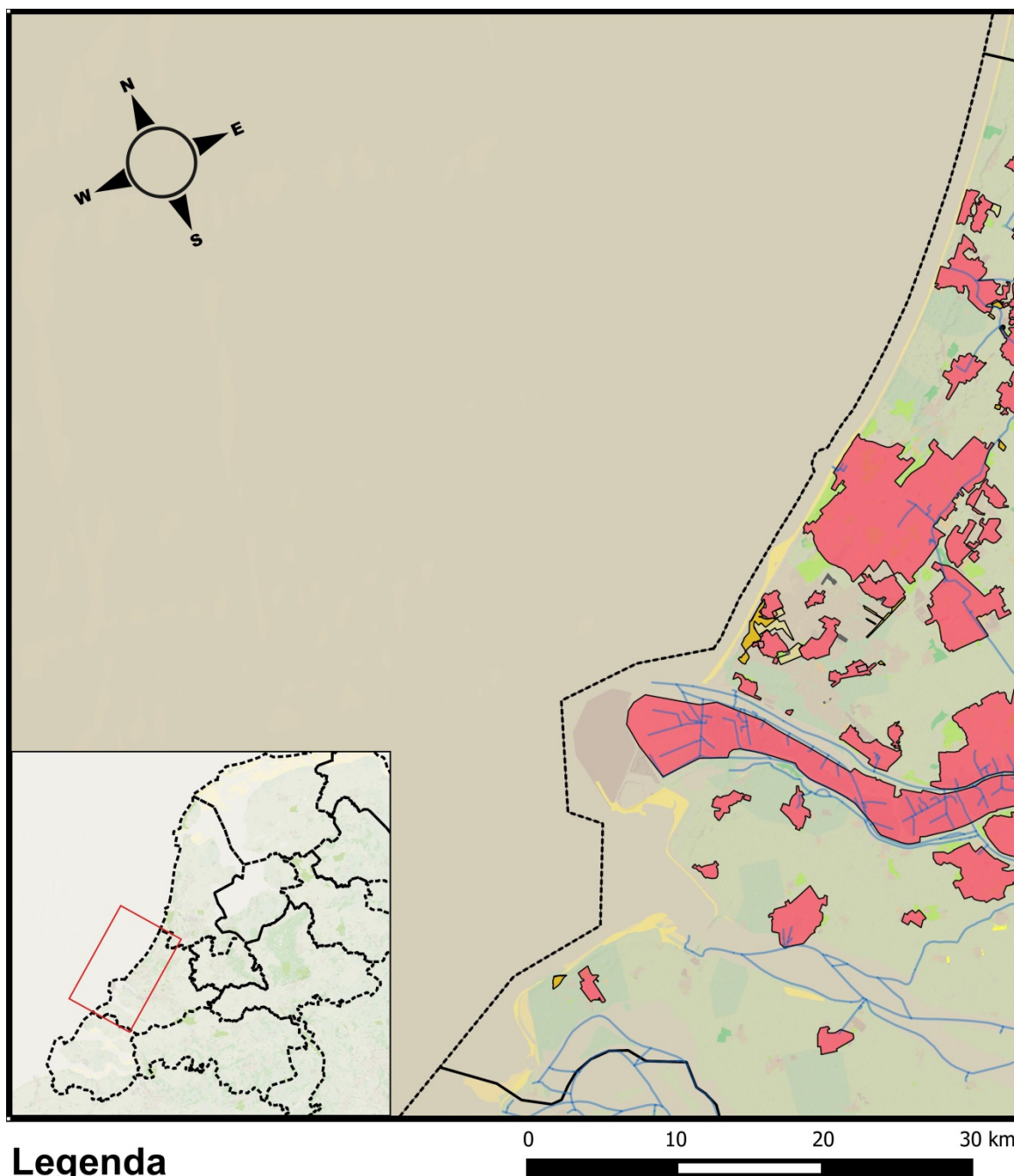
0 10 20 30 km

- |                    |                 |                    |
|--------------------|-----------------|--------------------|
| bedrijventerrein   | glastuinbouw    | verblijfsrecreatie |
| detailhandel       | kantoor         | verkeer: spoor     |
| gemengd: stedelijk | nutsvoorziening | verkeer: weg       |
|                    | recreatie       | wonen              |
|                    | sport           |                    |

Fryslan Wensen Recreatie en Inrichting



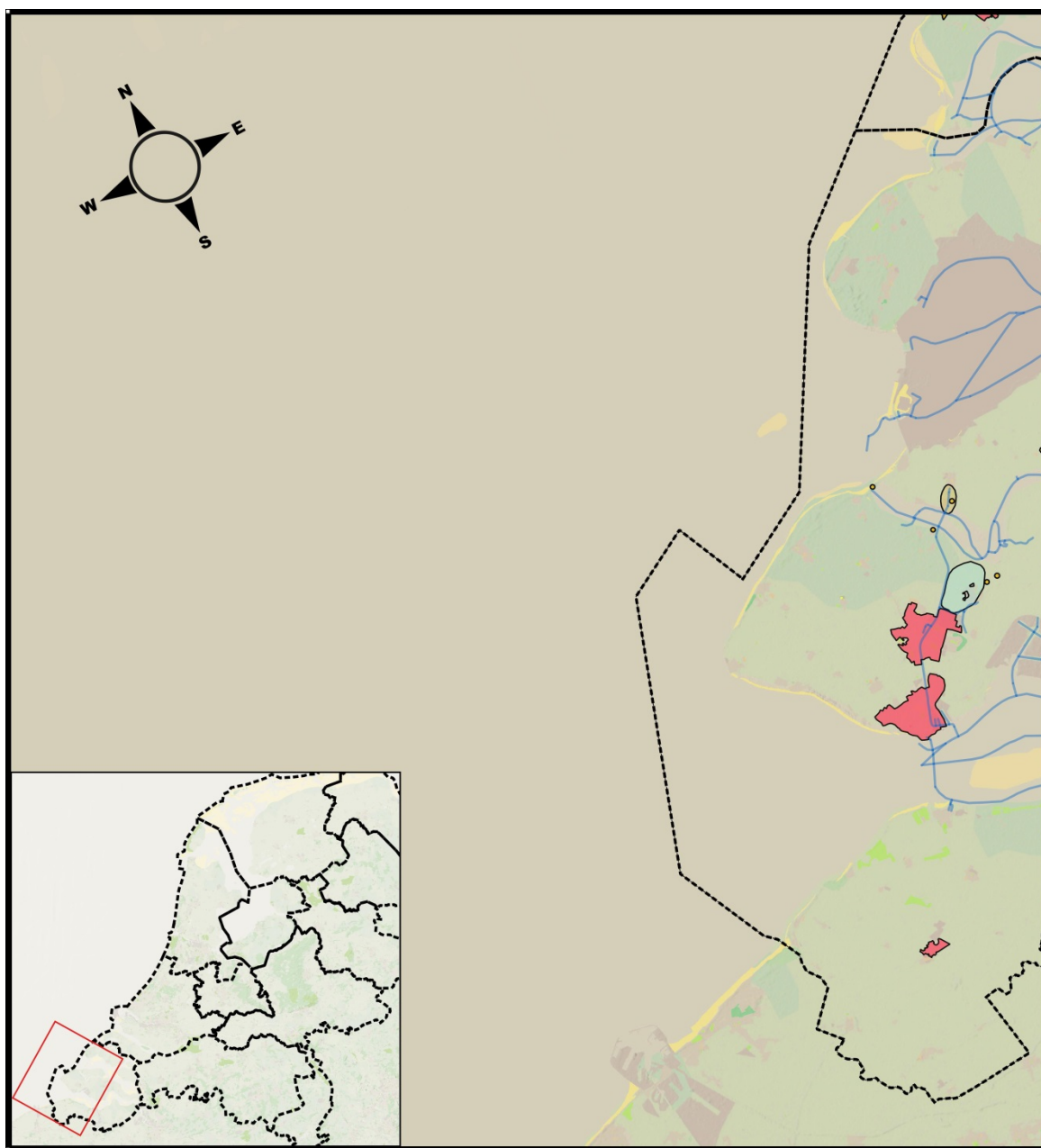
Noord-Holland Wensen Recreatie en Inrichting



## Legenda

- |                    |                 |                    |
|--------------------|-----------------|--------------------|
| bedrijventerrein   | glastuinbouw    | verblijfsrecreatie |
| detailhandel       | kantoor         | verkeer: spoor     |
| gemengd: stedelijk | nutsvoorziening | verkeer: weg       |
|                    | recreatie       | wonen              |
|                    | sport           |                    |

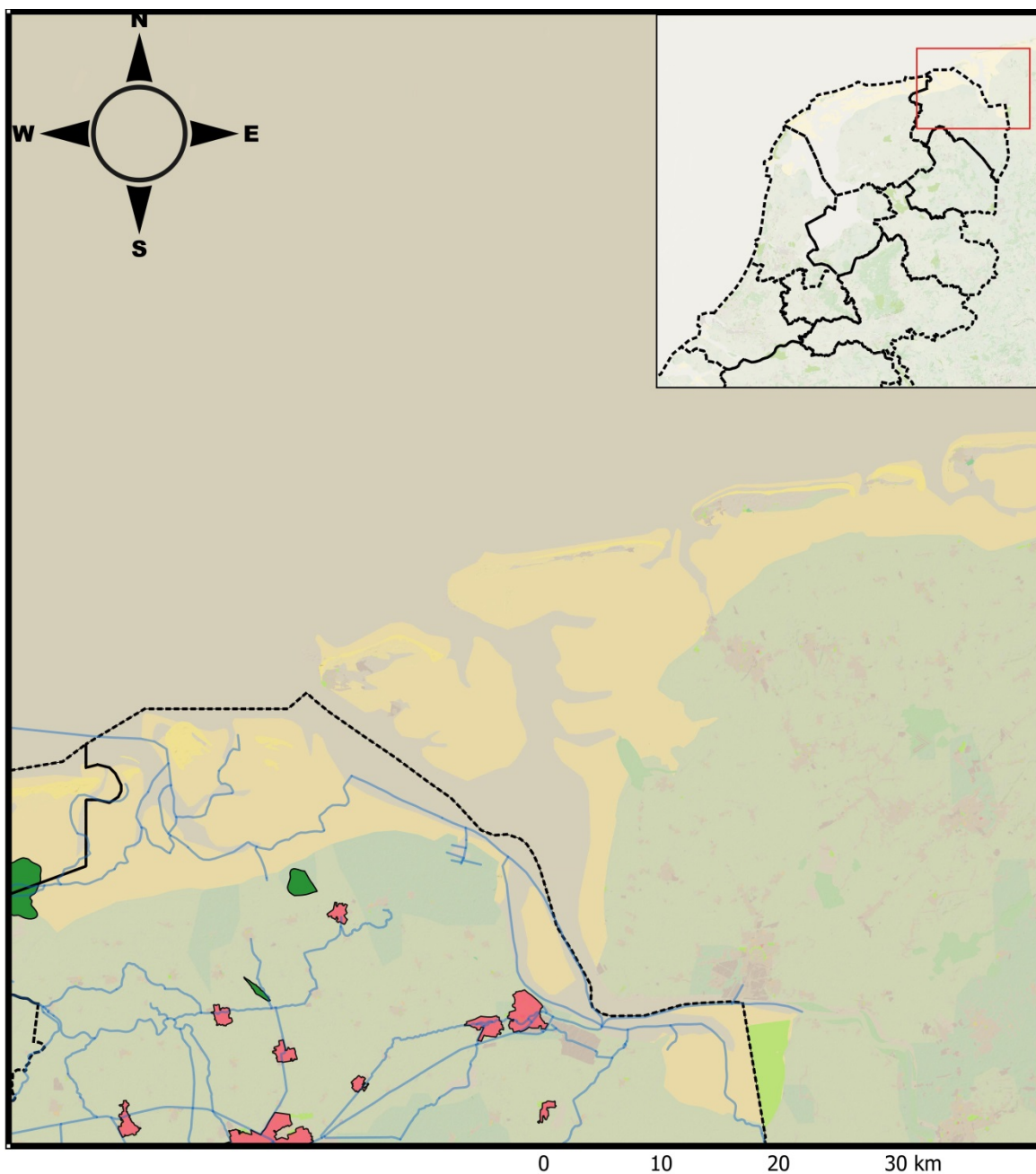
Zuid-Holland Wensen Recreatie en Inrichting



### Legenda

 <b>bedrijventerrein</b>	 <b>glastuinbouw</b>	 <b>verblijfsrecreatie</b>
 <b>detailhandel</b>	 <b>kantoor</b>	 <b>verkeer: spoor</b>
 <b>gemengd: stedelijk</b>	 <b>nutsvoorziening</b>	 <b>verkeer: weg</b>
	 <b>recreatie</b>	 <b>wonen</b>
	 <b>sport</b>	

Zeeland Wensen Recreatie en Inrichting

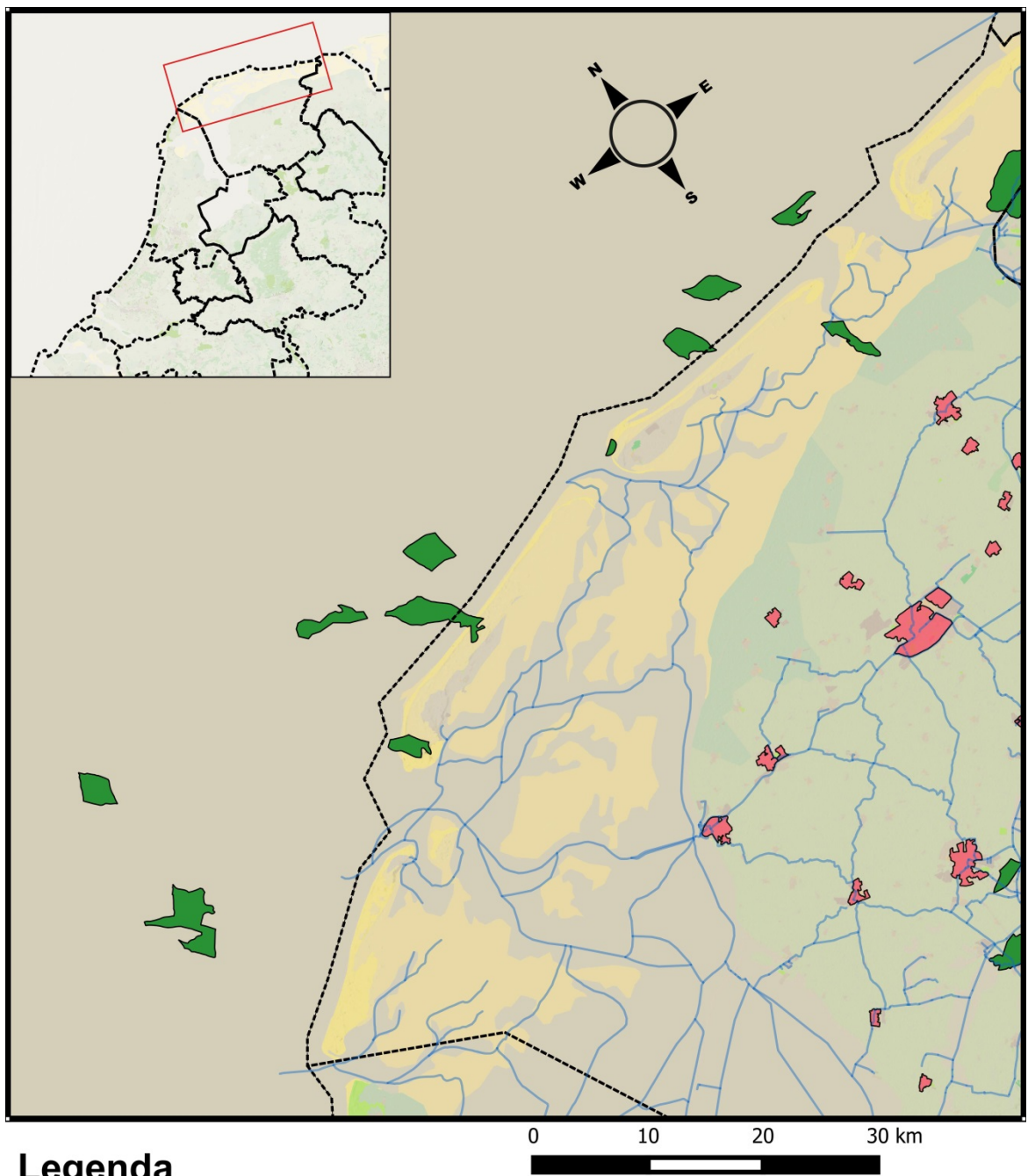


## Legenda

 water  
 waterberging

 Onontwikkelde gasvelden

Groningen Wensen Overig

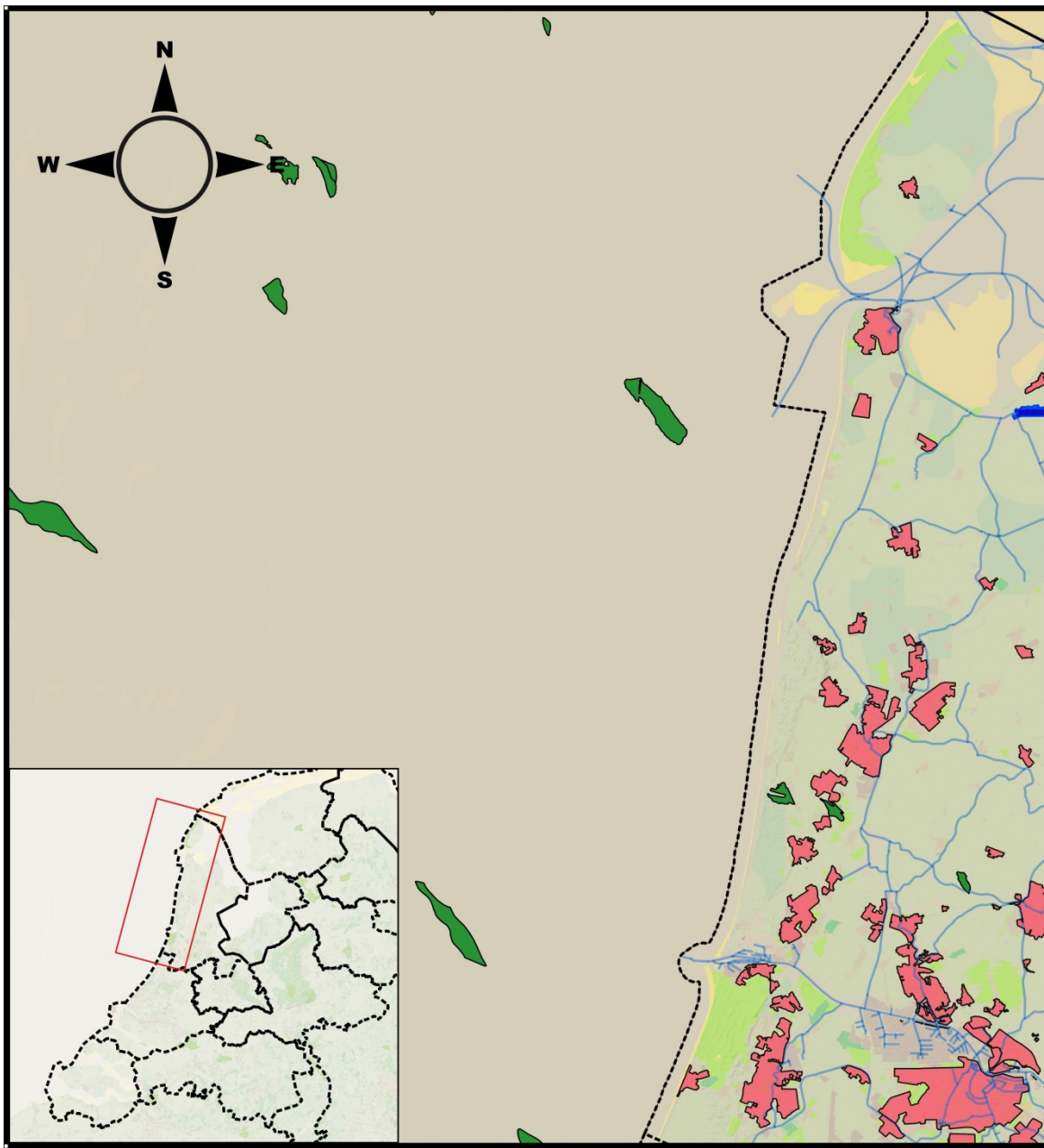


### Legenda

- water
- waterberging

- Onontwikkelde gasvelden

Fryslan Wensen Overig



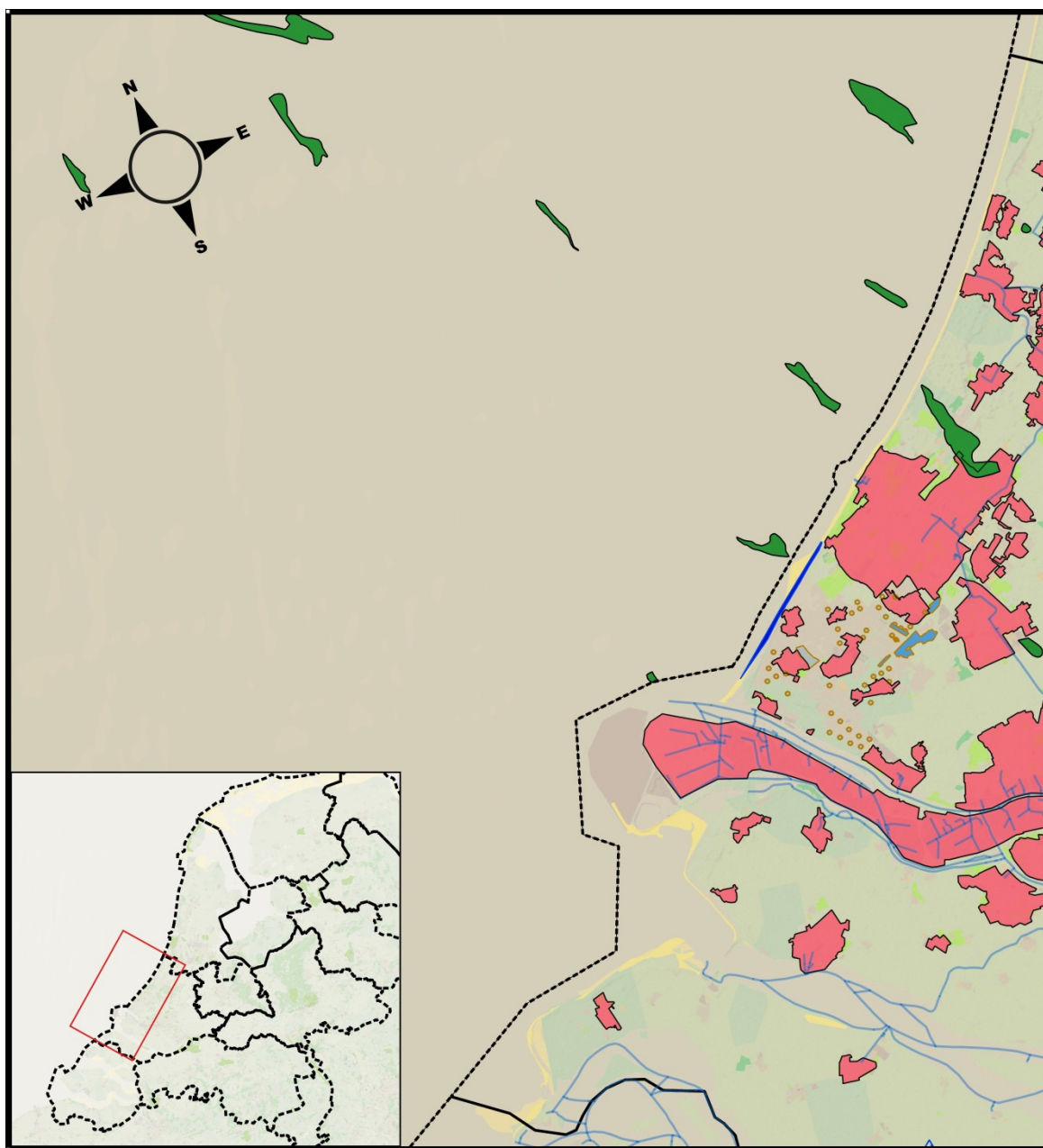
## Legenda

 water  
 waterberging

 Onontwikkelde gasvelden

Noord-Holland Wensen Overig



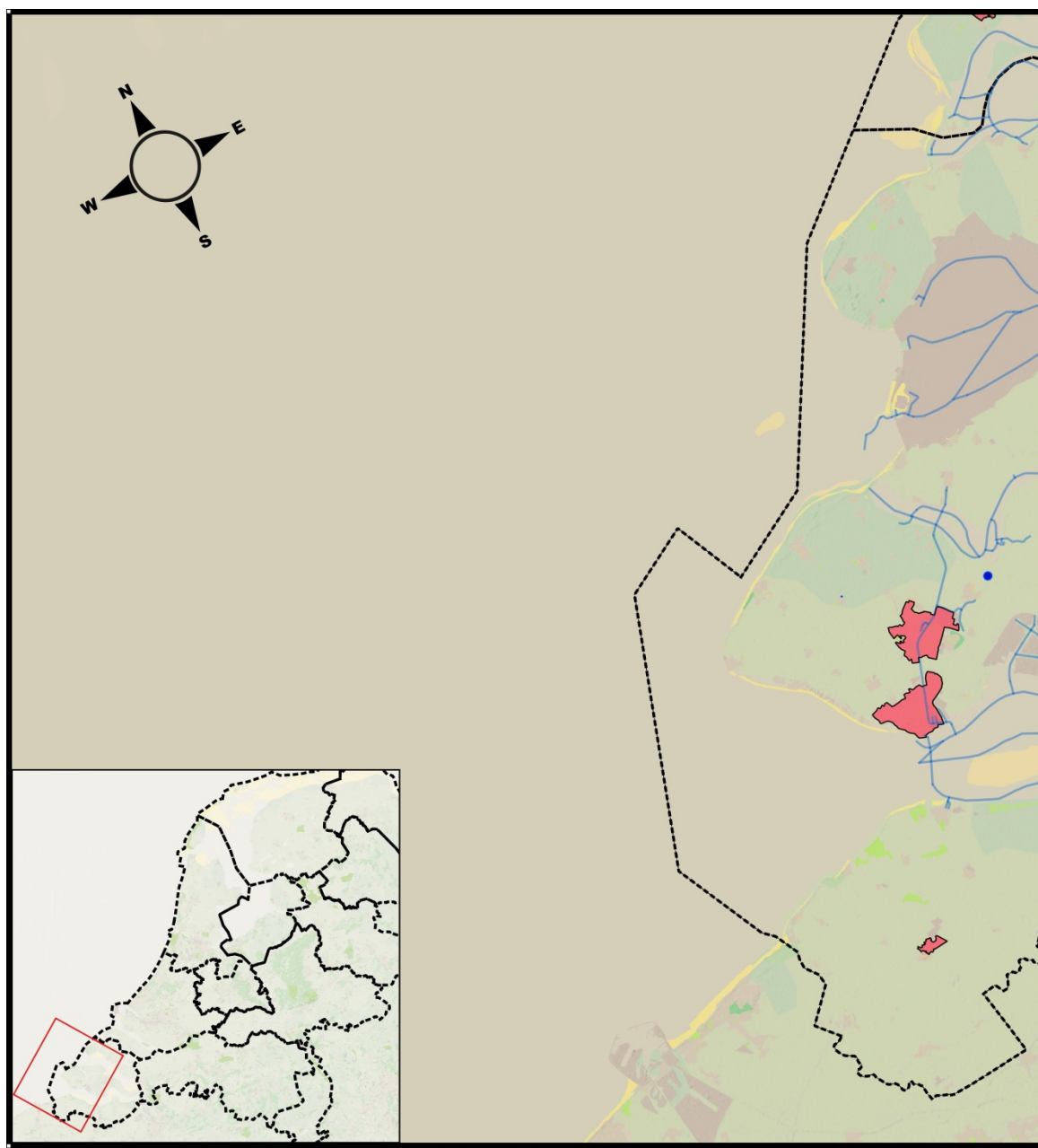


### Legenda

 water  
 waterberging

 Onontwikkelde gasvelden

Zuid-Holland Wensen Overig



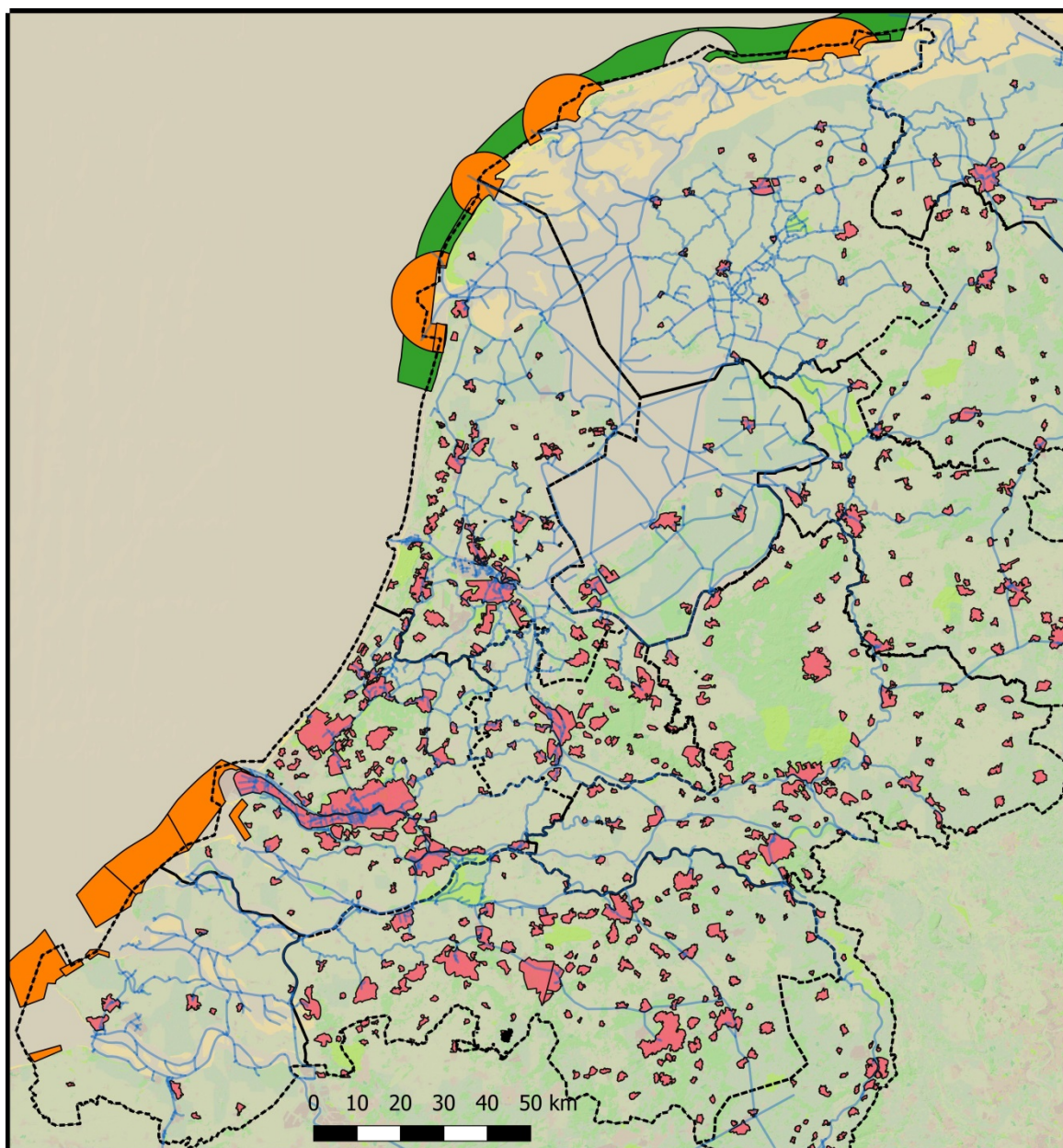
## Legenda

 water  
 waterberging

 Onontwikkelde gasvelden

Zeeland Wensen Overig

## D Kansenskaarten



Kansen voor Zandmotor-achtige oplossing ten behoeve van kustbeheer.

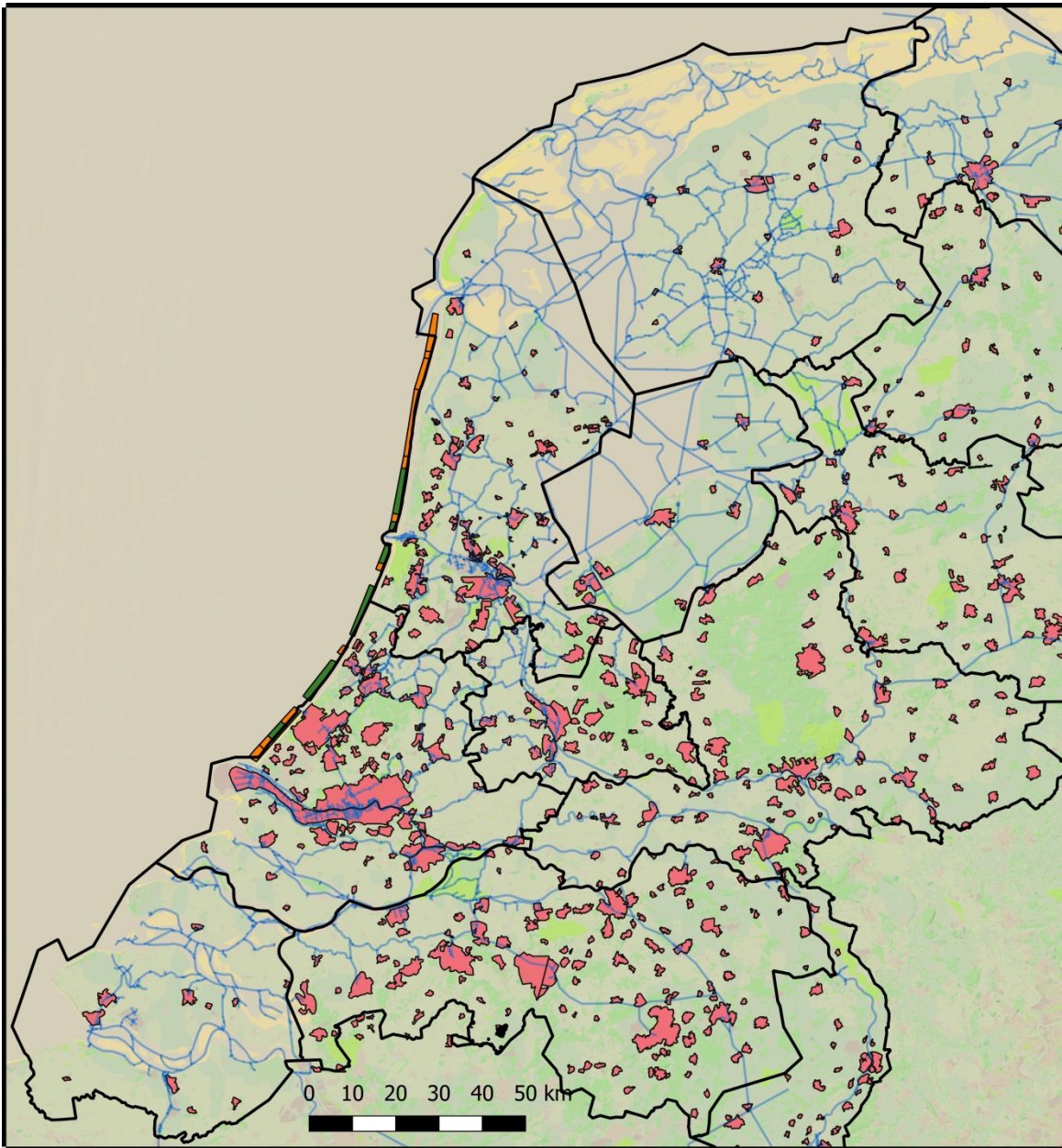
Legenda

**Kans voor Zandmotor**

 Goede Kans

 Matige Kans

Deltares februari 2016

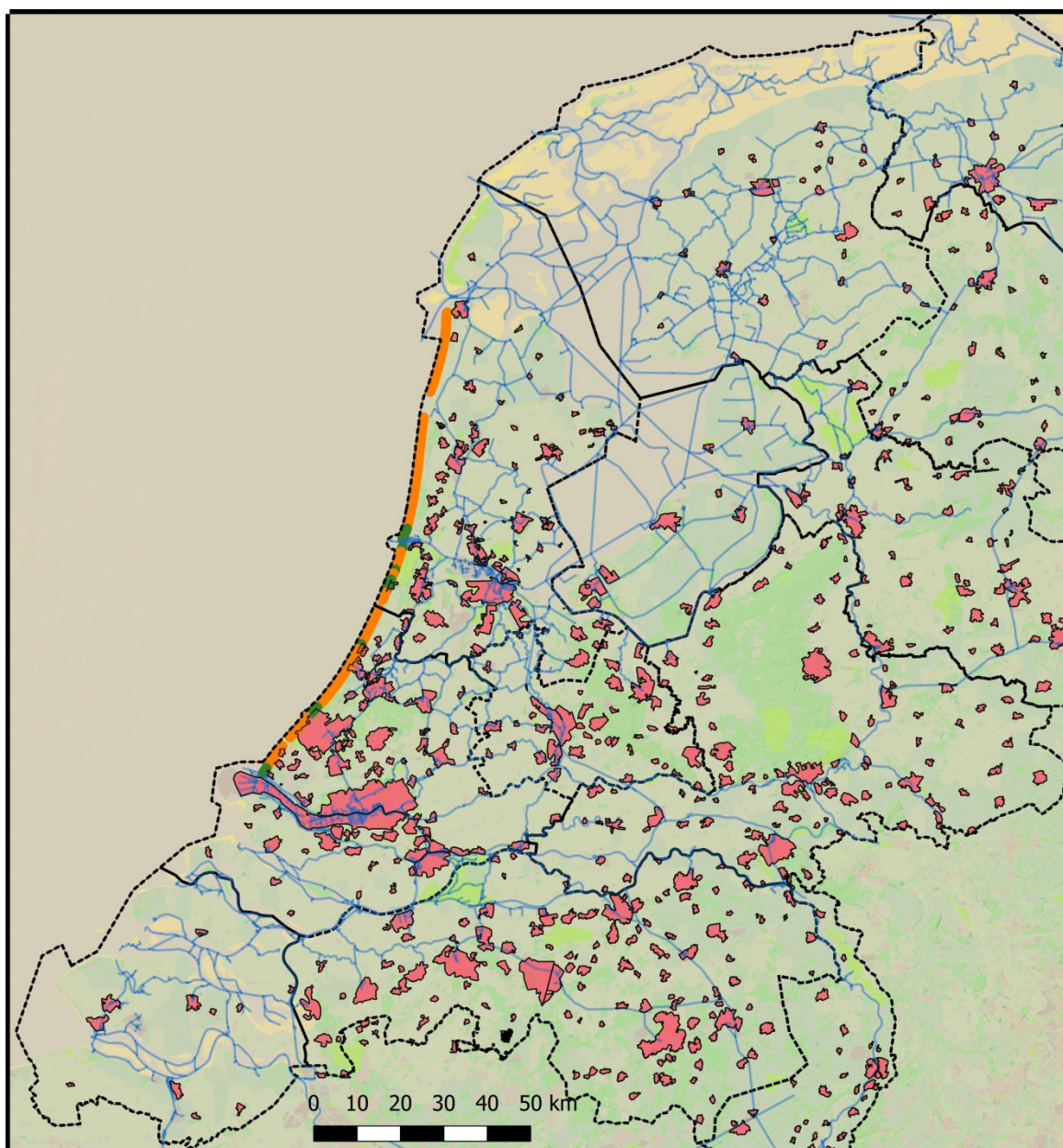


## Kansen voor Zandmotor-achtige oplossing ten behoeve van natuur

### Legenda

#### Kansen voor Zandmotor

- Goede Kans
- Matige Kans



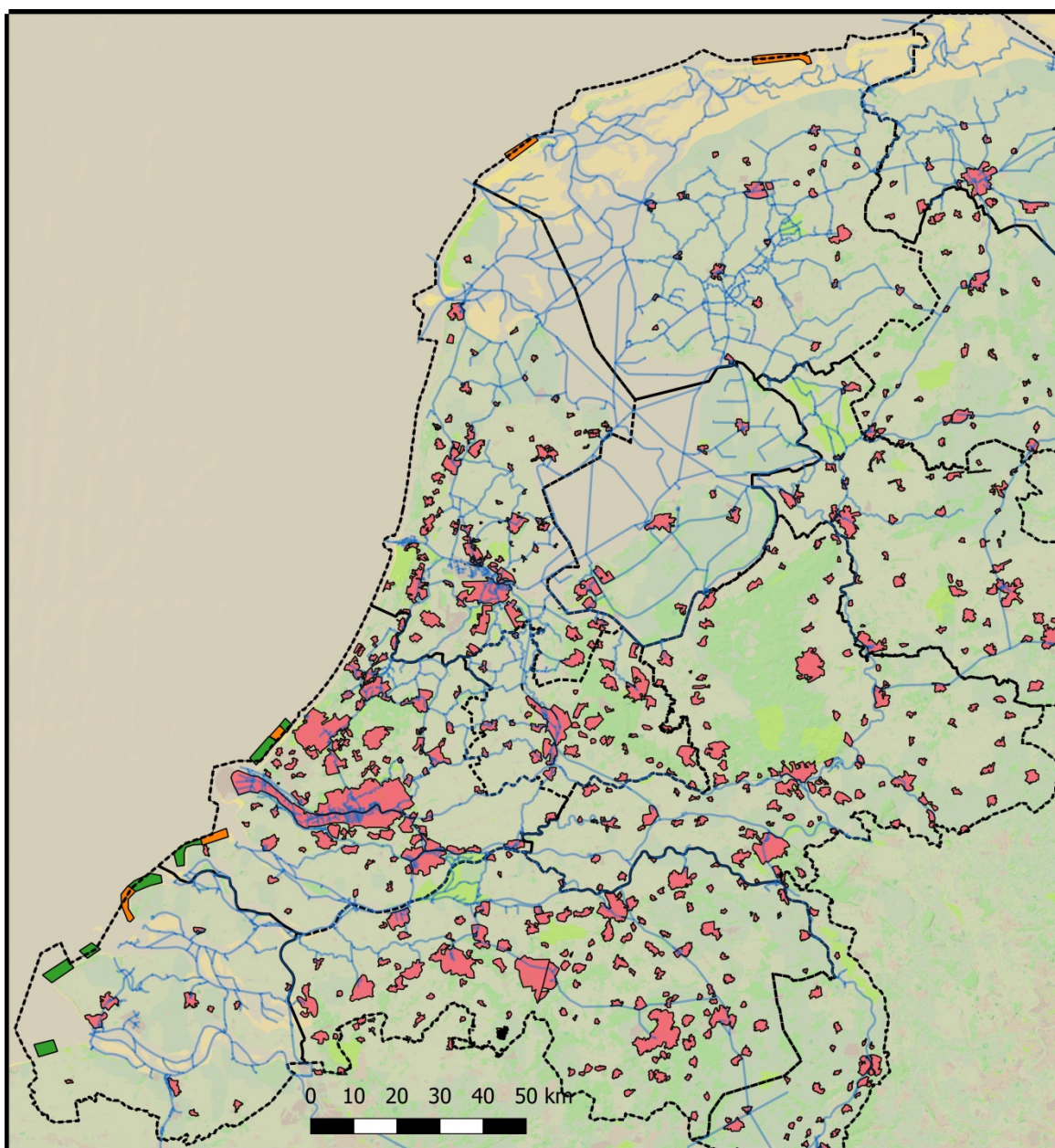
## Kansen voor Zandmotor-achtige oplossing ten behoeve van recreatie en inrichting.

### Legenda

#### Kansen voor Zandmotor

- Goede Kans
- Matige Kans

Deltares februari 2016

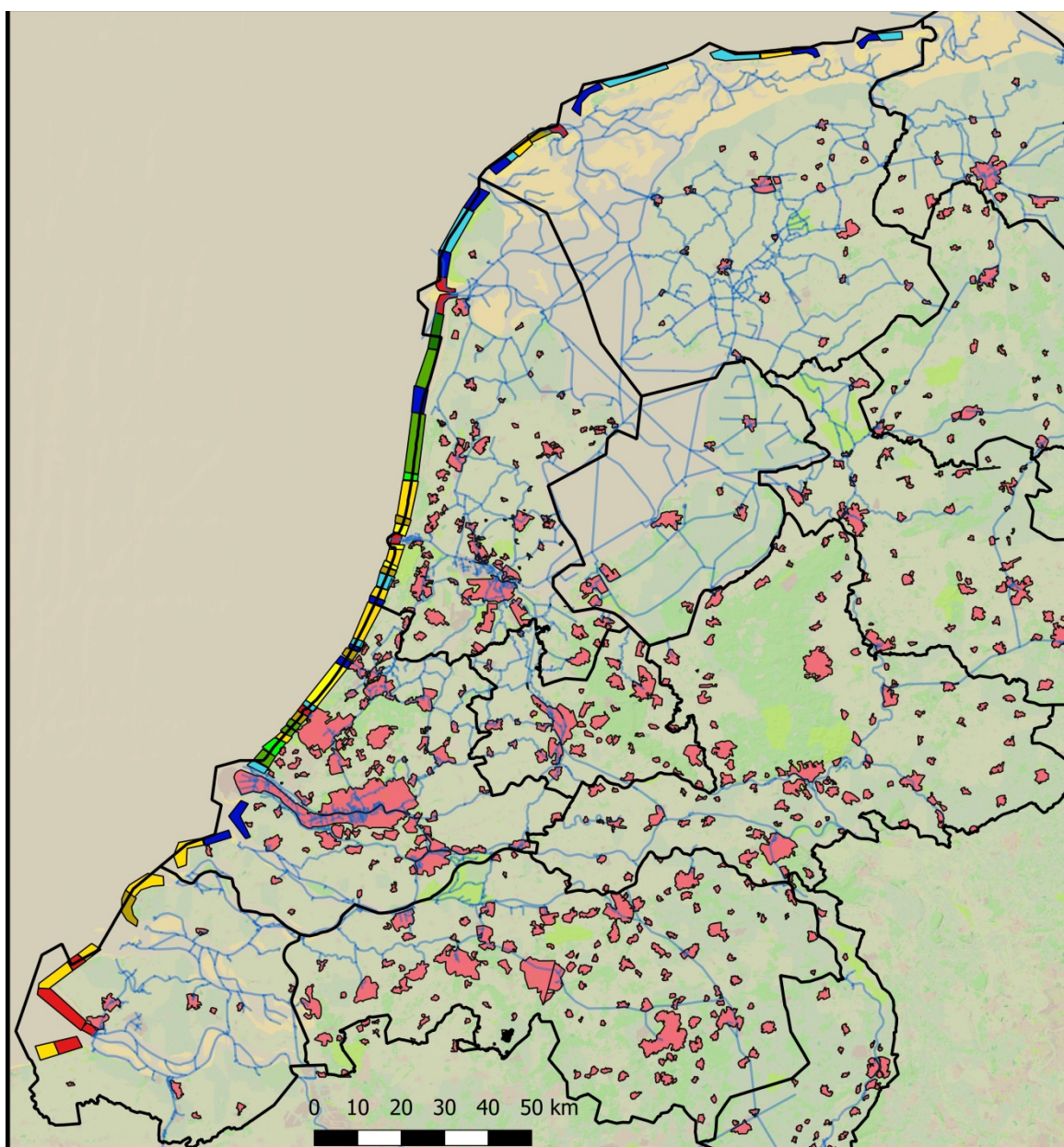


### Kansen voor Zandmotor-achtige oplossing ten behoeve van overige functies en waarden

Legenda

**Kansen voor Zandmotor**

- Goede Kans
- Matige Kans



## Gecombineerde Kansenkaart voor meerdere kustfuncties.

	1 kustfunctie, matige kans.		2 kustfuncties, waarvan beide een goede kans.
	1 kustfunctie, goede kans.		3 kustfuncties, waarvan allen een matige kans.
	2 kustfuncties, waarvan beide een matige kans.		3 kustfuncties, waarvan 2 een matige kans en 1 een goede kans.
	2 kustfuncties, waarvan 1 een matige en 1 een goede kans.		3 kustfuncties, waarvan 1 een matige kans en 2 een goede kans.
			Geen kansen

Deltares februari 2016