

9.2.3 Zichtbaarheid

In het overgrote deel van het gebied gaat het om de zichtbaarheid buitenshuis. Een bijzonder geval is de zichtbaarheid vanuit flats. Op plaatsen waar flats staan, kunnen de windturbines zowel vanuit de flats als buitenshuis zichtbaar zijn. De zichtbaarheid is hier zwaarder gewaardeerd. Bijlage I.1 geeft meer informatie over de manier waarop de zichtbaarheid is bepaald en de wijze waarop met de zichtbaarheid in de bepaling van de zichteffecten rekening is gehouden.

Op basis van deze gegevens is een indeling in zichtbaarheidsklassen gemaakt en is het percentage per klasse berekend dat in het studiegebied voorkomt (tabel 9.6 en figuur 9.7):

Klasse a:	niet zichtbaar	71 procent
Klasse b:	wel/niet zichtbaar - buitenshuis	16 procent
Klasse c:	zichtbaar - buitenshuis	12 procent
Klasse d:	zichtbaar - zowel buitenshuis als vanuit flats	1 procent

Tabel 9.6 Frequentieverdeling van de klassen van zichtbaarheid

Vanuit ruim 70 procent van het studiegebied is het windpark niet zichtbaar (klasse a). Dit zijn over het algemeen de gebieden die liggen binnen bebouwing en bossen, of in de duinvalleien en/of waar bos en beplanting het zicht op de windturbines ontnemen. In klasse b vallen die gebieden waar hogere duinen liggen achter de eerste duinenrij, de zeereep. Het al dan niet zichtbaar zijn van de turbines is daar afhankelijk van de positie van de waarnemer en de hoogte van de windturbines. Het strand tot en met de eerste duinenrij valt in klasse c. Hier zijn de windturbines goed te zien. Die badplaatsen waar flats langs de boulevard staan vallen in klasse d.

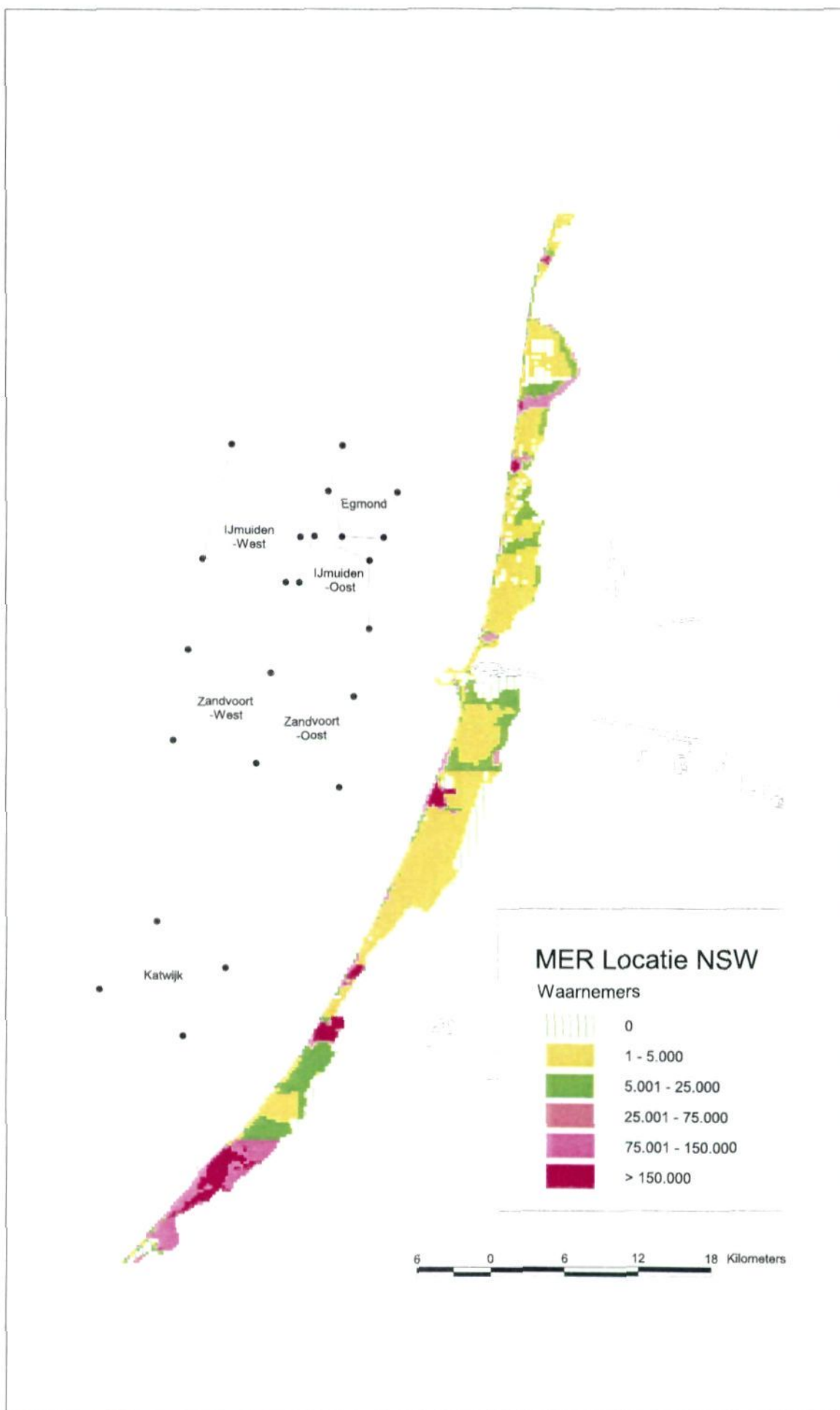
9.2.4 Waarnemers

Er zijn drie categorieën waarnemers onderscheiden: bewoners, dagrecreanten en verblijfsrecreanten. Om de verschillende categorieën vergelijkbaar te maken, zijn de aantallen waarnemers uitgedrukt in aantal zichten per jaar per vierkant.

Tabel 9.8 geeft de frequentieverdeling van de klassen van waarnemers en figuur 9.9 toont een globaal beeld van de spreiding van de waarnemers.

Klasse 1:	geen waarnemers	12 procent
Klasse 2:	1-5.000 waarnemers	48 procent
Klasse 3:	5.001-25.000 waarnemers	21 procent
Klasse 4:	25.001-75.000 waarnemers	2 procent
Klasse 5:	75.001-150.000 waarnemers	9 procent
Klasse 6:	> 150.000 waarnemers	7 procent

Tabel 9.8 Frequentieverdeling van de klassen van waarnemers



Figuur 9.9 Spreiding van de waarnemers

Bron: SC-DLO, 1999

Strandbezoekers en bewoners vormen in het totaal aantal waarnemers het grootste aandeel. De omvang van het bewoonde gebied is echter gering, ongeveer 14 procent. Hetzelfde geldt voor de stranden. De stranden beslaan nog geen 13 procent van het gebied. Op een relatief klein oppervlak komen dus veel mensen voor. In de duinen is het omgekeerde het geval. De dichtheid aan waarnemers is hier relatief gering, maar de oppervlakte is relatief groot, ongeveer 77 procent van het studiegebied.

9.3 Effecten van de locaties

In deze paragraaf worden de zichteffecten berekend en vergeleken voor de zes locaties met eenzelfde basisvariant. De alternatieven en varianten zijn genummerd. De nummering bestaat uit drie cijfers. Het eerste cijfer slaat op de zes locaties. Het tweede cijfer heeft betrekking op de 9 inrichtingsvarianten (zie hoofdstuk 4). Het derde cijfer geeft een positievariant van een inrichtingsvariant. Eenzelfde inrichtingsvariant kan binnen een locatie namelijk verschillend worden gepositioneerd.

9.3.1 Effecten gerekend over een jaar

Voor het berekenen van verschillen in effecten tussen de locaties is de basisvariant (10 rijen van 10 turbines met een onderlinge afstand van 400 meter) in het midden op de oostelijke begrenzing van de locaties geplaatst. De resultaten zijn in tabel 9.10 voor drie categorieën waarnemers weergegeven in referentiewaarden.

Locatie	Alternatief	Bewoners	Recreanten		Totaal
			Dag	Verblijf	
Egmond	610	13	24	2	39
IJmuiden-Oost	110	15	23	2	41
IJmuiden-West	210	10	15	2	27
Zandvoort-Oost	310	32	30	5	67
Zandvoort-West	410	20	19	3	43
Katwijk	510	46	50	5	100

Tabel 9.10 De zichteffecten van de locaties weergegeven in referentiewaarde (referentie: Katwijk totaal = 100 = 45.000 waarnemers per dag, gemiddeld over een jaar)

Berekend is dat circa 45.000 mensen per dag, gemiddeld over een jaar, het windpark op het locatie Katwijk zouden kunnen zien. Op de andere locaties is dat aanzienlijk minder. De referentiewaarden geven een beeld van verschillen in de zichteffecten tussen de locaties. Gekeken naar het totaal is de volgorde van de kleinste naar de grootste effecten: IJmuiden-West - Egmond - IJmuiden-Oost - Zandvoort-West - Zandvoort-Oost - Katwijk. Als ervan wordt uitgegaan dat de waardering van de effecten negatiever zal zijn naarmate de zichteffecten groter zijn, dan heeft IJmuiden-West de voorkeur voor de situering van een windpark.

Bij deze uitkomsten spelen twee factoren een belangrijke rol. De eerste factor is de afstand tot de kust. Hoe dichterbij, hoe groter de zichteffecten. Bij toename van de afstand neemt het aantal zichturen juist binnen het traject van 8 kilometer naar 14 kilometer sterk af (figuren 9.3 en 9.4). De tweede factor is de ligging ten opzichte van de belangrijkste concentraties van waarnemers, in het bijzonder de bewoners en strandbezoekers. Ten noorden van het Noordzeekanaal zijn deze concentraties aanzienlijk geringer dan in het zuidelijke deel (Den Haag, Scheveningen, Katwijk, Noordwijk, Zandvoort).

Opvallend is dat de zichteffecten van Egmond, IJmuiden-Oost en Zandvoort-West vrij dicht bij elkaar liggen. De oostelijke grens van het windpark IJmuiden-Oost ligt circa 8 kilometer uit de kust. Voor Zandvoort-West is dat ongeveer 14 kilometer. Bij IJmuiden-Oost en Egmond gaat de relatief kleine

afstand tot de kust (=relatief hoog effect) samen met een relatief klein aantal waarnemers (=relatief laag effect). Bij Zandvoort-West is de afstand relatief groot (=relatief laag effect), maar het aantal waarnemers is relatief hoog (=relatief hoog effect).

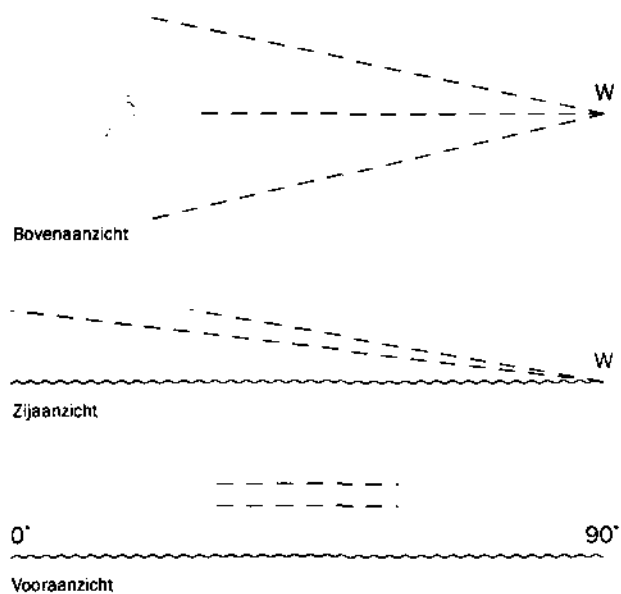
Per categorie van waarnemers kan de volgorde van zichteffecten tussen de locaties nog verschillen. Bij de bewoners is de volgorde gelijk aan de volgorde van het totaal. De verschillen tussen IJmuiden-Oost en Zandvoort-West zijn echter groter. Het verschil in aantal bewoners is hier doorslaggevend; meer dan de afstand tot de kust. Bij de dagrecreanten is de volgorde van kleinste naar grootste effecten: IJmuiden-West - Zandvoort-West - IJmuiden-Oost - Egmond - Zandvoort-Oost - Katwijk. De afstand geeft hier de doorslag.

Uit bovenstaande komt duidelijk naar voren dat de gemiddelde zichteffecten toenemen van west naar oost en van noord naar zuid. Van west naar oost neemt de afstand tot de waarnemers af en van noord naar zuid neemt het aantal waarnemers toe. Een belangrijk punt is het relatief kleine verschil tussen Egmond, IJmuiden-Oost en Zandvoort-West.

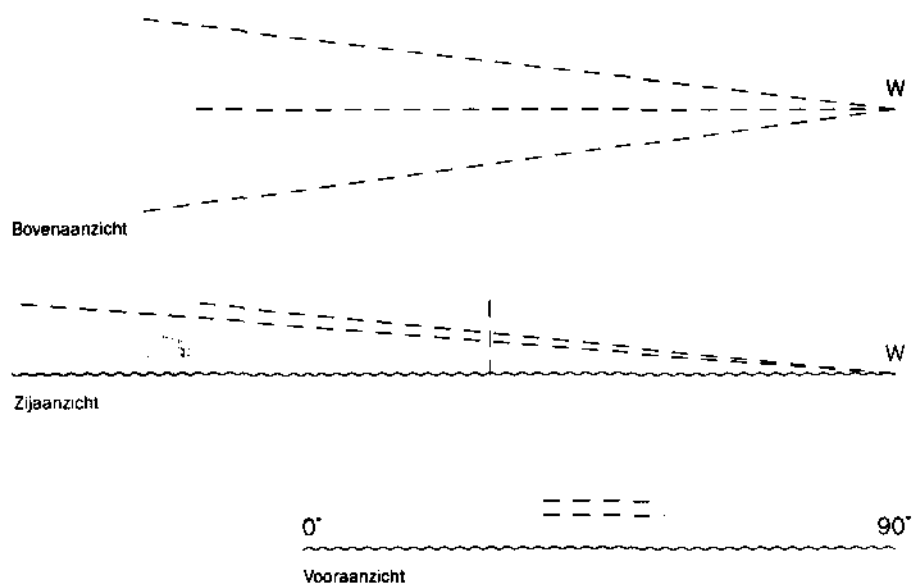
In dit verband is van belang dat bij het bepalen van de zichteffecten geen rekening is gehouden met de perspectivische verkleining van een windpark bij toename van de afstand. Een windpark op verre afstand neemt minder van het zichtveld in beslag dan een windpark dichterbij. Dit heeft niet alleen betrekking op de horizontale zichthoek, de breedte van het windpark in het zichtveld. Ook de verticale zichthoek, de hoogte van het windpark in het zichtveld wordt geringer. Schetsmatig is dat weergegeven in een zichthoek van 120 graden (figuur 9.11).

De figuur maakt duidelijk dat het zichteffect van de basisvariant in Zandvoort-West door de perspectivische verkleining kleiner is dan van de basisvariant in IJmuiden-Oost en Egmond. Doorslaggevend is de afstand en daarmee de perspectivische verkleining. Zandvoort-West is vanuit dit gezichtspunt te prefereren boven IJmuiden-Oost en Egmond. Tussen Egmond en IJmuiden-Oost is geen verschil.

Basisvariant op 8 kilometer



Basisvariant op 14 kilometer



Figuur 9.11 Schetsmatige weergave van de basisvariant op 8 kilometer van de kust (IJmuiden-Oost) en op 14 kilometer uit de kust (Zandvoort-West)

9.3.2 Effecten naar seizoenen

In de berekening van de zichteffecten is gerekend met de waarneming gedurende een heel jaar. Echter, in de loop van het jaar variëren de zichteffecten. Dat komt door verschillen in aanwezigheid van recreanten en door verschillen in zichturen.

De verschillen bij de recreanten komen vooral naar voren bij de dagrecreanten, eerder dan bij de verblijfsrecreanten. De seizoensverschillen in dagrecreatief bezoek kunnen worden geïllustreerd aan de hand van verkeerstellingen op de Zeeweg bij Castricum aan Zee, die de provincie Noord-Holland van 1994 tot en met 1997 heeft verricht. De tellingen geven een beeld van de dagrecreatie naar duinen en stranden verspreid over het jaar (bijlage I.2). Tabel 9.12 geeft deze aantallen omgerekend naar seizoenen. Deze gegevens gelden niet zonder meer voor andere stranden en duinen. Daar zullen de aantallen en de verdeling over het jaar verschillen. Verwacht wordt echter dat de algemene tendens en de conclusies dezelfde zijn.

Seizoen	Fietser		Auto's	
	Aantal	Procent	Aantal	Procent
Januari-maart (week 1-12)	13.450	4	91.850	14
April-juni (week 13-25)	86.450	25	170.300	26
Juli-september (week 26-39)	231.750	66	293.950	45
Oktober-december (week 40-53)	19.800	6	100.150	15
Totaal	351.450	100	656.300	100

Tabel 9.12 Aantallen fietsen en auto's op de Zeeweg bij Castricum aan Zee (gemiddeld voor de jaren 1994 tot en met 1997) omgerekend per seizoen

Zoals te verwachten is het zomerseizoen (juli-september) verreweg het drukste. Bijna 66 procent van de fietsen en 45 procent van de auto's komen in deze periode naar de duinen en stranden. Opvallend is dat ook in de maanden oktober tot en met maart het bezoek van vooral auto's nog aanzienlijk is. In deze periode zijn 191.000 auto's geteld, bijna 30 procent van het totaal per jaar (gemiddeld over 4 jaren).

Verreweg de meeste dagrecreanten komen in de weken 29-32 (derde week juli tot en met tweede week augustus). De zondaggemiddelden zijn aanzienlijk hoger dan die van de zaterdagen. Opvallend zijn de pieken (de drukste dagen). In Castricum bedroeg het aantal fietsen op de drukste dag gemiddeld over 4 jaren ruim 11.300 (circa 3 procent), het aantal auto's bijna 9000 (ruim 1 procent). Dit was voor fietsen ongeveer 12 maal zoveel als het daggemiddelde, voor auto's was dat vijf maal zoveel als het daggemiddelde.

Het bezoek aan duinen en stranden is erg afhankelijk van de weersomstandigheden. De drukste perioden en dagen vallen samen met droog en zonnig weer, een situatie waarbij het zicht over het algemeen goed is en de windturbines goed zichtbaar zijn (tabel 9.13).

Seizoen	% zichturen	<5 km	<8 km	<14 km	<21 km	<30 km
Januari-maart	20	74	61	37	15	6
April-juni	32	89	81	61	31	19
Juli-september	31	90	84	68	41	26
Oktober-december	18	81	71	50	26	16
Totaal	100	85	76	57	30	18

Tabel 9.13 Percentage zichturen verdeeld over de vier seizoenen en de verdeling per afstand (in procent van het totaal per seizoen, gemiddeld over de jaren 1989 tot en met 1998 van weerstation IJmuiden)

Het aantal zichten over een jaar bedraagt ongeveer 4.500. Door de daglengte is het aantal zichten in de herfst en de winter aanzienlijk minder dan in de lente en de zomer. Globaal valt ruim 60 procent van de zichten in de lente en zomer.

In de periode van januari tot en met maart zijn de windturbines op een afstand van 8 kilometer in bijna 61 procent van de beschikbare zichttijd te zien. Dat is aanzienlijk minder dan het gemiddelde van 76 procent over een jaar. In het zomerseizoen is dat meer dan het jaargemiddelde, namelijk 84 procent. De verschillen tussen de cijfers van de seizoenen en het jaarcijfer zijn nog groter bij windturbines op een afstand van 14 kilometer.

Er treden dus twee elkaar versterkende verschijnselen op bij vergelijking van het winter- en zomerseizoen. Het eerste is dat in het zomerseizoen het aantal zichten groter is dan in het winterseizoen door verschil in daglengte. Het tweede is dat in het zomerseizoen het meteorologisch zicht beter is dan in het winterseizoen. Het effect is dat het aantal mensen dat de windturbines op een bepaalde afstand kan zien, in het zomerseizoen aanzienlijk groter is dan in het winterseizoen.

Een rekenvoorbeeld voor locatie Zandvoort-Oost met de basisvariant op 8 kilometer afstand van de kust, kan het verschil tussen het jaargemiddelde en het gemiddelde van het zomerseizoen verduidelijken. Over een jaar gerekend kunnen 30.000 mensen gemiddeld per dag het windpark op 8 kilometer van de kust zien liggen. Het gemiddeld aantal zichten dat een windpark op deze afstand kan worden gezien bedraagt 9,4 uur per dag. Het maximum aantal zichten zou dan 282.000 gemiddeld per dag bedragen.

Als nu bijvoorbeeld wordt uitgegaan van de verdeling van het bezoek van auto's (tabel 9.12) dan bedraagt het aantal mensen dat in de zomermaanden juli tot en met september gemiddeld per dag het windpark kan zien, ongeveer 53.500. Het gemiddeld aantal zichten dat een windpark op 8 kilometer kan worden gezien, bedraagt maximaal 12,6 uur per dag. Het maximum aantal zichten zou volgens dit rekenvoorbeeld dan in de zomermaanden $53.500 \times 12,6 = 674.100$ gemiddeld per dag bedragen.

9.4 Effecten van inrichtingsvarianten

In deze paragraaf worden de zichteffecten van inrichtingsvarianten berekend en vergeleken binnen eenzelfde locatie. Verschillen in zichteffecten worden dan niet veroorzaakt door verschillen tussen de locaties, maar door verschillen in inrichting binnen een locatie. Daarvoor is de locatie Zandvoort-Oost gekozen. Deze locatie ligt wat zichteffecten betreft tussen de uitersten van Egmond en Katwijk in. Verwacht wordt dat de conclusies die voor de inrichtingsvarianten binnen Zandvoort-Oost worden getrokken, in grote lijnen ook gelden voor dezelfde inrichtingsvarianten binnen de andere locaties. Ter vergroting van het inzicht zijn de zichteffecten ook berekend voor een windpark dat binnen de locaties Egmond en Zandvoort-West zo ver mogelijk naar het westen is geplaatst.

9.4.1 Effecten van verschillen in positie binnen een locatie

In paragraaf 9.3.1 zijn de zichteffecten berekend van de basisvariant per locatie. De voorste lijn van de basisvariant is geplaatst in het midden van de oostelijke grens van het locatie. De basisvariant ligt dan het dichtst bij de kust. Een locatie zover mogelijk van de kust, is het gunstigst. Om dat aan te tonen zijn de zichteffecten bepaald bij plaatsing van de basisvariant in het midden van de westelijke grens van de locatie, op de achterlijn.

Een relatief kleine verschuiving van een windpark binnen een locatie kan al leiden tot een aanzienlijke afname van de zichteffecten. De zichteffecten zijn volgens de toegepaste methode sterk gevoelig voor de afstand, uitgedrukt in referentiewaarden voor het aantal zichten (tabel 9.14). In totaal gaat de referentiewaarde bij Zandvoort-Oost terug van 100 naar 81,6, bij Zandvoort-West van 63,8 naar 44,5 en bij Egmond van 59,0 naar 53,5. De afname van de zichteffecten in Zandvoort-Oost en -West is

groter dan in Egmond. Het kleinere effect bij Egmond wordt veroorzaakt door het feit dat bij Egmond is gerekend met een kleinere verschuiving in westelijke richting dan bij de locaties Zandvoort-Oost en -West.

Variant	Bewoners	Dagrecreanten	Verblijfsrecreanten	Totaal
Zandvoort-Oost, voorlijn	48	45	7	100
Zandvoort-Oost, achterlijn	39	37	6	82
Zandvoort-West, voorlijn	30	29	5	64
Zandvoort-West, achterlijn	21	20	4	45
Egmond, voorlijn	20	36	3	59
Egmond, achterlijn	19	32	3	54

Tabel 9.14 De zichteffecten van de basisvariant bij verschil in plaats van het windpark binnen de locaties Zandvoort-Oost, Zandvoort-West en Egmond, uitgedrukt in referentiewaarden (referentie: variant 310 totaal = 100 = 30.000 mensen per dag, gemiddeld over een jaar)

Het aantal mensen dat het windpark op 8 kilometer vanuit de kust kan zien bedraagt, gerekend over een jaar, gemiddeld 30.000 mensen per dag. Wordt het windpark op de westelijke grens gebouwd in locatie Zandvoort-Oost, dan zullen gemiddeld over een jaar genomen 24.500 mensen per dag het windpark kunnen zien. Op een dag in de zomermaanden van juli tot en met september zullen dat gemiddeld 44.000 mensen per dag zijn. Hierbij is ervan uitgegaan dat het aantal mensen in de zomermaanden 45 procent van het jaartotaal bedraagt.

9.4.2 Effecten van verschillen in vorm (rechthoekige en ruitvormige variant)

De inrichtingsvarianten met windturbines van 1 MW zijn weergegeven in tabel 4.15. Het gaat om vijf varianten (tabel 9.15).

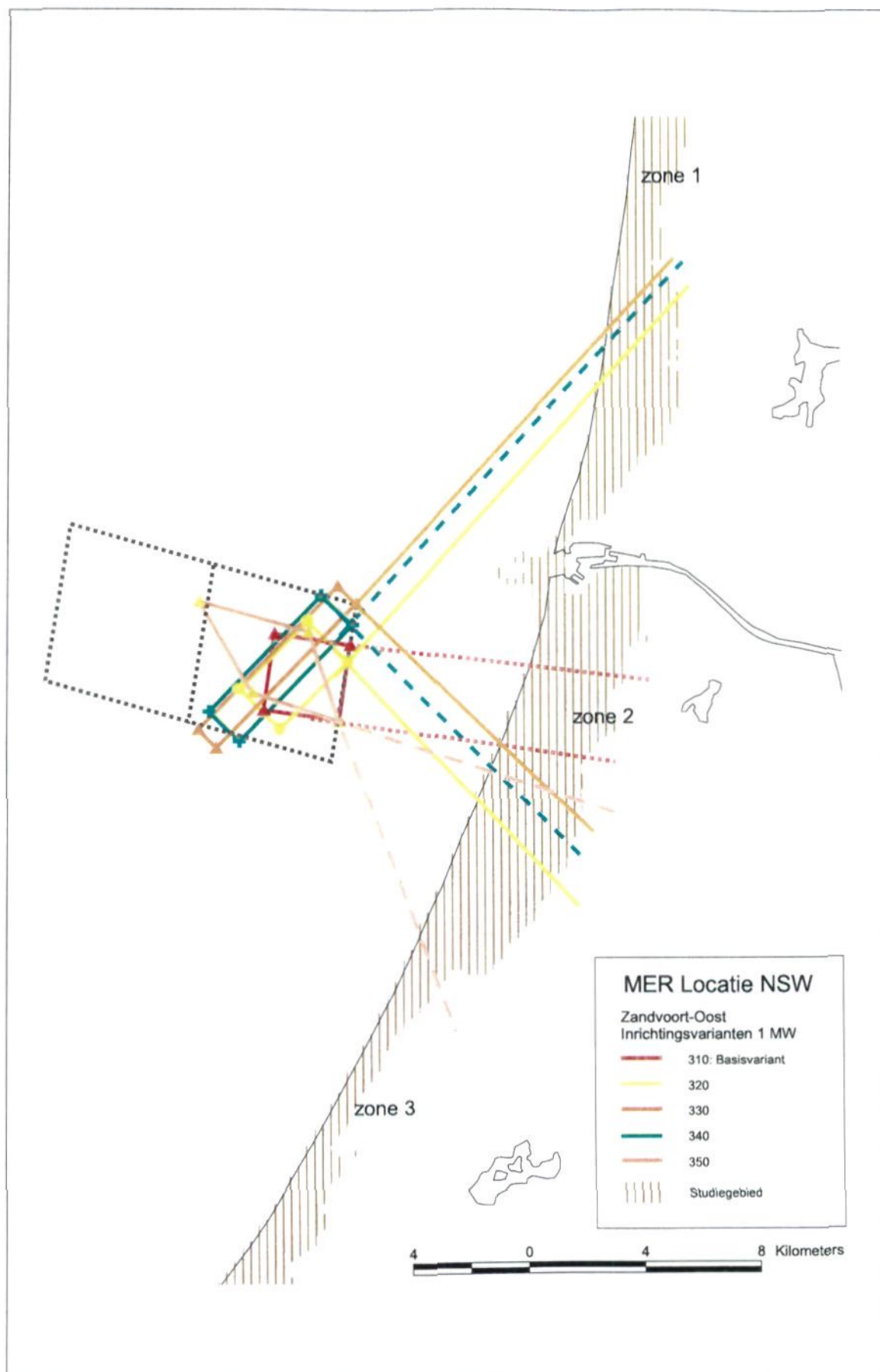
Variant	Vorm	Afstand tussen turbines (in meters)
310	10 rijen van 10; vierkant	400
320	10 rijen van 10; rechthoek	500 en 300
330	5 rijen van 20; rechthoek	500 en 300
340	5 rijen van 20; rechthoek	400
350	2 groepen van 3 rijen; ruitvorm	300

Tabel 9.15 Overzicht bij berekening van de inrichtingsvarianten met windturbines van 1 MW binnen locatie Zandvoort-Oost

De basisvariant bestaat uit een vierkant met 10 rijen van 10 turbines op een afstand van 400 meter. De inrichtingsvarianten betreffen driemaal een rechthoekige variant en eenmaal een ruitvorm. De effecten van de varianten zijn doorgerekend voor locatie Zandvoort-Oost (figuur 9.18). Bij de rechthoekige varianten is de lange zijde van de rechthoek in de richting zuidwest-noordoost gepositioneerd, parallel aan de overheersende windrichting. In de ruitvormige variant zijn de windturbines geplaatst in twee groepen van elk drie rijen met een open ruimte tussen de groepen. De richting van deze twee groepen staat haaks op de zuidwestelijke windrichting.

De waarnemers zien de inrichtingsvarianten onder een verschillende hoek, afhankelijk van het waarnemingspunt. Bij de inrichtingsvariant 340 bijvoorbeeld zien de waarnemers ten noorden van IJmuiden vooral de korte zijde van de rechthoek, waarnemers op het strand van Scheveningen de lange zijde. Daarom is het studiegebied verdeeld in drie deelgebieden: een zuidelijk deelgebied, een middengebied en een noordelijk deelgebied. Per deelgebied is voor de berekening van de afstand tot de waarnemers een combinatie van verschillende hoekpunten in beschouwing genomen. Die hoekpunten zijn gekozen die vanuit de deelgebieden zijn te zien en het dichtste bij liggen. Deze berekeningswijze is

nauwkeuriger dan die welke is uitgevoerd voor de berekening van de zichteffecten van de locaties (paragraaf 9.3). De referentiewaarde voor de basisvariant verschilt daarmee, en is niet 30.000 maar 29.000 mensen per dag, gemiddeld over een jaar.



Figuur 9.16 De ligging van de inrichtingsvarianten met windturbines van 1 MW binnen locatie Zandvoort-Oost
Bron: SC-DLO, 1999

De totale zichteffecten van de basisvariant zijn op 100 gesteld (tabel 9.17).

Inrichtingsvarianten	Bewoners	Dagrecreanten	Verblijfsrecreanten	Totaal
Basisvariant 310	47	46	7	100
Variant 320	46	44	7	97
Variant 330	42	41	6	89
Variant 340	42	42	6	90
Variant 350	42	41	6	89

Tabel 9.17 De zichteffecten van inrichtingsvarianten met windturbines van 1 MW in het zoekgebied Zandvoort-Oost, uitgedrukt in referentiewaarden (referentie: basisvariant totaal = 100 = 29.000 mensen per dag, gemiddeld over een jaar)

De volgorde van de kleinste naar de grootste zichteffecten is 350-330-340-320-310. De varianten 330 en 350 wisselen van volgorde bij de bewoners. In alle gevallen geeft de basisvariant de hoogste scores. Een en ander betekent dat de ruitvorm de minste zichteffecten geeft, dan de rechthoekige vorm en vervolgens het vierkant. Bij de rechthoek geeft de meest langgerekte vorm (330) de geringste effecten. De verschillen in effecten hangen echter niet alleen samen met de vorm, maar vooral met de ligging van de varianten in het zoekgebied. Bij het vierkant (= de basisvariant) valt de oostelijke begrenzing samen met de voorlijn van het zoekgebied. De beide oostelijke hoekpunten liggen relatief dicht bij de kust. Bij de rechthoekige vorm ligt de oostelijke begrenzing in zuidwest-noordoost richting. Eén hoekpunt ligt op de voorlijn van Zandvoort-Oost, dichtbij de kust. Het andere hoekpunt ligt verder van de kust. Hoe verder van de kust, hoe geringer de effecten.

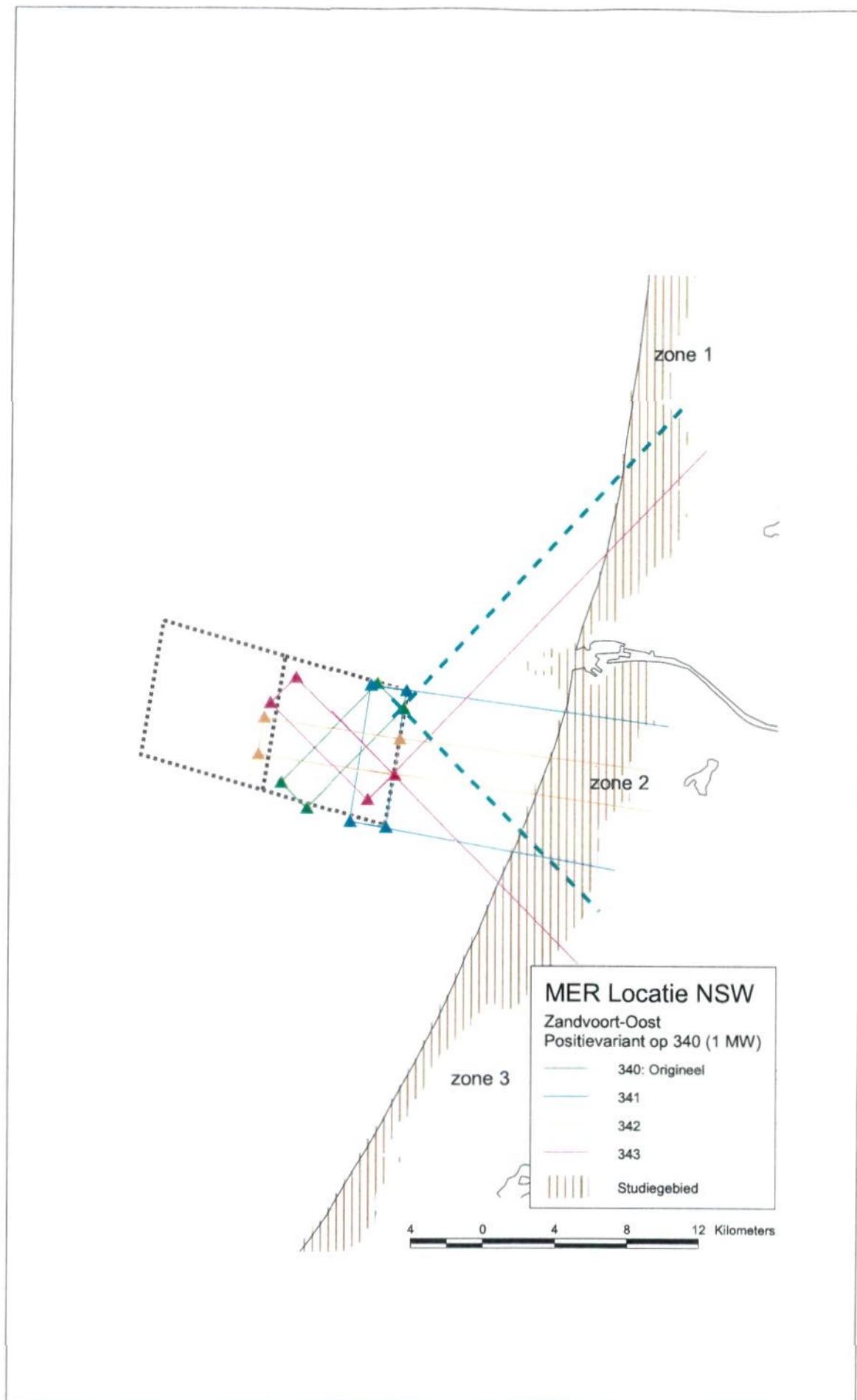
Bij de berekening is de zichthoek niet in beschouwing genomen. Bij de langgerekte vorm van variant 330 is de zichthoek van de waarnemers in het midden en zuiden van het studiegebied groter dan bij de andere varianten. In het noordelijke deel van het studiegebied juist weer kleiner, gezien de korte zijde van de rechthoek.

9.4.3 Effecten van verschillen in locatie van een rechthoek

De vraag is welke effecten zijn te verwachten als een rechthoek op verschillende manieren binnen een locatie, in dit geval Zandvoort-Oost, wordt gesitueerd. Daartoe is variant 340 gekozen. Deze bestaat uit 5 rijen van 20 windturbines van 1 MW, met een onderlinge afstand van 400 meter. Dezelfde rechthoek is op drie verschillende manieren binnen Zandvoort-Oost gesitueerd (tabel 9.18 en figuur 9.19).

Variant	Vorm	Afstand tussen turbines	Oriëntatie
340	5 rijen van 20	400	zuidwest-noordoost
341	5 rijen van 20	400	lange zijde op de voorlijn
342	5 rijen van 20	400	korte zijde op de voorlijn
343	5 rijen van 20	400	zuidoost-noordwest

Tabel 9.18 Overzicht bij berekening van de inrichtingsvariant 4 met windturbines van 1 MW bij verschil in situering binnen Zandvoort-Oost



Figuur 9.19 Varianten in ligging van een rechthoek volgens variant 4 met windturbines van 1 MW binnen locatie Zandvoort-Oost
 Bron: SC-DLO, 1999

De uitkomsten van de berekening van de zichturen zijn weer vergeleken met het vierkant van de basisvariant 310 (tabel 9.20)

Varianten	Bewoners	Dagrecreanten	Verblijfsrecre.	Totaal
Basisvariant 310	47	46	7	100
Variant 340	42	42	6	90
Variant 341	48	46	7	102
Variant 342	42	41	6	89
Variant 343	42	40	6	88

Tabel 9.20 De zichteffecten van de basisvariant en varianten 4 bij verschil in ligging binnen Zandvoort-Oost weergegeven in referentiewaarden (referentie: basisvariant 310 = 100 = 29.000 mensen per dag, gemiddeld over een jaar)

Er is een duidelijke tweedeling in zichteffecten. De eerste groep bestaat uit de beide varianten (310 en 341) met één zijde op de voorlijn van Zandvoort-Oost. Zij geven de meeste zichteffecten. De effecten liggen dichtbij elkaar, maar de zichteffecten van variant 341 zijn groter dan van 310. Dat komt omdat variant 341 langgerechter is en in een groter deel van het studiegebied wordt gezien dan 310. Daarbij is nog niet in rekening gebracht dat 341 op de voorlijn een grotere zichthoek in beslag neemt dan 310.

De tweede groep bestaat uit de varianten 340, 342 en 343. De zichteffecten liggen dicht bij elkaar, maar de verschillen met de andere groep bedragen zo'n 10 punten. Van deze tweede groep geeft variant 343 de minste effecten. Een situering van de lange zijde van de rechthoek in zuidoost-noordwest richting geeft duidelijk minder zichteffecten dan in de richting zuidwest-noordoost. De korte zijde van de rechthoek bij variant 343 is naar het gebied gericht waar relatief veel mensen aanwezig zijn, het zuidelijke deel van het studiegebied. Bij variant 340 is de korte zijde gekeerd naar het gebied waar minder mensen aanwezig zijn. Dit zou nog worden versterkt als de zichthoek in rekening zou zijn gebracht. De zichthoek naar de korte zijde van de rechthoek is kleiner dan de zichthoek naar de lange zijde. Er kan in het algemeen, dus ook voor de andere locaties, niet worden gesteld dat een zuidoost-noordwest oriëntatie beter is. De effecten worden bepaald door oriëntatie in relatie tot de ligging en dichtheid van de waarnemers.

De variant 342, met de korte zijde op de voorlijn, geeft minder zichteffecten dan een ligging met de lange zijde op de voorlijn (variant 341). Niet alleen is de voorzijde dichtbij de kust veel korter, maar de andere beide hoekpunten liggen bij variant 342 veel verder in zee dan bij variant 341.

9.4.4 Effecten van verschillen in hoogte van de windturbines

De inrichtingsvarianten met windturbines van 1,5 MW zijn weergegeven in tabel 4.16. Er is geen één op één verband tussen de capaciteit van een windturbine en de hoogte. Hier is gerekend met een hoogte van 95 meter (mast en rotorblad) bij een windturbine van 1,5 MW. Met de hoogte van de windturbines varieert ook de onderlinge afstand tussen de windturbines en de omvang van het windpark. De varianten 360-390 worden vergeleken met de basisvariant 310, met windturbines met een hoogte van 75 meter (tabel 9.21).

Variant	Vorm	Afstand tussen turbines	Hoogte turbines
Basisvariant 310	10 rijen van 10; vierkant	400	75 meter
Variant 360	8 rijen van 8; vierkant	560	95 meter
Variant 370	8 rijen van 8; rechthoek	700 en 420	95 meter
Variant 380	4 rijen van 16; rechthoek	700 en 420	95 meter
Variant 390	4 rijen van 16; rechthoek	560	95 meter

Tabel 9.21 Overzicht bij berekening van de basisvariant (hoogte 75 meter) en inrichtingsvarianten met windturbines van 1,5 MW (hoogte 95 meter) binnen Zandvoort-Oost

De varianten met de hogere windturbines hebben in twee opzichten effecten op de waarneming. Allereerst is het beeld dat op het netvlies valt groter in de verhouding van de hoogten van de 1,5 en 1 MW windturbine. Deze verhouding is $95/75 = 1,26$. Bij de berekening worden de waarden daarom vermenigvuldigd met 1,26.

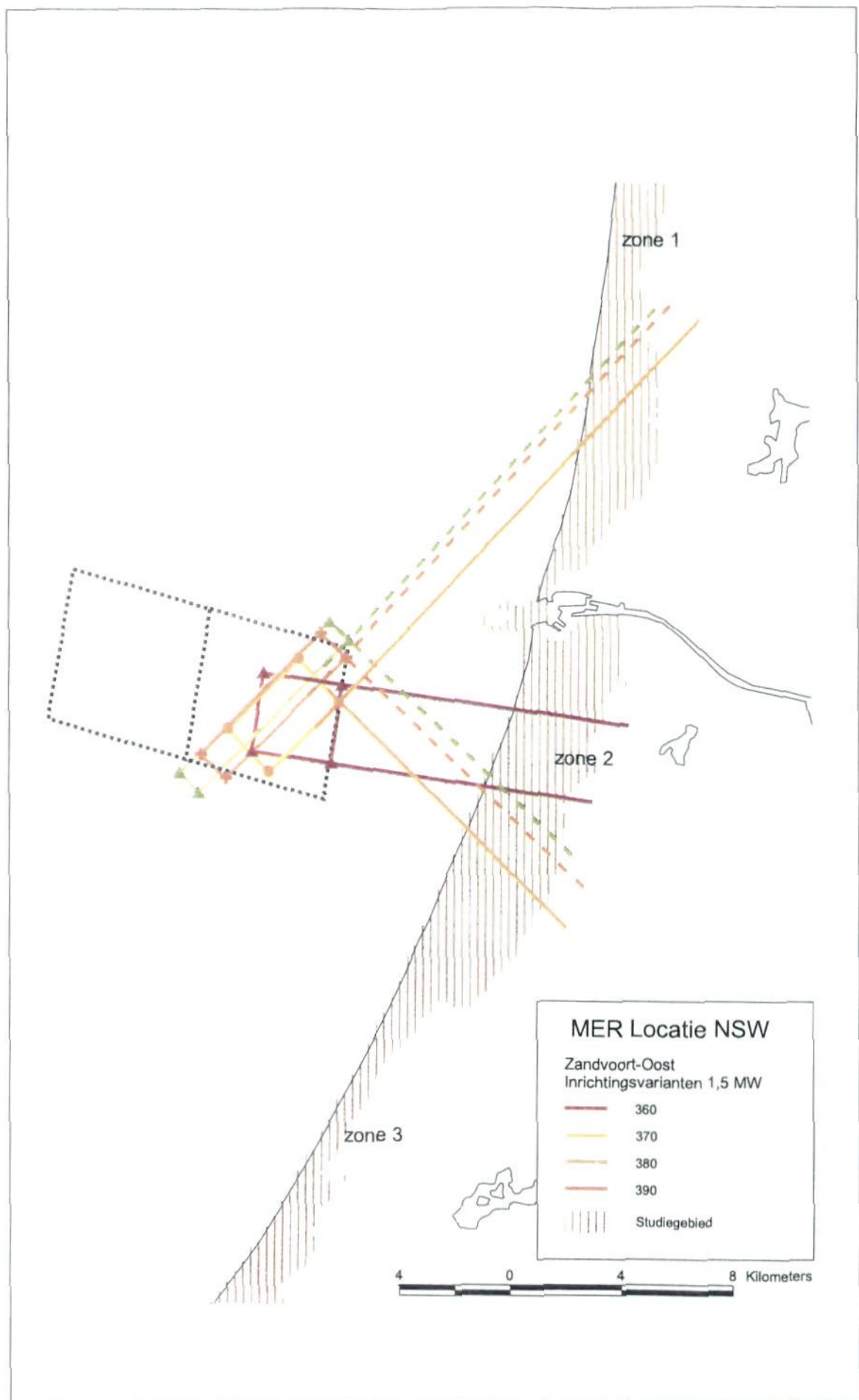
Er is hier een lineair verband verondersteld tussen de hoogte en de zichteffecten. In werkelijkheid zal dit verband waarschijnlijk niet-lineair zijn. Er staan echter geen resultaten uit belevingsonderzoek ter beschikking die uitsluitsel geven over dit verband. Het lineair verband kan als worst-case worden beschouwd.

Een tweede effect is dat bij de toename van de hoogte de zichtbaarheid van de windturbines toeneemt. Dat geldt voor gebieden met klasse 2, de gebieden die wel/niet zichtbaar zijn in de duinen (figuur 9.5). In de berekening is voor klasse 2 een waarde van 0,5 aangehouden bij de varianten met 1 MW turbines. Bij de berekening van de zichteffecten met 1,5 MW turbines is voor klasse 2 de waarde 0,7 aangehouden in plaats van 0,5. De verhouding $0,5/0,7$ komt ongeveer overeen met de verhouding van de oppervlakten van het oostelijke vlak (het vooraanzicht) van variant 310 en 360. Bij de varianten 360 tot en met 390 heeft variant 360 de vorm van een vierkant, de andere varianten die van een rechthoek met de lange zijde in de richting zuidwest-noordoost (figuur 9.23).

De resultaten van de berekening worden vergeleken met de basisvariant 310 (tabel 9.22).

Varianten	Bewoners	Dag recreanten	Verblijfsrecre.	Totaal
Basisvariant 310	47	46	7	100
Variant 360	60	59	9	127
Variant 370	58	57	9	123
Variant 380	53	54	8	114
Variant 390	55	55	8	118

Tabel 9.22 De zichteffecten van basisvariant 310 met windturbines van 1 MW en inrichtingsvarianten met windturbines van 1,5 MW in het Zandvoort-Oost, uitgedrukt in referentiewaarden (referentie: basisvariant 310 totaal = 100 = 29.000 mensen per dag, gemiddeld over een jaar)



Figuur 9.23

De ligging van de inrichtingsvarianten met windturbines van 1,5 MW binnen locatie Zandvoort-Oost

Bron: SC-DLO, 1999

De zichteffecten van de varianten met 1,5 MW windturbines zijn aanzienlijk hoger dan van de basisvariant 310. De grotere zichteffecten van variant 360 ten opzichte van variant 310, worden veroorzaakt door drie factoren:

- verschil in hoogte, tot uiting komend in de factor 1,26,
- *verschil in hoogte, met een grotere zichtbaarheid in de duinen,*
- verschil in omvang.

De eerste factor is van deze drie factoren het belangrijkste. Wordt deze niet meegerekend dan zouden de zichteffecten van 360 uitkomen op 101. De beide andere factoren hebben een relatief kleine invloed. Voor de tweede factor geldt dat het gebied met zichtbaarheidklasse 2 niet groot is en ook het aantal waarnemers is hier op het totaal niet omvangrijk, zodat de zichteffecten niet ver boven 100 uitkomen.

De varianten 370, 380 en 390 leiden door een grotere omvang en hoogte tot hogere zichteffecten dan 310. Deze effecten worden echter voor een belangrijk deel gecompenseerd door de gedraaide ligging ten opzichte van 310.

De volgorde van de minste naar de meeste zichteffecten van varianten met 1,5 MW windturbines is 380-390-370-360, een vergelijkbare volgorde als bij de vormvarianten met 1 MW. De rechthoek geeft door de gedraaide ligging minder effecten dan het vierkant (variant 360). De rechthoek waarvan de lange zijde het verste van de kust ligt, heeft de minste zichteffecten (variant 380).

De conclusie is dat een windpark met hogere windturbines bij eenzelfde omvang en ligging leidt tot hogere zichteffecten dan een windpark met lagere windturbines. Deze verschillen nemen af naarmate de afstand tussen de waarnemers (de kust) en het windpark groter wordt.

9.5 Conclusies van de effectvoorspelling

Algemeen

In de vorige paragrafen zijn de zichteffecten berekend en uitgedrukt in aantal waarnemers per dag, gemiddeld over een jaar. De absolute uitkomsten van de rekenmethode dienen met de nodige voorzichtigheid te worden gehanteerd. Zij gelden op grond van de gegevens die zijn gebruikt en de aannamen die zijn gedaan voor het bepalen van de zichtbaarheid en de aantallen en spreiding van de waarnemers in het studiegebied. Voor de gebruikte rekenmethode, gegevens en aannamen wordt verwezen naar bijlage I.1. De uitkomsten zijn vooral gehanteerd voor een relatieve vergelijking tussen de alternatieven en varianten. Om deze vergelijking te vergemakkelijken zijn de resultaten van de berekening van de zichteffecten geïndexeerd.

Om conclusies te kunnen trekken en aanbevelingen te geven over de beste locatie en inrichting van een NSW, is het nodig om een standpunt in te nemen over de waardering van zichteffecten. Er wordt vanuit gegaan dat die alternatieven en varianten de voorkeur verdienen, die de minste zichteffecten geven. Een windpark zal een visuele verstoring teweeg brengen op de ervaring van leegte, ruimte, ongereptheid en natuurlijkheid van de zee. Een dergelijke verstoring zal naar verwachting groter zijn naarmate een windpark dominanter is in het zichtveld, dicht bij de kust ligt en naarmate meer mensen een windpark kunnen zien. Er is weinig onderzoek uitgevoerd specifiek gericht op de beleving van windturbines op zee, dat deze verwachting kan onderbouwen. In een recent belevingsonderzoek (Haalbaarheidsstudie, 1997) komt naar voren dat respondenten die een visualisatie hebben gezien van een windpark op 3 tot 5 kilometer uit de kust negatiever reageerden dan diegenen die een visualisatie hebben gezien van een windpark op een afstand van 10 kilometer. Op grond van dat onderzoek kan worden geconcludeerd dat naarmate het windpark minder zichtbaar is de beleving positiever is.

Niet iedereen zal een windpark in de Noordzee als negatief waarderen. De waardering zal in werkelijkheid naar verwachting veel genuanceerder zijn. Het technisch vermogen om windturbines in zee te

bouwen kan bewondering wekken, temeer omdat hiermee duurzame energie wordt gewonnen. Bovendien kan een windpark bijdragen aan de (visuele) structurering van andere activiteiten in de Noordzee (bijvoorbeeld markering van vaarwegen). Er dient een afstemming te zijn met bijvoorbeeld de scheepvaart en de visserij. Van belang is ook de situering van een windpark in samenhang te zien met de andere objecten zoals boorinstallaties voor de exploratie en winning van gas, en met de eventuele aanleg van een luchthaven voor de kust van IJmuiden.

Zichteffecten van de locaties

De belangrijkste bepalende factor voor de zichteffecten van het windpark is het aantal (potentiële) waarnemers. Om de zichteffecten van de locaties te kunnen vergelijken is het NSW (dat wil zeggen: de basisvariant) geplaatst in het midden van de oostelijke begrenzing van de zes locaties. De zichteffecten zijn dan (van minste naar meeste effecten) als volgt:

- IJmuiden-West (12.200);
- Egmond (17.700)
- IJmuiden-Oost (18.500);
- Zandvoort-West (19.100);
- Zandvoort-Oost (30.000);
- Katwijk (45.000).

Tussen haakjes is het totale aantal waarnemers gegeven, dat per dag, gemiddeld over een jaar, het windpark kan zien. Geïndexeerd gaat het om een verschil van 27 (IJmuiden-West) tot 100 (Katwijk).

De voorkeur wordt gegeven aan een windpark op de locatie IJmuiden-West. Op deze locatie is de afstand tot de waarnemers relatief hoog en het aantal waarnemers is er minder dan bij de andere locaties.

De zichteffecten nemen toe van west naar oost, dus naarmate de afstand van een NSW tot de kust kleiner wordt. De effecten nemen ook toe van noord naar zuid, in relatie tot de toename van het aantal waarnemers van noord naar zuid in het studiegebied. De ligging van de steden en drukste stranden speelt een belangrijke rol bij de voorkeursbepaling van een locatie.

De verschillen tussen Egmond, IJmuiden-Oost en Zandvoort-West zijn niet groot. Een goed gesitueerd NSW in IJmuiden-Oost heeft minder zichteffecten dan een slecht gesitueerd NSW in Egmond. Goed gesitueerd wil zeggen dat het windpark zover mogelijk van de kust wordt geplaatst, op de westgrens of achterlijn van een locatie. Slecht gesitueerd is dan de situering op de oostgrens, het dichtst bij de kust. Ook andere belevingsfactoren zullen een belangrijke rol spelen bij het bepalen van de landschappelijk context.

Van de drie locaties gaat ondanks de geringe verschillen de voorkeur uit naar Zandvoort-West. Doorslaggevend voor de voorkeursbepaling is dat op Zandvoort-West de afstand tot de kust groter is en daardoor het perspectivische beeld (horizontale en verticale zichthoek) geringer is. De grotere afstand tot de kust leidt tot een geringere horizontale en verticale zichthoek van de waarnemers tot het windpark in Zandvoort-West. Een windpark in Zandvoort-West is daardoor in het zichtveld veel kleiner dan een windpark in IJmuiden-Oost en Egmond.

Zichteffecten per seizoen

De zichteffecten variëren gedurende een jaar. Verreweg de meeste zichteffecten komen voor in het zomerseizoen (juli tot en met september). Twee factoren versterken elkaar dan: de grootste recreatiedruk en het grootste aantal zichten.

Voor Zandvoort-Oost is een grove berekening gemaakt van het aantal mensen dat gemiddeld per dag in het zomerseizoen het NSW op 8 kilometer afstand kan zien. Deze berekening kwam uit op 53.500 personen. Het gemiddeld aantal zichten dat een windpark op 8 kilometer kan worden gezien, bedraagt in deze periode maximaal 12,6 uur per dag. Het maximum aantal zichten zou volgens dit

rekenvoorbeeld dan in de zomermaanden 674.100 gemiddeld per dag bedragen. Over het gehele jaar is dat berekend op 282.000 zichten gemiddeld per dag.

Zichteffecten van inrichtingsvarianten

Binnen eenzelfde locatie, namelijk Zandvoort-Oost, zijn de zichteffecten bepaald van verschillende inrichtingsvarianten. Eerst is nagegaan welke verschillen optreden tussen een situering van een NSW op de oostgrens (voorlijn) ten opzichte van de situering op de westelijke grens (de achterlijn) van het locatie. Daaruit blijkt dat een goede keuze van de positie binnen een locatie kan bijdragen tot een duidelijke vermindering van de zichteffecten. De basisvariant op de voorlijn gaf een zichteffect van 100 (referentiewaarde), op de achterlijn een zichteffect van 82. Een positie c.q. locatie zover mogelijk van de kust heeft de voorkeur.

Bij de inrichtingsvarianten zijn de zichteffecten van een vierkant (= basisvariant), verschillende rechte hoeken en een ruitvormige variant bepaald in Zandvoort-Oost. Er blijkt dat niet zozeer de vorm van het NSW van belang is, als wel de positionering binnen een zoekgebied en de oriëntatie ten opzichte van de kust, of beter de gebieden waar de meeste mensen voorkomen (vooral steden en stranden).

De zichteffecten van een verschillende positionering van eenzelfde rechthoek binnen Zandvoort-Oost zijn eveneens berekend. Daaruit blijkt dat de grootste effecten zijn te verwachten wanneer de lange zijde van de rechthoek parallel ligt aan de kust en op de voorlijn van het locatie. Met het oog op de zichteffecten is het beter om de korte zijde parallel aan de kust te situeren. Vergelijking van de oriëntatie van een rechthoek in noordwest-zuidoost richting met een noordoost-zuidwest richting leidt tot de conclusie dat het de voorkeur verdient om de korte zijde van de rechthoek naar die richting te oriënteren waar de meeste inwoners en recreanten aanwezig zijn. In het geval van de situering in Zandvoort-Oost heeft een noordwest-zuidoost richting de voorkeur. Vanuit de gebieden waar de meeste mensen aanwezig zijn, dient de horizontale zichthoek tussen waarnemer en NSW zo klein mogelijk te zijn.

Zichteffecten van windturbines met verschillende hoogten

De zichteffecten zijn berekend van inrichtingsvarianten met turbines met een hoogte van 95 meter. De uitkomsten zijn vergeleken met de basisvariant met turbines, die 75 meter hoog zijn. Er is daarbij een lineair verband verondersteld tussen de zichteffecten en de hoogte.

De inrichtingsvarianten met hoge windturbines geven meer zichteffecten dan die met lage windturbines. De varianten met hoge turbines zijn omvangrijker (in lengte, breedte en hoogte) dan de vergelijkbare varianten met lage turbines. Dit werkt door in de grootte van het beeld, en in de mate van zichtbaarheid in gebieden waar turbines soms wel en soms niet zichtbaar zijn (delen van de duinen). De inrichtingsvarianten met de lagere turbines hebben de voorkeur boven de varianten met de hogere turbines.

Verschillen in hoogte spelen vooral een rol wanneer de windturbines relatief dicht bij de kust worden geplaatst. De invloed van verschil in hoogte neemt af wanneer de afstand tot de kust toeneemt.

9.6 Mitigerende maatregelen

Om de zichteffecten van het NSW te beperken zijn, gegeven de resultaten van het onderzoek naar de zichteffecten, de volgende mitigerende maatregelen te treffen:

Ver uit de kust, klein park, lage turbines

Mitigerende maatregelen betreffen in de eerste plaats het zoeken naar mogelijkheden om een windpark zo ver mogelijk uit de kust te situeren, en om de omvang van het windpark en de hoogte van de windturbines te beperken.

Er zou bijvoorbeeld gezocht kunnen worden naar mogelijkheden om de windturbines dichterbij elkaar te plaatsen, zodat bij eenzelfde omvang van het park de oppervlakte kleiner wordt en daarmee de horizontale zichthoek tussen de waarnemers en het windpark geringer wordt.

Uitzetten van de turbines op piekdagen van het strandbezoek

De beweging van de rotorbladen trekt sterk de aandacht van mensen. Overwogen kan worden de beweging te beperken, bijvoorbeeld door de windturbines op de piekdagen van het strandbezoek stil te zetten.

Een dergelijke maatregel zal naar verwachting echter niet het gewenste effect hebben. In de praktijk is gebleken dat de waardering van draaiende turbines hoger is dan van stilstaande². Bovendien zullen de piekdagen van het strandbezoek vallen op zaterdag of zondag met mooi zonnig weer. De windsterkte is bij dergelijk zonnig zomerweer meestal gering, waardoor de turbines niet zullen draaien.

Turbines in een onopvallende kleur verven

In de studie naar de zichteffecten heeft de kleur van de windturbines geen rol gespeeld. Verwacht wordt dat deze factor bij een afstand van 8 tot 20 kilometer van de kust tot de turbines een ondergeschikte rol speelt in de zichtbaarheid en in de beleving. In het algemeen heeft die kleur de voorkeur, waarbij het contrast met de achtergrond het geringste is. Voor de Noordzee gaat het dan vooral om lichtgrijze kleuren.

Inrichting

De zichteffecten worden bepaald door de oriëntatie van het park in relatie tot de ligging en dichtheid van de waarnemers. Bij een rechthoekige inrichtingsvariant moet het park daarom met de kortste zijde zijn gericht naar het gebied met de hoogste dichtheid waarnemers.

De belangrijkste mitigerende maatregelen voor de landschappelijke effecten zijn samengevat in tabel 9.24.

criterium	Maatregel
Landschap (zichtbaarheid)	Park zo ver mogelijk uit de kust plaatsen
	Afstanden tussen turbines / oppervlakte van het park beperken
	Lage turbines gebruiken
	Park opstellen met klein front naar de kust
	Turbines in onopvallende kleur verven

Tabel 9.24 Samenvattend overzicht van de belangrijkste mitigerende maatregelen voor het bepalen van effecten op het milieu-aspect 'Landschap'.

9.7 Leemten in kennis en leerdoelen

De waardering van de kustzone is vooral gebaseerd op de ervaring van rust en ruimte, ongereptheid en natuurlijkheid, en van een verre lege horizon. Een windpark zal hier een inbreuk op maken. De verwachting bestaat dat een belangrijk deel van respondenten in een mogelijk belevingsonderzoek dat negatief beoordelen. Er is in directe relatie tot het onderzoek in het kader van dit MER naar zichteffecten geen belevingsonderzoek uitgevoerd naar de betekenis van het landschap van de kustzone en naar de waardering van de plaatsing van windturbines op de Noordzee. In het kader van de Haalbaarheidsstudie is echter wel een kort belevingsonderzoek uitgevoerd (HASKONING, 1997). De resultaten uit de Haalbaarheidsstudie spreken de resultaten van dit onderzoek naar de zichteffecten niet tegen. Daarnaast is in het kader van de Haalbaarheidsstudie een kwalitatieve verkenning verricht door Intomart verricht. Resultaten van deze verkenning zouden vergeleken moeten worden met de resultaten van de studie naar de zichteffecten.

Validatie van uitgangspunten en resultaten

Het onderzoek naar de zichteffecten berust op een aantal uitgangspunten. Zo gaat het onderzoek er, bij gebrek aan betere gegevens, van uit dat de afstand van het park tot de kust, de zichtbaarheid van

² Zie bijvoorbeeld: 'Foar de wyn', Gedeputeerde Staten Fryslân, 1998.

het park en het aantal waarnemers de bepalende factoren zijn voor de omvang van de zichteffecten. Tevens zijn in het onderzoek verschillende verbanden verondersteld tussen de verschillende factoren, bijvoorbeeld tussen de hoogte van de turbines en de zichteffecten. De resultaten van de berekeningen op basis van deze uitgangspunten zijn niet getoetst in de praktijk.

In een evaluatie- en monitoringprogramma zou een dergelijke toetsing van uitgangspunten en resultaten een plaats kunnen krijgen. In een dergelijk programma zou op verschillende tijdstippen moeten worden nagegaan hoe waarnemers (inwoners, dag- en verblijfsrecreanten) de oorspronkelijke situatie zonder windturbines en de situatie met het NSW waarderen en welke factoren in welke mate een rol spelen bij deze waardering. Ook kan daarbij worden nagegaan in hoeverre de waardering van beeldsimulaties overeenstemmen met de waardering van de werkelijkheid.

Invloed van de zichthoek van waarnemers op de resultaten

In de studie is indirect rekening gehouden met verschillen in de zichthoek tussen de waarnemers en de verschillende alternatieven en varianten van het windpark. Het verdient aanbeveling om op een directe wijze de horizontale en verticale zichthoek tussen waarnemers en een windpark te bepalen. Een dergelijke bepaling zou de uitkomsten van studie naar de zichteffecten kunnen ondersteunen.

Invloed van kimduiking en waarneming vanaf water

De zichteffecten zijn berekend voor een near shore windpark. Omdat in de studie duidelijk naar voren komt dat de effecten afnemen naarmate de afstand toeneemt, mag worden verwacht dat de zichteffecten aanzienlijk geringer zijn voor offshore parken. In dat geval zou mogelijk meer aandacht moeten worden besteed aan de waarneming en beleving vanaf water en aan de kimduiking van windturbines.

Samenvattend kunnen, aansluitend bij de bovenstaande leemten in kennis, voor het aspect 'Landschap' de volgende onderzoeksvragen worden geformuleerd (zie ook tabel 9.25):

- a. Het bepalen van de factoren en van de belangrijkheid van factoren die de waardering van een windpark bepalen.
- b. Het nagaan van overeenkomsten en verschillen tussen de waarneming en waardering van beeldsimulaties en de situatie van een windpark op de Noordzee in werkelijkheid.
- c. Het bepalen en toetsen van de zichtbaarheidsgrens en van de zichtbaarheid van windturbines bij verschillende afstanden en onder verschillende waarnemingscondities (meteorologisch zicht, hoge versus lage waarnemingspositie).
- d. Het waarderen van de visuele effecten van het windpark op verschillende afstanden en onder verschillende waarnemingshoeken van het windpark.

Deze inzichten kunnen bijdragen aan beslissingen over de locatie, de omvang, en de inrichting van een (near shore) windpark en over de hoogte en kleurstelling van de windturbines.

Relevantie van leemten in kennis voor offshore windparken: de leerdoelen

Bij het formuleren van de leerdoelen voor het NSW staat de vraag centraal in hoeverre de inzichten en ervaringen met het NSW zijn te gebruiken bij het ontwikkelen van offshore windparken. Bij het beantwoorden van deze vraag is het van belang te onderstrepen dat in dit MER de locatiekeuze voor het NSW centraal staat.

De invulling van de leemten in kennis zal, voor het aspect 'Landschap', slechts een beperkte relevantie hebben voor de ontwikkeling van windparken verder op zee. Immers, offshore windparken worden (aanzienlijk) verder uit de kust gepland dan het NSW. Met een toename van de afstand zal de zichtbaarheid van het park verder afnemen en zal ook de kimduiking een belangrijkere rol gaan spelen.

Criterium	Leemte in kennis / leerdoelen	Relevantie
Landschap (zichtbaarheid)	Inzicht in factoren die waardering windpark bepalen (a)	Vooraf effecten
	Inzicht in verschillen simulaties en werkelijkheid (b)	Vooraf effecten
	Inzicht in de zichtbaarheid (c)	Vooraf effecten
	Inzicht in invloed afstand / zichthoek op waardering (d)	Vooraf effecten

Tabel 9.25 Samenvattend overzicht van de belangrijkste leemten in kennis en de relevantie van deze leemten voor leerdoelen danwel milieu-effecten van het NSW voor het milieu-aspect 'Landschap'.

9.8 Leerdoelen versus milieu-effecten

Duidelijk is geworden dat de leemten in kennis over de landschappelijke effecten van een NSW slechts beperkte relevantie hebben voor een offshore windpark. Er zal voor dit aspect dan ook nauwelijks sprake zijn van een spanningsveld tussen de eisen die vanuit de leerdoelen danwel vanuit van het milieu aan (de locatie van) het windpark worden gesteld. Het is echter niet uitgesloten dat offshore parken op een zodanige afstand van de kust worden gebouwd, dat ze weliswaar verder uit de kust staan dan het NSW, maar nog wel zichtbaar zijn. De eisen vanuit beide invalshoeken worden daarom toch naast elkaar gezet.

De omvang, vorm en oriëntatie van het park en de hoogte van de turbines

Om de zichteffecten van het NSW te beperken is het wenselijk dat het park zo min mogelijk zichtbaar is. Om inzicht te krijgen in de waardering van het publiek voor het park, is het daarentegen van belang dat het park goed zichtbaar is. Uit dat oogpunt heeft een park de voorkeur met een zo groot mogelijk front naar de kust toe: een park met hoge turbines, die ver uit elkaar staan, in een configuratie die parallel loopt aan de kust (zoals bijvoorbeeld een rechthoek met de lange zijde evenwijdig aan de kust). Een goede zichtbaarheid is bovendien van belang om een vergelijking te kunnen maken tussen de wijze waarop de beeldsimulaties van het park en het park in werkelijkheid worden gewaardeerd. De wenselijke omvang van het park wordt om deze redenen geschat op enkele tientallen turbines.

Termijn

Om de zichteffecten te beperken dient de periode dat het park in bedrijf is, zo kort mogelijk te zijn. Echter, om na te kunnen gaan of de waardering van het park toeneemt met de mate van gewinning, is het van belang dat het park een aantal jaren blijft staan: ordegrrootte 5 jaar lijkt in dit geval voldoende.

Fasering en afstand tot de kust

De aanleg van het park brengt extra onrust teweeg in het landschap van de Noordzee. Om de milieu-effecten te beperken zou het daarom gewenst zijn het park in een keer aan te leggen en zo ver mogelijk uit de kust. Voor de leerdoelen heeft het de voorkeur het park gefaseerd aan te leggen en op verschillende afstanden van de kust te bouwen. Op die manier kunnen de veronderstelde zichtbaarheidsgrenzen worden gevalideerd, evenals de aannamen over de zichtbaarheid van het NSW op verschillende afstanden en posities van de waarnemers.

Parkkenmerken	Bezien vanuit leerdoelen	Bezien vanuit milieu-effecten NSW
Kenmerken van het park		
Locatie	Zo ver mogelijk op zee	IJmuiden-West
Omvang	Goed zichtbaar	Zo klein mogelijk
Gebruikstermijn	Circa 5 jaar	Zo kort mogelijk
Vorm en oriëntatie	Verschillende vormen	Klein front naar de kust
Clusters	Ja	Nee
Kenmerken van de turbines		
Vermogen turbines	Hoge turbines, ver van elkaar	Lage turbines dicht bij elkaar
Rotordiameter		
Turbinehoogte		

Tabel 9.26 Eisen aan het park vanuit enerzijds leerdoelen en anderzijds het beperken van de landschappelijke effecten.

10. KUST EN ZEE

10.1 Algemeen

Bij dit aspect richt de aandacht zich op mogelijke veranderingen in morfologische en hydrodynamische processen die het windpark kan veroorzaken. Het gaat vooral om veranderingen in de zeebodem of het zeewater, maar ook veranderingen van/op het strand worden in beschouwing genomen. In dit onderzoek naar zulke veranderingen is, gegeven de aard en omvang van de ingrepen, alleen het bovenste deel van de zeebodem, tot een diepte van ongeveer tien meter in beschouwing genomen.

Het onderzoek bouwt voort op de resultaten van de Haalbaarheidsstudie (HASKONING, 1997). In het kader van die studie is onderzoek gedaan naar de meerjarige ontwikkeling van kustprofielen op ondermeer de locatie IJmuiden (zie kader 10.1).

“Voor de keuze van een locatie voor een windmolenpark in zee is inzicht nodig in de morfologische veranderingen van de zeebodem op lange termijn. Dit inzicht is vooral van belang om de uitvoering van de fundering van de windmolens te kunnen bepalen en voor de diepte en het tracé van de elektriciteitskabel naar land. Een windmolenpark op een locatie met een stabiele morfologie vergt minder technische inspanningen. Met bestaande inzichten en kennis van het Nederlandse kuststelsel is de vraag beantwoord welke locatie en welke richting vanuit kustmorfologisch oogpunt de beste kansen bieden voor een NSW.

Belangrijke onderwerpen

- Dynamiek en fluctuaties van de zeebodem

Bij de aanleg van het NSW en de elektriciteitskabel moet rekening worden gehouden met de (natuurlijke) dynamiek en fluctuaties van de zeebodem. Hoe extremer deze dynamiek en fluctuaties, hoe groter de inspanningen om het windmolenpark en de kabel te kunnen aanleggen. Concreet staan in dit kader twee vragen centraal:

- a. Op welke diepte moeten de aanlandingskabels worden gelegd om te voorkomen dat ze op een termijn van 50 jaar bloot komen te liggen als gevolg van de natuurlijke morfodynamiek van de zeebodem?

Deze vraag is van belang om te voorkomen dat de kabel bloot komt te liggen en wordt beschadigd, bijvoorbeeld door scheepvaart en visserij.

- b. Welke natuurlijke fluctuaties in de bodemligging zijn te verwachten op een termijn van 50 jaar in het gebied van het windmolenpark?

Deze vraag is van belang om de stabiliteit van de fundering van de windmolens op lange termijn te kunnen inschatten.

- Extreme veranderingen in de zeebodem

De dynamiek en de fluctuaties in de ligging en stabiliteit van de zeebodem geeft inzicht in de extreme veranderingen van de zeebodem. Deze extreme veranderingen zijn concreet afgeleid uit de veranderingen in de zeebodem op lange en op korte termijn.

De lange termijn veranderingen hebben betrekking op veranderingen in de bodem van afgelopen tien tot honderd jaar. Een analyse van de historische grootschalige morfologische ontwikkelingen en voorspellingen van de morfologische trend door toekomstige veranderingen in de hydrodynamica geven inzicht in de lange termijn veranderingen.

Een analyse van historische peilkaarten geeft inzicht in de korte termijn veranderingen. De korte termijn beperkt zich tot een periode van tien jaar.

De extreme bodemliggingen zijn vervolgens berekend op basis van de gemiddelde diepteligging van de zeebodem en de geconstateerde standaard afwijkingen van deze gemiddelden. Onderstaand kader geeft inzicht in de berekeningswijze.

In de berekeningen zijn de variaties in diepte beschouwd als een stochastisch proces. Aangenomen is dat de normale verdeling geldt voor de waarschijnlijkheid-verdelingsfunctie van de diepten. Vervolgens zijn berekeningen gemaakt voor een herhalingsjijd van 50 jaar. De gemiddelde diepteligging inclusief de bijbehorende standaardafwijking van de bodem zijn bepaald op basis van de beschikbare historische kaarten. De gemiddelde diepte wordt daarna gecorrigeerd voor de te verwachten toekomstige lange termijn morfologische ontwikkelingen. Deze correctie is alleen uitgevoerd op de gemiddelde diepten. Er is nog onvoldoende kennis om ook de standaardafwijking te corrigeren.

De voorspellingen voor de toekomstige ontwikkelingen van de zeebodem zijn zowel gebaseerd op de analyse van de lange termijn (grootschalige) historische bodemgegevens als op de voorspelling van de toekomstige morfologische tendens als gevolg van grootschalige veranderingen in de hydrodynamische verschijnselen, zoals bijvoorbeeld zeespiegel, een verandering van het klimaat, of een toename van getij-amplitude.

Resultaten

- IJmuiden

De locatie IJmuiden bevindt zich ten noorden van de IJ-geul. De morfologie vlakbij de kust wordt beïnvloed door voortdurende verplaatsingen van brandingsruggen. Hier moet rekening worden gehouden met lokale bodemveranderingen van -4,0 tot +2,0 meter. Verder wordt de morfologie in dit gebied beïnvloed door de aanwezigheid van zandbanken. De zandbanken kunnen grote bodemveranderingen veroorzaken. Dit vloeit voort uit het feit dat de zandbanken zich verplaatsen."

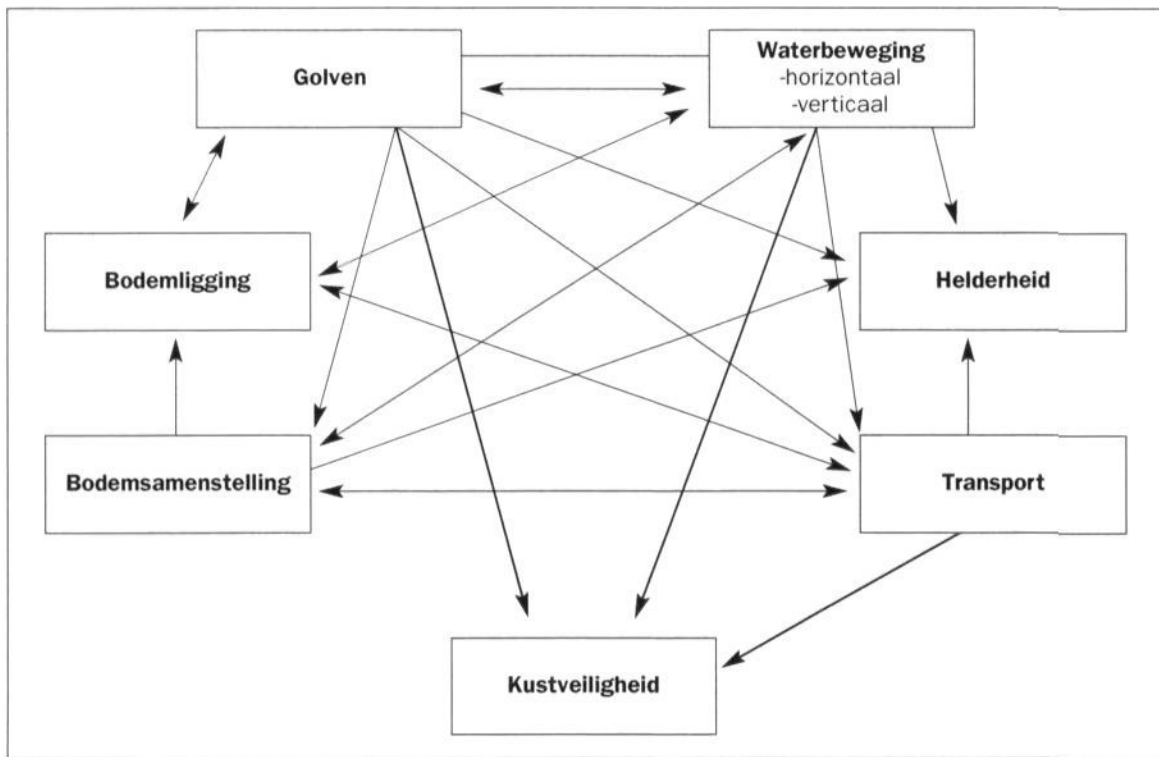
Op basis van de meerjarige ontwikkeling van de kustprofielen is de begraafdiepte van de kabel geschat. Die begraafdiepte is zodanig dat de kabel getrenched kan worden. De aanlanding zelf wordt uitgevoerd door middel van een geboorde duinkruising waardoor er voor water betreft de criteria kust en zee geen onderscheidende effecten zijn.

Kader 10.1 Hoofdpijnen van het morfologisch onderzoek uit de Haalbaarheidsstudie.
Bron: HASKONING, 1997

De morfologie van de Hollandse kust, die grofweg ligt tussen Hoek van Holland en Den Helder en waar de locaties voor het NSW dus in liggen, is minder ingewikkeld dan de Waddenkust en de Deltakust. Vooral door het ontbreken van zeegaten en zeearmen speelt het getij in de morfologische processen een minder belangrijke rol dan golven. Alleen bij Den Helder is, als gevolg van een ingang naar de Waddenzee, de invloed van het getij op de morfologie significant.

Voor de voorspelling van de effecten van het windpark op het aspect 'Kust en zee' zijn zeven criteria onderscheiden. Deze criteria hebben alleen of in samenspel met elkaar invloed op de Hollandse kust. De onderlinge relaties tussen de criteria zijn weergegeven in figuur 10.2. De criteria zijn:

- Golven
- Waterbeweging (waterstand en stroming)
- Waterdiepte en bodemvormen
- Sedimentsamenstelling
- Troebelheid
- Sedimenttransport
- Kustveiligheid



Figuur 10.2 De onderlinge samenhang van de zeven criteria voor het aspect 'Kust en zee'.

Golven

Bepalende factoren voor golven zijn de duur van de wind, de strijklengte (dit is de lengte van de open zee waarover de wind waait en een golf kan groeien) en de waterdiepte. Golven spelen een grote rol in de morfologische processen door hun invloed op het zandtransport. Daarbij geldt: hoe ondieper het water, hoe groter de invloed van de golven op het zandtransport. Pas vanaf een bepaalde waterdiepte kunnen golven het zand van de bodem in beweging brengen. De mate van opwoeling is vooral afhankelijk van de eigenschappen van het bodemmateriaal en de grootte van de wrijvingskrachten op het bodemoppervlak. De opwoeling door golven maakt het mogelijk dat bodemmateriaal kan worden getransporteerd door stromingen die zelf niet sterk genoeg zijn om het zand van de bodem los te maken.

Waterbeweging

De waterbeweging wordt bepaald door een samenspel van getij, wind en de wateraanvoer via de rivieren. De getijbeweging is te onderscheiden in een verticaal getij (periodieke beweging van de waterstand) en een horizontaal getij (getijgedreven stroming).

Wind veroorzaakt waterstandsverhogingen, golven en stromingen. Wind is als zodanig indirect de oorzaak van vele morfologische veranderingen die in het kustgebied plaatsvinden. De windopzet en de golf- en stromingskarakteristieken hangen nauw samen met het windklimaat (windrichting en windsnelheid). Het windklimaat kan veranderen als gevolg van veranderingen in de klimatologische en meteorologische omstandigheden.

Waterdiepte en bodemvormen

De waterdiepte speelt vanzelfsprekend een grote rol. Daarnaast komt in de Noordzee een aantal bodemvormen voor, zoals geulen, (mega)ribbels, zandgolven en banken. Deze bodemvormen hebben grote invloed op bijvoorbeeld het sedimenttransport, de kustveiligheid en de stabiliteit van kabels en leidingen die op de bodem van de Noordzee liggen.

Bodemsamenstelling

De sedimentsamenstelling van de bodem, speelt een belangrijke rol bij het optreden van verschillende processen. Zo hebben de sedimentkarakteristieken grote invloed op het sedimenttransport en het optreden van ontgrondingskuilen. Tevens is de bodemsamenstelling van belang voor de funderingen van de turbines en het begraven van de kabels.

Troebelheid

De troebelheid of de helderheid van het water wordt bepaald door de aanvoer van slib uit rivieren, dumping van baggerspecie op zee en opwerveling. Tijdens stormen kan onder invloed van de waterbeweging sediment opnieuw opwervelen (resuspensie). In de winterperiode is het gehalte zwevend stof over het algemeen hoger dan in de zomer, ondermeer door de grotere werking van golven.

Sedimenttransport

In algemene zin treden sedimenttransporten op als gevolg van de gezamenlijke werking van golven, stromingen en wind. Golven woelen het sediment van de bodem op waarna het door stromingen kan worden getransporteerd. Of sprake is van sedimenttransport is voornamelijk afhankelijk van de beweging van het water en de bodemsamenstelling. In het algemeen kan het sedimenttransport worden opgedeeld in drie fasen, te weten het opwoelen van bodemmateriaal, de horizontale verplaatsing door het water en de resedimentatie (opnieuw sedimenteren).

Kustveiligheid

De kustveiligheid heeft hoofdzakelijk te maken met de veiligheid tegen overstroming. Dit hangt enerzijds af van de (hydrodynamische) belasting en anderzijds van de sterkte van de zeewering. Deze hangt bij de zachte delen van de zeewering (het strand en de duinen) in hoge mate af van de hoeveelheid zand die aanwezig is. Deze hoeveelheid zand fluctueert in ruimte en tijd en is afhankelijk van het gevoerde kustbeleid (thans: kustlijnhandhaving door middel van zandsuppleties). De natuurlijke veranderingen in de hoeveelheden zand in een bepaald kustvak, hangt af van met name de golven en het getij (waterstanden en watersnelheden). Het criterium 'kustveiligheid' wordt dus beïnvloed door de andere criteria (zie figuur 10.2).

10.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

Algemeen

In het algemeen kan worden gesteld dat, gezien vanuit morfologische en hydrodynamische processen, op de Noordzee sprake is van een dynamisch evenwicht, waarin de variatie zeer groot is. De morfologie van de Hollandse kust wordt mede beïnvloed door grootschalige, menselijke ingrepen. Zo hebben de aanleg van bijvoorbeeld de Maasvlakte en de Deltawerken en de aanleg en de verlenging van de havenhoofden bij IJmuiden duidelijk invloed. De invloed van het getij op de morfologische veranderingen is het grootst in diep water en neemt naar de kust toe af. De invloed van golven neemt juist in de richting van de kust toe. Voor een historisch overzicht van de kustlijnontwikkeling bij IJmuiden en Hoek van Holland wordt verwezen naar de Haalbaarheidsstudie uit 1997. Tevens is in die studie een lange termijn voorspelling gedaan van de bodemligging (zie ook kader 10.1).

Golven

De golfhoogte in de Noordzee varieert sterk. De hoogste golven komen uit het noordwesten (Korevaar, 1990). Deze golven hebben de grootste strijklengte. Voor het noordelijke deel van de Noordzee wordt een gemiddelde golfhoogte (de golfhoogte die door 50 procent van de golven wordt overschreden) gemeten tussen de 1 en 2 meter. Voor het zuidelijke deel van de Noordzee ligt de gemiddelde golfhoogte tussen de 0,5 en 1 meter.

Waterbeweging

Het verticale getij voor de Hollandse kust varieert van 1,5 meter tijdens doortij tot 2,0 meter tijdens springtij en het is groter bij Hoek van Holland dan bij Den Helder. De maximale (dieptegemiddelde)

getijstrooming varieert van 0,3 m/s tijdens doodtij tot 0,7 m/s tijdens springtij. Langs de kust is sprake van een netto reststroom in noordelijke richting. Deze reststroom zorgt ervoor dat rivierwater vanuit het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg langs de kust, onder andere naar de Waddenzee, wordt getransporteerd.

Waterdiepte en bodemvormen

De bodemligging van de Hollandse kust is continu aan verandering onderhevig. Deze verandering wordt veroorzaakt door het optreden van gradiënten in het zandtransport. Langs het grootste gedeelte van de Hollandse kust komen brandingsruggen (of brekerbanken) voor. Deze brandingsruggen zijn voortdurend in beweging, waarbij met name tijdens stormperiodes grote verplaatsingen optreden. De Hollandse kust kan worden opgedeeld in de 'zeebodem' (de zone zeewaarts van NAP - 20 meter), de vooroever (de zone tussen de zeebodem en de actieve zone), de actieve zone (de zone tussen NAP -8 meter tot NAP + 3 meter) en de toegangsgewen tot de havens van IJmuiden en Rotterdam. De 'zeebodem' is tamelijk stabiel, met een gemiddelde diepte van circa 20 meter NAP, waarop zandgolven en banken zijn gevormd. De vooroever en de actieve zone vertonen daarentegen een grote dynamiek. De breedte van de vooroever varieert sterk. Nabij Hoek van Holland bedraagt deze 8 kilometer en bij Zandvoort slechts 2 kilometer. Ook de helling van de vooroever verschilt. Binnen de actieve zone treedt het grootste sedimenttransport op en zijn de golfgedreven transporten het belangrijkste.

Voor de Noordzee geldt dat vanaf het strand de waterdiepte over een afstand van 5 tot 10 kilometer langzaam toeneemt tot 15 tot 20 meter. De 'zeebodem' wordt daar onder andere gekenmerkt door zandgolven van 1 tot 4 meter hoogte en 60 tot 600 meter lengte. De zandgolven dempen uit naarmate deze dichterbij de kust komen. Het front van de zandgolven voor de Hollandse kust loopt ongeveer van noord naar zuid. De dynamiek van zandgolven is groot met een gemiddelde verplaatsingssnelheid van circa 1 tot 5 meter per jaar. In het noordelijke deel voor de Hollandse kust liggen banken. Deze banken verplaatsen zich langzamer dan zandgolven, het hoogte verschil is groter.

Bij Katwijk mondt in een ver verleden de Rijn uit in de Noordzee. Deze monding is echter reeds in de Romeinse tijd afgesloten, waardoor de onderwaterdelta inmiddels is verdwenen. De samenstelling van de diepere zeebodem (dieper dan ordegruote 2 tot 4 meter) is onbekend en zou resten van de delta kunnen bevatten.

Sedimentsamenstelling

De zeebodem ter plekke van de zes locaties bestaat voornamelijk uit zand. De korrelgrootte verdeling van de sedimenten vertoont een zekere samenhang met de waterdiepte en de stroomsnelheid. De gemiddelde korreldiameter (D50) varieert tussen 125 µm en 500 µm (Wijnberg, 1995).

Troebelheid

De troebelheid neemt zeewaarts af van 30 - 50 mg/l op 5 kilometer, 10 mg/l op 10 kilometer en 5 mg/l op 20 kilometer afstand van de kust. Op zee is het gehalte in de zomer circa 2 mg/l en jaargemiddeld 5 tot 10 mg/l (RIKZ, 1997). Tijdens stormen treden hoge concentraties op in het zwevende stofgehalte, die kunnen oplopen tot 1000 mg/l (De Jong, 1998). Het slibgehalte van het bodemmateriaal is binnen de 0 tot 10 meter dieptelijn hoger dan verder uit de kust. Slibgehalten tussen de 3 en 20 procent komen voor in een circa 10 kilometer brede strook direct grenzend aan de kust (Rijkswaterstaat, 1995).

Sedimenttransport

De verandering van de Hollandse kustlijn wordt hoofdzakelijk bepaald door het sedimenttransport langs de kust. In de actieve zone, dit is de zone tot een waterdiepte van circa 7 meter, treedt het grootste transport op. In deze zone zijn de golf-gedreven transporten dominant. Het netto transport in noordelijke richting bedraagt in de actieve zone langs de Hollandse kust circa 100.000 tot 500.000 m³ per jaar (Van Rijn, 1995). De havenmonden van Rotterdam, Scheveningen en IJmuiden verstoren het langstransport met als gevolg een afwisselend patroon van erosie en aangroei langs de kust.

Kustveiligheid

Met het huidige beleid van "dynamisch handhaven van de basiskustlijn" wordt waar mogelijk ruimte gegeven aan de natuurlijke processen. De zee krijgt binnen zekere grenzen enige speelruimte. Alleen daar waar structureel land verloren dreigt te gaan, wordt ingegrepen. Bij aantasting van de basiskustlijn (ligging van de kustlijn op 1 januari 1990) worden maatregelen genomen. In de praktijk betekent dit dat er dan een zandsuppletie wordt uitgevoerd. Daarmee wordt tegelijkertijd voorkomen dat de veiligheid van de waterkering in het geding komt.

Autonome ontwikkeling

Bij een autonome ontwikkeling doen zich voor de Hollandse kust geen veranderingen voor die de morfologische en hydrodynamische processen wezenlijk zullen beïnvloeden, ook niet door de zeespiegelstijging. De situatie bij een autonome ontwikkeling wijkt daardoor nauwelijks af van de huidige situatie. Dit blijkt ook uit de zogenaamde kustlijinkaarten (Ministerie van V&W, 1998). Deze kaarten geven een beschrijving van de ontwikkeling van de Hollandse kust. Er wordt van uit gegaan dat, in navolging van het huidige beleid, de dynamische kustlijn gehandhaafd blijft, waar nodig met behulp van suppleties.

Voor de kust tussen Scheveningen en Hoek van Holland (Delfland) is sprake van een erosieve trend die naar verwachting zich nog zal voortzetten in de nabije toekomst. Voor de Rijnlandse kust tussen Scheveningen en Zandvoort kan worden opgemerkt dat de ligging van de kustlijn overwegend stabiel is. Fluctuaties tengevolge van brandingsruggen-migratie domineren de momentane huidige kustlijnligging. Van structurele erosie is alleen sprake in de omgeving van Wassenaar. De morfologische ontwikkeling van de Rijnlandse kust tussen Zandvoort en IJmuiden hangt samen met de havenhoofden van IJmuiden: alleen ter hoogte van Bloemendaal en Zandvoort treedt erosie op. In de overige gebieden verschuift de kustlijn juist in zeewaartse richting. Ten noorden van IJmuiden treedt over het algemeen erosie op, die zich in de komende jaren naar alle waarschijnlijkheid doorzet.

10.3 Effecten van de locaties

Bij de voorspelling van de effecten van het NSW op de morfologie en de hydrodynamica dient in oenschouw te worden genomen dat de Noordzee ten aanzien van de meeste criteria een dynamisch evenwicht met grote fluctuaties kent. Illustratief is bijvoorbeeld de troebelheid van het zeewater die in normale situaties ongeveer 10 mg/l bedraagt, maar bij storm kan oplopen tot 1.000 mg/l. Zoals uit de volgende subparagraaf zal blijken, zijn de effecten van het windpark op kust en zee relatief beperkt in omvang en ruimte ten opzichte van de grote fluctuaties in de natuurlijke processen.

Alle effecten op de morfologie en de hydrodynamica zijn in feite afhankelijk van de afstand van het park tot de kust. De verschillen tussen de locaties in afstand tot de kust zijn echter te gering om noemenswaardige verschillen in effecten te veroorzaken. Als gevolg van de (relatief geringe) omvang van het windpark, zowel wat betreft aantal windturbines als diameter van de funderingen, is sprake van lokale veranderingen. Met lokale veranderingen worden hier veranderingen bedoeld, die, zoals hieronder zal blijken, beperkt blijven tot de nabije omgeving (een gebied met een straal van orde-grootte 100 meter) van een fundering of de kabel.

De effectvoorspelling is voornamelijk kwalitatief van aard. In enkele gevallen kunnen de veranderingen in globale getallen worden uitgedrukt. Deze getallen dienen met name om een vergelijking tussen de locaties mogelijk te maken.

Hieronder wordt per criterium een toelichting gegeven. Allereerst voor de locaties en vervolgens voor de aanlandingskabel. Tot slot wordt ingegaan op de invloed van inrichtingsvarianten op de omvang van de veranderingen.

Effecten van de locaties

Bij de voorspelling van de gevolgen van het park is ervan uitgegaan dat er geen bodembescherming rondom de funderingen zal worden aangebracht. Uit een eerste ruwe schatting kan worden opgemerkt dat er dan ontgrondingskuilen zullen ontstaan in de orde van 3 tot 6 meter diep (of één tot twee keer de diameter van de fundering (Hoffman e.a., 1997; Chakrabari, 1987)). Met het oog op de te verwachten dynamiek van de zeebodem gaat de voorkeur voorlopig uit naar het niet vastleggen van de zeebodem rondom de funderingen. Ook bij de zandgolven op de bodem van de Noordzee kan een dergelijke verandering in hoogte optreden.

Golven

Door de aanwezigheid van het NSW zal het golfpatroon rondom de funderingen veranderen.

Alleen lokaal zal achter de funderingen (één tot twee keer de diameter van de fundering (Hoffman e.a., 1997; Chakrabari, 1987)) een verlaging van de golfhoogte optreden. Een paal c.q. fundering in een golfveld veroorzaakt door extra wrijving opstuwing aan de loefkant en enige verlaging van de waterstand aan de lijkant van de paal. Deze verandering is echter zeer gering.

Bij de aanleg en afbraak van het park zal door de aanwezigheid van (de)montatiewerktuigen het golfbeeld lokaal iets veranderen. Een dergelijke verandering kan echter worden vergeleken met de verandering vanwege de aanwezigheid van een normaal schip.

Er zijn voor dit criterium geen relevante verschillen tussen de locaties.

Waterbeweging (waterstand en stroming)

Door de aanwezigheid van een NSW zal ook de waterbeweging rondom de funderingen veranderen.

Deze verandering van het stroombeeld zal alleen lokaal achter de funderingen (één tot twee keer de diameter van de fundering (Hoffman e.a., 1997; Chakrabari, 1987)) optreden. Een paal c.q. fundering in een stromingsveld veroorzaakt, een geringe verandering van de stroomsnelheid aan weerszijden van de paal en turbulentie aan de lijzijde van de paal. Deze verandering is echter zeer gering als gevolg van de relatief kleine diameter van de fundering in vergelijking met de waterdiepte.

De effecten zullen daardoor alleen merkbaar zijn in de directe omgeving van de turbines.

De funderingen zullen geen invloed hebben op de gemiddelde stroomsnelheid binnen het park.

Daarvoor is de diameter van de fundering te klein en de waterdiepte te groot. Als de gemiddelde snelheid wel zou afnemen als gevolg van toegenomen wrijving zou er sedimentatie kunnen optreden.

In het geval van het NSW met relatief kleine funderingen (diameter van orde grootte 3 meter) en een onderlinge afstand tussen de funderingen van ongeveer 400 meter treedt dit effect niet op.

Evenals voor het criterium Golven zullen de schepen en werktuigen bij de aanleg en afbraak van het park het stroombeeld beïnvloeden.

Er zijn voor dit criterium geen relevante verschillen tussen de locaties.

Waterdiepte en bodemvormen

De veranderingen in de bodemligging³ worden veroorzaakt door het sedimenttransport. Het sedimenttransport wordt, zoals is weergegeven in figuur 10.1, onder andere beïnvloed door golven. Naarmate de waterdiepte afneemt worden de snelheden langs de bodem groter, waardoor transport van sediment ontstaat en toeneemt. Op de locaties IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost is de waterdiepte het kleinst en als gevolg daarvan zijn de mogelijke veranderingen in de bodemligging, in relatieve zin, het grootst.

Met het oog op de bodemligging is ook de aanwezigheid van zandbanken of zandgolven van belang. Zandbanken zijn relatief grote en stabiele bodemvormen met een hoogte van enige meters en lengten van kilometers die tijdens de (economische) levensduur van het project (15 tot 20 jaar) in de orde van 15 meter van plaats zal veranderen (zie ook hoofdstuk 16). Door de flauwe hellingen van zandgolven (orde 1:100) zal de verticale ligging van de bodem in de orde van 10 tot 20 centimeter veranderen. Als gevolg daarvan zal de verticale ligging van de bodem nauwelijks veranderen en voor de evaluatie van de verschillende locaties niet tot onderscheidende factoren leiden.

³ Bij het bepalen van de effecten op de bodemligging is aangenomen dat er geen bodembescherming rond de funderingen wordt aangebracht. Dit houdt in dat er voor dit criterium sprake is van een conservatieve effectvoorspelling.

Voor zandgolven ligt dat anders. Onder zandgolven worden in dit geval bodemvormen verstaan met hoogtes die variëren tussen 0,5 en ongeveer 5 meter en lengtes van enkele honderden meters met een voortplantingssnelheid (migratiesnelheid) van enkele meters per jaar (Hulscher, 1996).

In het gebied van het alternatief Egmond bevinden zich zandbanken, maar geen (dynamische) zandgolven. De beide alternatieven voor IJmuiden zijn gesitueerd aan de rand van een gebied met dynamische zandgolven (zie figuur 11.3: mogelijk actieve zandgolven aan de zuidzijde van de alternatieven) en in een bankengebied. Binnen de locatie Katwijk komen alleen in het westelijk deel dynamische zandgolven voor. De beide locaties Zandvoort liggen in een gebied met zowel banken als dynamische zandgolven.

Efecten van het NSW op de bodemvormen zoals zandgolven en zandbanken zijn niet te verwachten. Zandbanken en zandgolven zijn het resultaat van een complex samenspel van golven, stromingen, sediment en zeebodem. Het NSW zal, als gevolg van de naar verhouding geringe diameters van de funderingen en de grote onderlinge afstand tussen de turbines, alleen in de directe omgeving van de fundering lokale effecten hebben.

Sedimentsamenstelling

De samenstelling van de bodem lijkt op de zes locaties sterk op elkaar. De bodem bestaat er uit erodeerbaar sediment, voornamelijk slibhoudend zand. In alle drie de fasen van het NSW (aanleg, gebruik en afbraak) zullen geen veranderingen in de sedimentsamenstelling optreden. Er wordt geen materiaal afgevoerd of toegevoegd, anders dan tijdens lokale werkzaamheden voor de installatie. Deze werkzaamheden zijn, gezien vanuit morfologische en hydrodynamische processen, beperkt en tijdelijk van aard.

Troebelheid

Bij de aanleg en afbraak van het park zal ten gevolge van de werkzaamheden tijdelijk enige extra troebelheid optreden. Dit is zeker het geval wanneer de elektriciteitskabel de IJ-geul moet kruisen of wanneer binnen de locatie voor het windpark zandgolven aanwezig zijn. Ter plaatse van de kruising moet de kabel dieper worden aangelegd. Dit kan alleen door meerdere keren te trenchen of door te baggeren of door een combinatie van trenchen en baggeren. In alle gevallen zal er tijdens de aanleg extra troebelheid optreden. De aanwezigheid van zandgolven heeft tot gevolg dat de funderingen van de turbines op een grotere diepte moeten worden ontworpen. Afhankelijk van de plaats van het aansluitpunt van de kabel op de fundering is het, bijvoorbeeld op de top van een zandgolf, bovendien nodig om lokaal te baggeren. Afhankelijk van methode van installatie, is de verwachting dat de extra troebelheid in de orde van 50 mg/liter tot (dichtbij de werkzaamheden) 500 mg/liter kan bedragen (Eisma, 1981). Deze verhoging van de troebelheid valt binnen de grenzen van de natuurlijke dynamiek van de Noordzee. De troebelheid van het zeewater is in normale situaties ongeveer 10 mg/liter, maar kan bij storm overal oplopen tot 1.000 mg/liter (Eisma, 1981).

Tijdens het gebruik van het park wordt geen verhoging van de troebelheid verwacht, aangezien er geen werkzaamheden plaats vinden die daar aanleiding voor geven.

Er zijn voor dit criterium geen relevante verschillen vast te stellen tussen de locaties.

Sedimenttransport

Het sedimenttransport zal ten gevolge van de verhoging van de troebelheid bij de aanleg en afbraak van het park enige verhoging vertonen door het extra transport van de het opgewoelde (vertroebelende) sediment. Net als bij de troebelheid valt deze verhoging binnen de grenzen van de natuurlijke dynamiek. Het sedimenttransport langs de Nederlandse kust is zo groot (Van Rijn, 1995) dat de bijdrage van het fijne materiaal, dat door de installatie in suspensie gebracht wordt, verwaarloosbaar is.

Het sedimenttransport ondervindt tijdens het gebruik van het park geen hinder. De funderingen houden het sediment niet tegen. Als gevolg van de effecten van golven en stroming (toenemende turbulentie) treedt er erosie op rondom de funderingen. Dit heeft, nadat er een evenwicht in de erosie-kuil is ontstaan (na enige weken tot maanden), uiteindelijk geen gevolgen voor het sedimenttransport. Het sedimenttransport zal bij een afnemende waterdiepte toenemen door de opwoeling van sediment, door met name golven. Deze verandering is echter zo klein dat het geen onderscheidende factor is

voor de verschillende locaties. Er worden dan ook geen veranderingen verwacht. Er zijn voor dit criterium geen relevante verschillen vast te stellen tussen de locaties.

Kustveiligheid

De gevolgen van het windpark voor de kustveiligheid moeten worden gezien als een combinatie van de individuele veranderingen op elk van de voorgaande criteria. Al deze veranderingen zijn in feite afhankelijk van de afstand van het park tot de kust. Naarmate de afstand van het park tot de kust groter is, zullen de gecombineerde gevolgen van het park op de kust, en dus op de kustveiligheid, kleiner zijn. De gevolgen van het windpark op de kustveiligheid zullen het kleinst zijn bij de realisatie van een windpark op de locaties IJmuiden-West of Zandvoort-West. De gevolgen op de locaties Egmond, IJmuiden-Oost, Zandvoort-Oost en Katwijk zullen, gezien de afstand tot de kust, vergelijkbaar zijn. De verschillen tussen de locaties zijn echter zo klein, dat er geen reden is om een voorkeur voor een van de locaties uit te spreken. De veranderingen ten aanzien van de andere criteria zijn zo klein dat de kustveiligheid niet nadelig wordt beïnvloed.

Effecten van de aanlandingskabel

De omvang van de morfologische veranderingen vanwege de aanleg van de kabel hangt samen met de lengte van de elektriciteitskabel en het tracé, het aantal kruisingen van de kabel met vaargeulen en zandgolven en de diepte waarop de kabel wordt aangelegd (zie kader 10.3).

De morfologische veranderingen zijn naar verwachting het kleinst voor het alternatief Katwijk.

De afstand van de locatie naar het aanlandingspunt voor de kabel naar Sassenheim (zie paragraaf 4.5) is relatief klein. De kabel passeert alleen in het westelijke deel van de locatie zandgolven en hoeft geen vaargeulen te kruisen. Hetzelfde geldt voor de kabeltracés vanaf de locatie Egmond naar Egmond aan Zee of naar Castricum aan Zee. Ook deze kabeltracés zijn relatief kort en passeren geen zandgolven of vaargeulen. Voor de locatie Zandvoort-West is het tracé van de kabel het langst, het loopt bovendien door een gebied met zandgolven en het kruist de IJ-geul. De morfologische gevolgen van de aanleg van de kabel zijn daardoor voor dit alternatief naar verwachting het grootst. Ook voor het alternatief Zandvoort-Oost loopt het tracé door een zandgolvengebied en is de kruising van de IJ-geul noodzakelijk.

Bij de voorspelling van de milieu-effecten van de kabel is uitgegaan van het verdiept aanleggen van de kabel. De notitie 'Interactie tussen zandgolven en pijpleidingen' (Rijkswaterstaat, 1996) geeft aan dat een kabel in de Noordzee formeel verdiept moet worden aangelegd met een minimale afdekking van 20 centimeter. Bovendien moet tijdens de levensduur regelmatig (meestal elk jaar) de ligging van de kabel worden gecontroleerd. Indien de minimale afdekking niet meer aanwezig is dient deze te worden hersteld met behulp van bijvoorbeeld een trenchmachine. Indien de kabel wordt aangelegd in een zandgolvengebied dient deze op sommige plaatsen dieper te worden aangelegd dan de minimaal vereiste 20 centimeter, om blootspoelen en daarmee samenhangende risico's voor de visserij (hakend vistuig) te verminderen. De aanlegdiepte moet zodanig worden gekozen dat de kabel gedurende de gehele levensduur begraven blijft, ook in het geval van een migrerende zandgolf.

Kader 10.3 Toelichting op de verdiepte aanleg van de kabel.

Het kruisen van de IJ-geul vereist globaal een aanlegdiepte van de kabel op ongeveer 2 meter onder de toekomstige geuldiepte. Als rekening wordt gehouden met een veiligheidsmarge wordt de huidige aanlegdiepte op ongeveer 4 tot 5 meter geschat. Nader onderzoek zal duidelijk moeten maken of die aanlegdiepte kan worden bereikt zonder baggeren. Baggeren geeft aanzienlijk meer vertroebeling.

De conclusie luidt dat de aanleg van de kabel vanaf een windpark op de locaties voor de kust van Zandvoort meer troebelheid zal optreden dan vanaf de andere locaties. Het tracé van de kabel moet in dat geval de IJ-geul en een gebied met zandgolven kruisen. Beide kruisingen leiden tot extra troebelheid. De omvang van de extra troebelheid is echter gering ten opzichte van de fluctuaties in de achtergrondwaarden en vormt daarom op zich niet voldoende reden om een rangorde te bepalen voor de locaties voor het NSW.

10.4 Effecten van inrichtingsvarianten

Afstand tussen de turbines

De onderlinge afstand van de windturbines is een bepalende factor voor het optreden van veranderingen van de morfologie en hydrodynamica. Indien de windturbines te dicht bij elkaar worden geplaatst kunnen onder andere de erosiekuilen van de verschillende turbines in elkaar overgaan. Dit zou dan kunnen leiden tot een grootschalige verlaging van de bodem.

De funderingen hebben een diameter van ordegrootte 3 meter en de erosiekuil heeft (zie het voorgaande) een diepte van ongeveer 3 tot 6 meter en een diameter van 30 tot 60 meter, bij een helling van de kuil van 1 op 5. De afstand tussen de turbines bedraagt ongeveer 500 meter en de erosiekuilen zullen daarom niet in elkaar overgaan.

De hoogte en het vermogen van de turbines

De hoogte en het vermogen van de turbines kunnen indirect van belang zijn voor de morfologische en hydrodynamische situatie. De afmetingen van de funderingen, die mede afhankelijk zijn van de hoogte van de mast en het gewicht van de turbine, dienen klein te blijven (3 tot 5 meter) in vergelijking met de waterdiepte (in de ordegrootte van 15 meter). Als er grotere turbines worden gebruikt, met een diameter van minder dan een factor 3 ten opzichte van de waterdiepte (Hoffman e.a., 1997) treden grotere veranderingen op in het stroombeeld en het sedimenttransport. De effecten zouden zich dan verder kunnen uitstrekken dan de onmiddellijke omgeving van de fundering. Gegeven de verwachte diameter zal dit niet van invloed zijn op de keuze van de turbines.

De overige kenmerken van het park en de turbines hebben tenslotte geen wezenlijke andere invloed op de hydrodynamica en de morfologie.

10.5 Conclusies van de effectvoorspelling

Bijna alle morfologische en hydrodynamische veranderingen die het gevolg zijn van de aanleg, het gebruik of afbraak van het NSW zijn tijdelijk en/of plaatselijk van aard (zie tabel 10.4). Uit het onderzoek blijkt dat de veranderingen, voorzover ze optreden, gering zijn in vergelijking met de natuurlijke dynamiek van het gebied.

Criterium	Egmond	Ijmuiden		Zandvoort		Katwijk
		Oost	West	Oost	West	
Golven		Lokaal, geen relevante verschillen				
Waterbeweging		Lokaal, geen relevante verschillen				
Waterdiepte en bodemvormen		Lokale ontgrondingskuil, geen relevante verschillen				
Sedimentsamenstelling		Geen beïnvloeding				
Troebelheid		Lokaal en tijdelijk, geen relevante verschillen				
Sedimenttransport		Lokaal, geen relevante verschillen				
Kustveiligheid		Geen beïnvloeding				

Tabel 10.4 Samenvattend overzicht van de verhoudingen tussen de locaties voor de criteria van het aspect 'Kust en zee'.

10.6 Mitigerende maatregelen

Bodembescherming gebruiken rondom funderingen

Het ontstaan van erosiekuilen rondom de funderingen kan worden tegengegaan door het aanbrengen van een bodembescherming. Gegeven de (geringe) effecten op het aspect 'Kust en zee' lijkt een dergelijke maatregel overbodig.

Afstand houden tussen de funderingen

Om te voorkomen dat ontgrondingskuilen rondom de turbines in elkaar overgaan, dienen grote afstanden (minimaal 200 meter) tussen turbines te worden aangehouden.

Vaker (ondieper) trenchen in plaats van (dieper) baggeren

Op sommige delen van het tracé zal de kabel op een diepte moeten worden gelegd, die alleen met baggeren kan worden bereikt. Het gaat dan om gebieden met zandgolven en bij de kruising van de IJ-geul. Baggeren heeft echter door de wijze van verplaatsen van de grond (hydraulisch transport) grotere gevolgen dan trenchen. Baggeren leidt daarom tot meer vertroebeling van het zeewater. Een mitigerende maatregel is om de kabel toch met trenchen aan te leggen. Regelmatige controle moet dan uitwijzen of de kabel op een diepte is komen te liggen, die niet meer aanvaardbaar is (c.q. of de kabelbedekking nog voldoende is). De kabel moet dan opnieuw, met trenchen, op diepte worden gebracht.

Zandvoort aansluiten op trafostation Sassenheim

De beide locaties voor de kust van Zandvoort kunnen worden aangesloten op het trafostation bij Sassenheim in plaats van de elektriciteitscentrale bij Velsen. De elektriciteitskabel kruist in dat geval de IJ-geul niet, waardoor tijdens de aanleg minder troebelheid wordt veroorzaakt.

De mitigerende maatregelen ter beperking van de effecten van het NSW op het aspect 'Kust en zee' zijn samengevat in tabel 10.5.

Criterium	Mitigerende maatregel
Bodemligging	Voldoende afstand houden tussen de turbines
Troebelheid	Vaker (ondieper) trenchen in plaats van (dieper) baggeren Zandvoort aansluiten op trafostation Sassenheim

Tabel 10.5 Samenvattend overzicht van de mitigerende maatregelen ter beperking van de effecten van het NSW op het aspect 'Kust en zee'.

10.7 Leemten in kennis en leerdoelen

Hoewel op basis van de beschikbare informatie een goede afweging kan worden gemaakt van de effecten van het NSW op het aspect 'Kust en zee' bestaan er enkele leemten in de kennis. Voor het bepalen van de milieu-effecten zijn deze leemten niet van wezenlijk belang. Het is echter wel van belang om deze kennis op te doen alvorens te beginnen met de bouw van offshore windparken. Het NSW biedt de mogelijkheid te voorzien in deze leemten in kennis.

Er is in de eerste plaats behoefte aan een nauwkeuriger inzicht in de invloed van windturbines op (lokale) erosie. Inzicht in de specifieke invloed van bijvoorbeeld trillingen in de fundering of veranderingen in de waterbewegingen rond de fundering op (het ontstaan van) de erosiekuilen rond de funderingen ontbreekt.

Daarnaast is niet precies bekend wat de invloed is van windturbines op zandgolven of andere bewegende bodemvormen (bijvoorbeeld megaribbels). In de gehele Noordzee komen zandgolven voor. Ook enkele locaties voor het NSW liggen (geheel of gedeeltelijk) in een gebied met zandgolven.

Tenslotte is er een leemte in de kennis over de interactie tussen meerdere turbines. Deze interactie betreft bijvoorbeeld de koppeling van erosiekuilen rond verschillende turbines of de gezamenlijke zog op de golven en stromingen. Met het NSW kan worden bepaald in hoeverre er interactie optreedt en wat de gevolgen zijn. Deze kennis is van belang voor de latere ontwikkeling van offshore parken.

Tabel 10.6 geeft een samenvattend overzicht van de leemten in kennis over kust en zee en de relevantie van deze leemten voor het inzicht in de milieu-effecten van het NSW, voor de leerdoelen voor een offshore park, of voor beide doelen.

Criterium	Leemte in kennis	Relevantie
Waterdiepte en bodemvormen	Invloed turbine op lokale erosie	Beide
	Invloed turbine op bewegende bodemvormen	Beide
Meerdere criteria	Invloed van interactie tussen turbines	Beide

Tabel 10.6 Samenvattend overzicht van de belangrijkste leemten in kennis en de relevantie van deze leemten voor de leerdoelen voor offshore parken, danwel voor de milieu-effecten van het NSW

10.8 Leerdoelen versus milieu-effecten

De eisen die aan het park gesteld kunnen worden vanuit de leerdoelen voor kust en zee staan in meerdere gevallen op gespannen voet met de wens om de effecten op kust en zee zoveel mogelijk te beperken (zie tabel 10.7). Hieronder wordt voor elk van de onderscheiden parkkenmerken aangegeven in hoeverre sprake is van spanningsvelden.

Omvang

Voor de leerdoelen kan met een klein park worden volstaan, wat ook voor het beperken van de omvang van de milieu-effecten van belang is. Voor inzicht in lokale erosie en effecten op bewegende bodemvormen voldoet één turbine. Voor inzicht in de effecten van interactie tussen de turbines zijn logischerwijs meer turbines nodig. Gedacht wordt aan een omvang van enkele tientallen turbines.

Termijn

Voor het beperken van de milieu-effecten dient de periode waarin het park in bedrijf is zo kort mogelijk te zijn. Dit is maar gedeeltelijk te verenigen met de leerdoelen. Om inzicht te krijgen in de lokale ontgrondingen volstaat een termijn van ongeveer 1 jaar, terwijl voor inzicht in bewegende bodemvormen en interactie tussen turbines een langere periode van 2 tot 5 jaar nodig is.

Fasering

Met het oog op de leerdoelen voor het aspect 'Kust en zee' kan een fasering van de aanleg van een windpark van 100 MW voordelen bieden. De eerste fase van het park kan in dat geval inzichten opleveren, die te gelde kunnen worden gemaakt in de tweede fase. Een eerste fase zou enkele tientallen turbines kunnen omvatten. Aangezien de effecten op kust en zee klein zijn, zal een fasering van de aanleg het park naar verwachting in zeer geringe mate bijdragen aan het beperken van de effecten.

Vermogen en hoogte van de turbines

Om de effecten op kust en zee te beperken gaat in principe de voorkeur uit naar lage turbines met een laag vermogen (en met een minder zware fundering). Van de beschouwde typen turbines zou daarom de voorkeur uitgaan naar een 1 MW turbine. Bezien vanuit de leerdoelen geldt in het algemeen dat grotere en hogere turbines de voorkeur hebben; deze lijken meer op de turbines van offshore windparken. De representativiteit van het geleerde is dan ook groter. Het vermogen en de hoogte van de turbine is mede bepalend voor bijvoorbeeld de diameter van de fundering. De diameter is mede bepalend voor bijvoorbeeld de omvang van de erosiekuilen. Voor de overige kenmerken van het park en de turbines zijn geen relevante spanningen vast te stellen tussen de eisen vanuit de leerdoelen enerzijds en de effecten van het NSW op kust en zee anderzijds.

Parkenmerken	Bezien vanuit leerdoelen	Bezien vanuit milieu-effecten NSW
Kenmerken van het park		
Locatie	Zo ver mogelijk op zee	Geen voorkeur
Omvang	Enkele tientallen turbines	Zo klein mogelijk
Gebruikstermijn	2 tot 5 jaar	Zo kort mogelijk
Vorm en oriëntatie	Geen duidelijke voorkeur	Geen duidelijke voorkeur
Clusters	Geen duidelijke voorkeur	Geen duidelijke voorkeur
Kenmerken van de turbines		
Vermogen turbines	Een representatieve turbine.	1 MW (met de bijbehorende rotordiameter,
Rotordiameter	(rotor, hoogte, vermogen en fundering)	masthoogte en fundering)
Turbinehoogte		

Tabel 10.7 Eisen aan het park vanuit enerzijds leerdoelen en anderzijds het beperken van effecten op kust en zee

11. ONDERWATERLEVEN

11.1 Algemeen

Voor het bepalen van de effecten voor het aspect 'Onderwaterleven' zijn de levensvormen in de Noordzee (voor zover relevant) als uitgangspunt genomen. Daarbij zijn criteria onderscheiden, die de abiotische factoren betreffen die mogelijk veranderen door de plaatsing van windturbines en die relevant zijn voor een of meerdere biotische levensvormen. In tabel 11.1 is voor iedere onderscheiden levensvorm aangegeven welke criteria worden onderscheiden. Tevens is aangegeven in welke fase van het windpark de criteria een rol spelen.

Levensvorm	(Sub-)criterium	Fase van het park
Macrobenthos	Zandig substraat	Gebruik, aanleg en afbraak
	Hard substraat	Gebruik
	Waterkwaliteit	Aanleg en afbraak
Bodemvissen	Zandig substraat	Gebruik, aanleg en afbraak
	Hard substraat	Gebruik
	Waterkwaliteit	Aanleg en afbraak
	Elektromagnetische velden	Gebruik
Vissen	Stromingspatroon water	Gebruik
	Onderwatergeluid en trillingen	Gebruik, aanleg en afbraak
	Waterkwaliteit	Aanleg en afbraak
Zeezoogdieren	Onderwatergeluid en trillingen	Gebruik, aanleg en afbraak
	Waterkwaliteit	Aanleg en afbraak

Tabel 11.1 Levensvormen en (sub-)criteria

Veranderingen in de criteria hebben gevolgen voor verschillende levensvormen. In deze studie wordt alleen ingegaan op een aantal dierlijke levensvormen. Ter plekke van de locaties valt namelijk te weinig licht op de bodem om de groei van plantaardig materiaal in de vorm van vastzittende algen mogelijk te maken. Daardoor bestaat de levensgemeenschap in dit deel van de kustzone, voor wat betreft de grotere organismen, uitsluitend uit diersoorten: bodemleven, (bodem)vissen en zeezoogdieren. Voor wat betreft het bodemleven wordt alleen ingegaan op de grotere organismen (groter dan 1 millimeter), het zogenaamde *macrobenthos*. Kleinere organismen, larventransport en plankton blijven buiten beschouwing. Doordat het windpark geen veranderingen in het stromingspatroon zal veroorzaken (zie hoofdstuk 10, 'Kust en zee') is er naar verwachting geen invloed op deze kleinere organismen.

Met name bij mobiele levensvormen, zoals vissen, kan bij de functie van het gebied een onderscheid worden gemaakt in diverse levensfasen volgens tabel 11.2.

Levensfase	Functie
Voortplanting	Paai gebied
Opgroei	Kinderkamer / foerageergebied
Migratie	Doortrekgebied / foerageergebied
Permanent aanwezig	Leefgebied / foerageergebied

Tabel 11.2 Levensfasen van met name mobiele levensvormen

Bij het bepalen van de effecten op de diverse levensvormen worden verschillende maatstaven gehanteerd, namelijk dichtheden (voor alle levensvormen), biomassa (met name bij macrobenthos) en functies (voor alle levensvormen, zie tabel 11.2.)

In Van der Winden et al. (1997) wordt ook het effect van lichtschitteringen van rotorbladen in het water genoemd. Uit die studie blijkt dat lichtschitteringen van zeer geringe betekenis zijn voor het onderwaterleven. Dit onderwerp blijft daarom in het MER buiten beschouwing.

11.2 Huidige situatie en autonome ontwikkeling

11.2.1 De kustzone als leefgebied voor organismen

Oceanografische factoren zijn van invloed op het leven in de kustzone waarin de locaties liggen. Het gaat hier in het bijzonder om fysische en chemische factoren waaraan het leven in de kustzone is aangepast en om hydrodynamische en morfologische factoren (die zijn beschreven in hoofdstuk 10, Kust en zee).

Getij en waterbeweging

Het gemiddelde getijverschil bij Hoek van Holland en Scheveningen bedraagt respectievelijk 1,74 en 1,70 meter. In Den Helder is het beduidend kleiner: 1,39 meter (getijtafels voor Nederland). Dit betekent dat het getijverschil bij Egmond wat kleiner is dan bij de andere locaties, maar dit verschil zal niet groter zijn dan 10 centimeter.

Ongeveer één uur na hoogwater is er in de bovenste waterlaag een maximale getijdenstroom die varieert van 0,3 tot 0,7 meter per seconde langs de kust in noordwaartse richting. Na laagwater loopt de stroom in de tegenoverstaande richting, maar bereikt daarbij een wat lagere snelheid. Hierdoor en door de overheersende zuidwestelijke wind loopt er een reststroom langs de kust van zuid naar noord. Deze reststroom is van groot belang voor het transport van sediment en nutriënten, maar ook voor organismen, zoals larven van vissen en andere levensvormen.

De wind kan van invloed zijn op de getijdenstroom, maar veroorzaakt daarnaast waterbeweging in de vorm van golven. Naarmate golven groter worden, wordt de diepte waarop zij hun invloed uitoefenen eveneens groter. Dit betekent dat de zeebodem sterker en frequenter wordt opgewoeld naarmate zij ondieper is. Dit heeft uiteraard gevolgen voor de organismen die in het sediment leven.

Zeewatersamenstelling

Het zeewater in de kustzone bestaat uit zogenaamd continentaal kustwater. In deze watermassa, die zich tot op een afstand van 40 kilometer uit de kust kan uitstrekken, is een component herkenbaar van de rivierafvoer van Schelde, Maas en Rijn. Het zoutgehalte is lager dan in het Kanaalwater, dat meer centraal in de zuidelijke bocht van de Noordzee wordt gevonden. Ook fluctueert het zoutgehalte enigszins, afhankelijk van de rivierwaterafvoer.

Door de hogere nutriëntenlast bevat het kustwater relatief veel fytoplankton en is het troebeler. Het water is veelal goed gemengd maar tijdens hoge rivierwaterafvoer en bij rustig weer kan zich in de kustzone een gestratificeerde situatie voordoen waarbij een brakkere bovenlaag op een zoutere onderlaag ligt.

Binnen de kustzone is er een duidelijke tweedeling in de watersamenstelling. In een zone tot 5 kilometer uit de kust worden chlorofylgehaltes gevonden die 10 maal zo hoog zijn als in de zone tussen 5 en 40 kilometer (Van Scheppingen en Groenewold, 1990). Het komt er op neer dat het meest voedselrijke continentale kustwater als het ware als een rivier langs de Nederlandse kust loopt. Deze "kustrivier" is een zone van ongeveer 15 kilometer breed (Smit et al., 1998) met een sterke riviercomponent, waarvan een groot deel in de Waddenzee belandt. De kustrivier bevat een relatief hoge nutriëntenlast, maar het slibgehalte is zó hoog dat het doorzicht veelal beperkend is voor de fytoplanktonproductie. Daarbuiten ligt een overgangszone waar zowel licht als nutriënten de productie van fytoplankton kunnen sturen.

Waterdiepte

De waterdiepte ter plaatse van de locaties hangt samen met de afstand tot de kust. De bodem helt echter het sterkst dicht bij de kust: ter hoogte van het studiegebied ligt de 10 meter dieptelijn (llws) op slechts 1 tot 1,5 kilometer en de 20 meter dieptelijn (llws) op 15 tot 20 kilometer uit de kust. Dit betekent dat naarmate de afstand tot de kust toeneemt, deze minder bepalend is voor de diepte. Het effect van geomorfologische verschijnselen, zoals banken, krijgt in dit opzicht de overhand. Vanuit het oogpunt van onderwaterleven zijn de diepteverschillen tussen de locaties gering.

Geomorfologie

Alle locaties liggen zó ver uit de kust dat ze in beginsel een vrijwel vlakke zeebodem hebben (met een helling kleiner dan 1:1000). Behalve de locatie Katwijk liggen alle locaties in een gebied met zandbanken, waarvan de kam een oriëntatie van zuidwest - noordoost heeft. Deze banken hebben een semi-stabiel karakter (zie ook hoofdstuk 10).

Ter hoogte van Zandvoort wordt het gebied bedekt door zandgolven. In het gebied van alternatief Egmond bevinden zich geen zandgolven. Binnen de beide alternatieven IJmuiden bevinden zich dynamische zandgolven aan de zuidzijde van de alternatieven. Binnen de locatie Katwijk komen alleen in het westelijk deel zandgolven voor. Zandgolven hebben een veel dynamischer karakter dan de banken.

De kammen van de zandgolven staan ongeveer loodrecht op de kust (Van Alphen en Damoiseaux, 1989). De positie van banken en zandgolven wordt aangeduid in figuur 11.3.

De dynamiek van de bovenste zandlaag wordt nog vergroot door de boomkorvisserij.

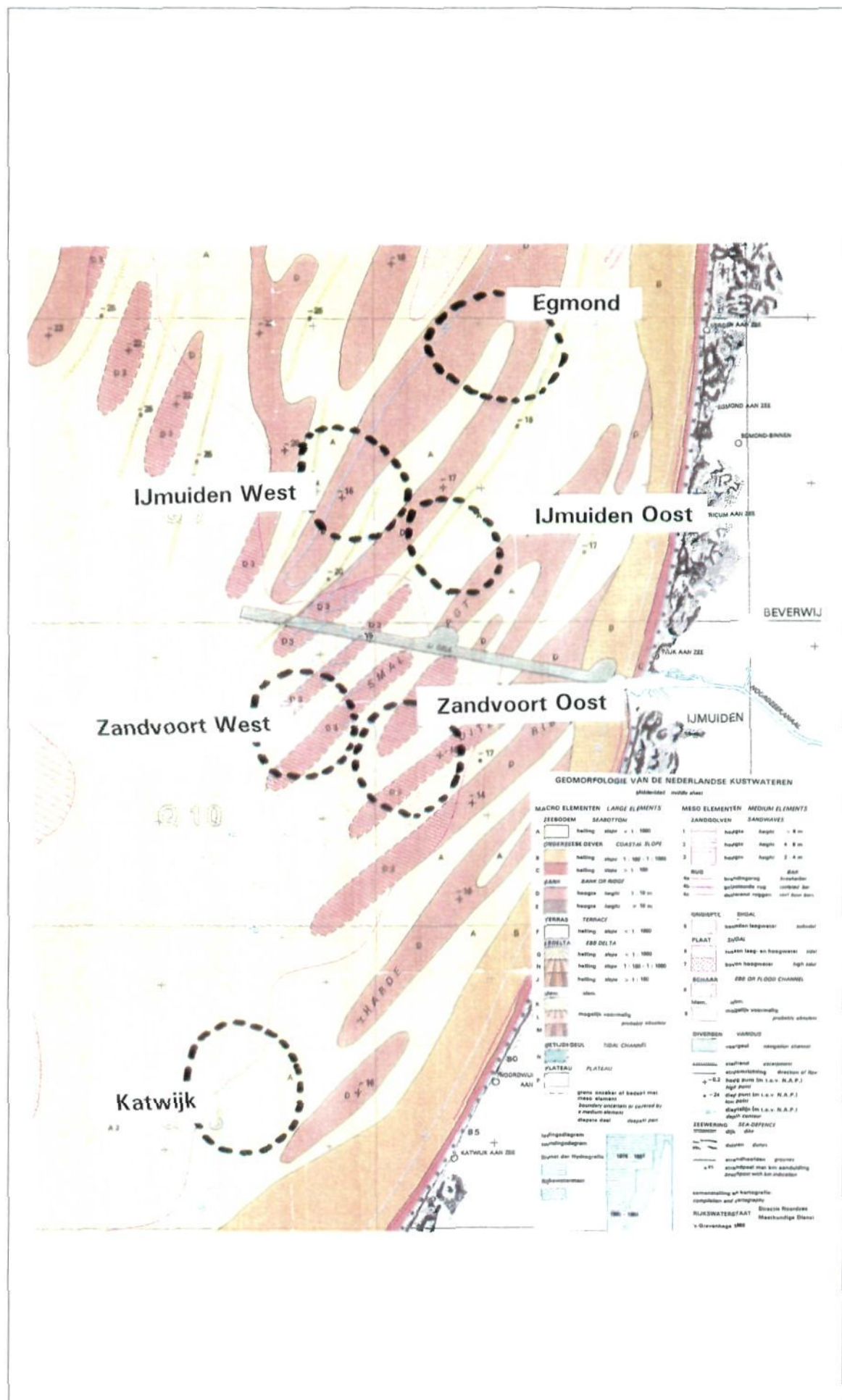
Sedimentsamenstelling

Het studiegebied heeft voor het overgrote deel een zandig karakter. De locaties Zandvoort-Oost en -West en Katwijk liggen in een gebied met fijn (125-250 µm) en middelgrof (250-500 µm) zand. Op de locaties ten noorden van de IJ-geul (IJmuiden-Oost en -West en Egmond) wordt alleen fijn zand gevonden.

Ter hoogte van Scheveningen bevindt zich de baggerstortlocatie "Loswal Noordwest". Hier wordt havenslib uit de Rijnmond gestort. Tijdens de storting worden met name de fijne fracties in de richting van de reststroom meegevoerd.

Uit sedimentologisch onderzoek naar de effecten van "Loswal Noord" blijkt dat het slibgehalte op een locatie op 9 kilometer ten noordoosten van de loswal verhoogd is, namelijk tot 5 procent (Daan et al., 1997). Stutterheim (1999) vermeldt dat er twee jaar na ingebruikname van deze Loswal een verhoging van de verontreiniging werd gemeten tot op vijf kilometer afstand en dat de uitstraling in de vorm van een verminderde bodemfauna zo'n drie kilometer bedroeg. De stort van bagger op Loswal Noordwest kan daarom met name op de locatie Katwijk merkbaar zijn. In het algemeen is echter nog veel onbekend omtrent het transport en de gevolgen van gestorte baggerspecie (Stutterheim, 1999). Naast Loswal Noordwest zijn er nog twee dumplocaties voor baggerspecie te weten ten noordwesten van Scheveningen en ten noordwesten van IJmuiden. Het baggerstortgebied IJmuiden overlapt gedeeltelijk met de zuidoosthoek van de locatie IJmuiden-Oost. Vanwege de kustparallelle stroming valt daarvan weinig invloed te verwachten op IJmuiden-Oost en waarschijnlijk ook niet op de noordelijker gelegen locatie Egmond. De zoutgradiënt voor de kust drijft een kustgericht bodemtransport (Smit et al., 1998), zodat het slib niet zal uitwaaiëren richting de locatie Egmond. Het gaat bij het baggerstortgebied IJmuiden overigens nog om een aanzienlijke hoeveelheid slib (4 miljoen m³/jaar). Dit is meer dan een kwart van de hoeveelheid op locatie Loswal Noordwest (15 miljoen m³/jaar).

In het studiegebied kan overal hard substraat in de vorm van wrakken voorkomen. Deze structuren hebben een geheel eigen type begroeiing en visfauna.



Figuur 11.3

De ligging van banken en gebieden met zandgolven ter hoogte van de kust van Katwijk tot Egmond

Bron: Rijkswaterstaat, 1988

11.2.2 Bodemdieren

*Macrobenthos*⁴

In en op de bodem leeft het macrobenthos: ongewervelde dieren, zoals wormen en schelpdieren, die veelal ingegraven in het zand leven. Op de bodem kruipen zeesterren en kreeftachtigen. Veel van deze dieren zijn plaatsgebonden, of hun actieradius is dermate beperkt dat ze functioneel gezien toch als weinig mobiel kunnen worden beschouwd. Door de geringe mobiliteit is het type macrobenthos op een locatie een goede afspiegeling van de abiotische factoren die ter plekke op de wat langere termijn hebben geheerst.

Daarnaast is het macrobenthos als voedsel voor een aantal vissoorten van cruciaal belang en indirect dus ook voor organismen die hoger in de voedselketen staan.

Gegevens

Met het oog op de locatiekeuze is het van belang te kunnen beschikken over onderzoeken met een grote bemonsteringsdichtheid in het studiegebied. Dergelijke studies zijn echter nauwelijks voorhanden. Gezien de in het algemeen grote variatie tussen macrofaunamonsters is het weinig zinvol te refereren aan enkele monsterpunten die toevallig in het gebied liggen. Alleen de zogenaamde MILZON benthos studie (Van Scheppingen en Groenewold, 1990) geeft een dermate gedetailleerd beeld van het macrobenthos in de Hollandse kustzone, dat dit als basis kan dienen voor uitspraken die ingaan op een eventueel verschil tussen de locaties⁵. Hierbij dient wel te worden aangetekend dat een dergelijke studie tot op zekere hoogte een momentopname is. In de loop der jaren kunnen "natuurlijke" veranderingen optreden en ook door menselijke ingrepen kunnen er veranderingen zijn opgetreden. In dit kader valt met name te denken aan de ingebruikname van Loswal Noordwest.

Specifiek voor de locatie Katwijk kan gerefereerd worden aan bodemmonsters die daar op 8 kilometer uit de kust van 1992 tot en met 1995 werden genomen op een gemiddelde diepte van 17 tot 18 meter om te onderzoeken in hoeverre het plaatsen van kunstmatige riffen ter plekke van invloed was op het bodemleven (Van Moorsel 1992, 1993, 1994, De Kluijver, 1995a,b).

Levensgemeenschappen

Een analyse van het gehele NCP (inclusief 12-mijlszone) laat zien dat er in de Nederlandse kustzone op zandige sedimenten slechts twee verschillende gemeenschappen worden aangetroffen (Holtmann et al., 1996): een kust- en een offshore-gemeenschap. Beide gemeenschappen tonen overigens nog een behoorlijke overeenkomst (tabel 4 in Holtmann et al., 1996), onder andere door het optreden van de worm *Spiophanes bombyx*. Deze soort bouwt kokers van zandkorreltjes waarin zij zich in zekere mate kan verankeren en handhaven als het omringende zand door waterbeweging wordt weggespoeld. Dit is een indicatie voor het instabiele karakter van het milieu van deze levensgemeenschappen.

Kustgemeenschap

De kustgemeenschap wordt vrijwel uitsluitend aangetroffen in een smalle zone langs de gehele Nederlandse kust (Van Scheppingen en Groenewold, 1990). Voor de Hollandse kust is deze zone slechts 5 kilometer breed en reikt ongeveer tot de 15 meter dieptelijn (NAP).

De kustgemeenschap wordt gekenmerkt door een groot aantal soorten, een hoge dichtheid, met name van polychaete wormen, en een hoge biomassa. Dit is de hoogste biomassa van het NCP, namelijk 40,8 gram Asvrij Drooggewicht per vierkante meter (AVDG/m²). Een belangrijk deel hiervan wordt veelal gevormd door concentraties van tweekleppige schelpdieren (Bivalven).

Momenteel zijn dat met name de Halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) en de Amerikaanse zwaardschede (*Ensis americanus*), maar ook andere bivalven kunnen domineren zoals kokkels (Oosterbaan, 1991). Dergelijke concentraties worden langs de hele Nederlandse kust gevonden, maar uit recent onderzoek blijkt wel dat er concentratiegebieden zijn met een enigszins stabiel karakter.

⁴ Monsters van macrobenthos geven in het algemeen een goede indruk van de dieren in de bodem (endobenthos) en de weinig mobiele soorten op de bodem (epibenthos). Een deel van het epibenthos in de vorm van garnalen en krabben is door hun levenswijze of dichtheid niet goed vertegenwoordigd in monsters van macrobenthos. Deze dieren zijn voor hun voedsel echter in sterke mate afhankelijk van het overige macrobenthos.

⁵ Deze studie voorziet overigens ook de zoëbenthos van het Nederlandse Continentale Plat (Holtmann et al., 1996) voor een groot deel van haar kustgegevens.

De *Spisula subtruncata* heeft een sterk kustgebonden karakter. Van deze schelpdieren worden ter hoogte van het studiegebied, voorzover aanwezig, de hoogste concentraties tot op 6 kilometer uit de kust gevonden. Leopold (1996) beschrijft in detail waar hoge biomassa's van *Spisula* voorkomen. Ter hoogte van Egmond worden hoge biomassa's (1-100g/m²) hooguit tot op 6 kilometer uit de kust gevonden, maar ter hoogte van Petten bevinden *Spisulabanken* zich op 8 kilometer uit de kust en verder. Volgens de macrofauna-atlas van Holtmann et al. (1996) bevindt zich ter hoogte van Petten op 10 kilometer uit de kust een *Spisulabank* met een hoge biomassa (33 - 342 g/m²). Bergman en Santbrink (1998) vermelden op dezelfde plaats een dichtheid van 1515 exx./m², een duidelijk voorbeeld van een *Spisulabank*. De diepte bedraagt daar 20 meter, relatief diep voor een *Spisulabank*. Mogelijk houdt de situatie bij Petten verband met de aanwezigheid van een ondiep gebied voor de kust (de Pettemer polder), omdat dat een afbuiging van de voedselrijke kusttrivier zou kunnen veroorzaken. In dat geval zou de kans klein zijn dat er bij Egmond op 10 kilometer uit de kust ook een *Spisulabank* tot ontwikkeling komt. Het is echter ook bekend dat *Spisulabanken* zich niet altijd op exact dezelfde plaats ontwikkelen. Omdat de locatie Egmond van alle locaties het dichtst bij Petten ligt en gezien de waterdiepte binnen deze locatie wordt de kans dat daar zo nu en dan een *Spisulabank* aanwezig is in vergelijking met de andere locaties het grootst geacht.

Offshore-gemeenschap

Buiten de 5 kilometer brede kustgemeenschap bevindt zich de offshore-gemeenschap. Deze wordt qua dichtheden ook gedomineerd door polychaeten. Zij heeft als kenmerkende soorten de polychaete worm *Nephtys cirrosa* en het gravende vlokreeftje *Bathyporeia guilliamsoniana*. Voor de Noord- en Zuid-Hollandse kust neemt de biomassa in zeewaartse richting snel af. De gemiddelde biomassa van de offshore-gemeenschap is met 13,6 gram AVDG/m² drie maal zo laag als de kustgemeenschap. Grote schelpenbanken ontbreken dan ook, de biomassa wordt meer bepaald door kreeftachtigen en stekelhuidigen.

Binnen de offshore-gemeenschap kan een overgangszone worden onderscheiden (Van Scheppingen en Groenewold, 1990). Kustwaarts wordt deze overgangszone scherp begrensd op 5 kilometer van het strand. Richting zee loopt de overgangszone ongeveer tot 20 kilometer uit de kust en gaat daar geleidelijk over in het westelijk deel van de offshore-gemeenschap. De overgangszone wordt gekarakteriseerd door een relatief hoge dichtheid en biomassa aan kreeftachtigen. De biomassa van de tweekleppigen, die voor de voedselketen zo belangrijk zijn, is in het westelijke deel van de offshore-gemeenschap drie maal zo laag als in de overgangszone, maar in de kustzone is zij een factor 15 hoger. In de offshore gemeenschap domineren andere soorten *Ensis* en *Spisula* (*S. elliptica* en *S. solida*) dan in de kustgemeenschap, maar deze halen nooit de dichtheden van de bovengenoemde soorten in de kustgemeenschap.

Een samenvatting van aantallen en biomassa's in de diverse zones en een overzicht van de belangrijkste abiotische karakteristieken staat in tabel 11.4 (naar Van Scheppingen en Groenewold (1990)).

Afstand tot de kust	Kustgemeenschap		Offshore-gemeenschap			
	< 5 km		Overgangszone		Offshore-west	
			5 - circa 20 km		> circa 20 km	
	Dichtheid ²	Biomassa ¹	Dichtheid ²	Biomassa ¹	Dichtheid ²	Biomassa ¹
Polychaete wormen	4.093	9,9	553	3,7	741	2,0
Kreeftachtigen	601	0,2	567	4,5	219	1,1
Tweekleppigen	1.352	35,3	55	2,4	19	0,8
Stekelhuidigen	54	6,7	16	5,5	10	2,5
Overig	194	1,2	70	0,5	70	0,2
Totaal ³	4.232	53,3	1.171	12,5	826	6,6
Soorten/monster	21		15		13	
Mediane korrelgrootte	209 µm		295 µm		319 µm	
Slibgehalte	6,1%		1,43%		1,0%	

Tabel 11.4 Overzicht van macrobenthos en abiotische gegevens voor de Hollandse kust

¹ in gram AVDG/m²

² in n/m²

³ totale dichtheid exclusief juvenielen

Conclusies macrobenthos

Alle locaties liggen in het gebied van de offshore-levensgemeenschap, het gebied met een lage biomassa. Meer specifiek bevinden ze zich in de overgangszone. De biomassa is hier iets minder laag dan in de rest van de offshore-gemeenschap, maar qua karakter vertoont de overgangszone meer overeenkomsten met de meer westelijk gelegen zone dan met de kustgemeenschap (tabel 11.4).

11.2.3 Vissen

Gegevens

Er zijn geen bemonsteringen uitgevoerd die een gedetailleerd beeld opleveren van de visfauna van het studiegebied. Het is echter onzeker of dergelijke gegevens veel zouden toevoegen aan het beeld dat nu bestaat van de visfauna in de kustzone. Zowel bemonsteringsgrids als presentaties van bemonsteringen (vistrekken) zijn in het algemeen zo grootschalig dat er geen duidelijk beeld ontstaat van een eventuele structurele variatie binnen zo'n beperkt deel van de kustzone als het studiegebied (ICES kwadranten: 30 x 30 minuten, Knijn et al. 1996, Welleman (RIVO-DLO) persoonlijke mededeling).

Temporele variatie visfauna

De ontwikkeling van de visfauna vertoont sterke jaarlijkse fluctuaties. Een voorbeeld is de sterke achteruitgang van de Kabeljauw de laatste jaren. De grote variatie in de tijd, zowel per seizoen als per jaar, is een extra complicatie bij pogingen om binnen het studiegebied een detaillering in de visfauna aan te brengen.

Ruimtelijke variatie visfauna

Tussen de Hollandse kustzone en het gebied ten noorden van de Waddenzee bestaat een opmerkelijke overeenkomst in de visfauna. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er binnen de Hollandse kustzone nauwelijks aanwijzingen zijn voor het bestaan van locaties die een specifieke (meer)waarde vertegenwoordigen. Deels wordt dit verklaard door de mobiliteit van vissen. Daarnaast is het ook onwaarschijnlijk dat er wezenlijke verschillen in visfauna zouden bestaan, gezien de kleine verschillen in milieuomstandigheden: zowel de abiotische kenmerken als het voedsel voor vissen verschillen nauwelijks binnen het studiegebied.

Qua visfauna is er wel variatie in het kustgebied als de ondiepe kustzone, direct tegen het strand aan, wordt beschouwd. Jonge Tarbot met een lengte van enkele centimeters komt namelijk uitsluitend

in heel ondiep water voor. Ook van andere platvissen (Schol en Schar) is bekend dat de kleinste exemplaren in heel ondiep water voorkomen. Naarmate ze groeien zoeken ze steeds dieper water op. Bij de concentratie van platvis in de zone dicht bij de kust speelt het bodemvoedsel een grote rol. Voor grotere Schol en Bot kan *Spisula* het hoofdvoedsel vormen, voor Schar zijn alleen jonge schelpdieren van belang (Leopold, 1996). Schol en Bot voeden zich ook met siphonen van het Nonnetje (*Macoma balthica*) (De Vlas, 1979), een schelpdier dat vrijwel uitsluitend in de zone tot 5 kilometer van het strand wordt aangetroffen (Van Scheppingen en Groenewold, 1990).

De ondiepste delen van de kustzone hebben daarom een speciale betekenis. Het studiegebied ligt echter zeewaarts van deze zone.

De soortenrijkdom van bodemgebonden vis neemt toe van de Duitse bocht richting de zuidelijke Noordzee (Rijnsdorp et al. 1995). Genoemde auteurs verklaren dit doordat er in de Duitse Bocht een grote temperatuurvariatie voorkomt.

Voorzover een dergelijke gradiënt zich al zou manifesteren langs de Hollandse kust zou eerder het tegenovergestelde verwacht mogen worden: de milieufunctuatie die in het zuiden worden veroorzaakt door de instroom van de rivieren zullen namelijk in noordelijke richting uitdempen.

Bergman en Santbrink (1998) bevestigen nog eens dat er in de zuidelijke bocht van de Noordzee een duidelijke kustgebonden verspreiding is van een aantal vissoorten zoals Tong (*Solea solea*), Schar (*Limanda limanda*), Schol (*Pleuronectes platessa*) en Grondel (*Pomatoschistus* sp.). Voor de Kleine pieterman (*Trachinus vipera*) geldt het omgekeerde. Bij geen van deze soorten is er voor de Hollandse kust echter een noord-zuid gradiënt zichtbaar.

Paai-, opgroei- en doortrekgebied

Tong en Horsmakreel zetten eieren af in de kustzone. Daarnaast heeft de kustzone een belangrijke functie als kinderkamer voor platvissen zoals Schol, Tong, Schar, Tarbot en Griet, maar ook voor Haring, Kabeljauw en Ponen. Van de Schol in de Noordzee is 90 procent van alle jongen afkomstig uit de kustzone van België tot Jutland, inclusief de Waddenzee en de Zeeuwse stromen (Heessen, 1998).

Nadat Schol gepaaid heeft op een diepte van meer dan 20 meter, zweven eieren en larven gedurende twee maanden in de kustzone voordat ze de estuaria binnentrekken. Een- en tweejarige Schol bevindt zich vooral binnen de 30 mijlszone. De kinderkamergebieden van nul- en eenjarige tong liggen binnen de 12-mijlszone.

Paai- en opgroeistadia zijn niet strikt plaatsgebonden. Veelal treedt daarin een ruimtelijke verschuiving op: paaigebieden, larven en juvenielen bewegen zich als een brede baan door de kustzone.

Conclusie vissen

Door het proces van migratie is de Nederlandse kustzone als geheel van groot belang voor de visfauna: veel soorten vissen trekken door de hele Nederlandse kustzone. Hierdoor is er altijd een tijdspanne waarbinnen deze vissen zich in of ter hoogte van een locatie zullen ophouden, waar deze locatie ook ligt. Een speciale betekenis voor vis kan worden toegekend aan de zone dicht onder de kust (minder dan 5 kilometer uit de kust), maar deze ligt buiten het studiegebied. Binnen het studiegebied ontbreken de gegevens om een goede detaillering van de visfauna mogelijk te maken. Er is echter geen aanleiding om te verwachten dat er binnen het studiegebied een belangrijke variatie bestaat.

11.2.4 Zeezoogdieren

Walvissen

Van de Walvisachtigen (Cetacea) is de Bruinvis (*Phocoena phocoena*) de enige soort die regelmatig in de Nederlandse kustwateren wordt gesignaleerd. De habitat bestaat uit kusten en estuaria, maar de soort wordt ook ver van de kust aangetroffen en tot op diepten van meer dan 200 meter (Goodson, 1997; Read, 1997). De Bruinvis leeft incidenteel in groepen van meer dan 100 dieren, maar meestal in losse verbanden. Dit houdt in dat Bruinvissen ogenschijnlijk veelal solitair leven, maar dat er in werkelijkheid sprake is van groepen waarbij de individuen zich op honderden meters afstand van

elkaar bevinden (Baptist, persoonlijke mededeling). Voor zijn voedsel is de Bruinvis onder andere afhankelijk van vissoorten als Haring en Sprot, waarvan zich in de kustzone concentraties kunnen vormen.

In de eerste helft van deze eeuw was de Bruinvis algemeen in de Nederlandse kustzone, maar daarna werd deze soort een zeldzame en onregelmatige verschijning. Sinds 1986 houdt *P. phocoena* zich echter weer vrij algemeen voor onze kust op, met name in de winter en alleen ten noorden van de Waddeneilanden (Bergman en Leopold, 1992). In het Noordhollandse kustgebied komen de meeste waarnemingen van de Bruinvis (*Phocoena phocoena*) uit de omgeving van Texel (Camphuysen en Leopold, 1998). Gegevens over strandingen van de Bruinvis (Addink en Smeenk, 1999) bevestigen dit beeld. Uit luchtwaarnemingen (Witte et al., 1998) blijkt dat de zuidgrens van de zuidelijke Noordzeepopulatie van de Bruinvis voor de Nederlandse kust ligt. Het Noord-Hollandse kustgebied en meer specifiek 53° noorderbreedte wordt dan ook aangeduid als de zuidgrens van de Noordzeepopulatie van de Bruinvis. Incidenteel wordt de Bruinvis echter ook zuidelijker waargenomen en er lijkt een afname in de dichtheden aanwezig in de richting van het Kanaal. Vanwege de relatief noordelijke ligging geldt voor de locatie Egmond dat daar, in vergelijking met de andere locaties, de grootste aantallen bruinvissen mogen worden verwacht.

De Witsnuitdolfijn (*Lagenorhynchus albirostris*) wordt jaarlijks in de kustzone waargenomen - incidenteel kan het gaan om een groep van honderden individuen (Bergman en Leopold, 1992) - maar meestal zwemt deze soort wat verder uit de kust. Andere soorten, zoals de Witflankdolfijn (*Lagenorhynchus acutus*), de Tuimelaar (*Tursiops truncatus*) en de Gewone dolfin (*Delphinus delphis*), worden alleen zeer incidenteel waargenomen. Het gaat dan om hooguit enkele exemplaren per jaar. *Vroeger was de Tuimelaar ook een algemene soort langs onze kust.*

Zeehonden

In de Nederlandse kustwateren leven twee soorten zeehonden (Pinnipedia): de Gewone zeehond (*Phoca vitulina*) en de Grijze zeehond (*Halichoerus grypus*). De laatste kent alleen een populatie in het Waddengebied. Daarbuiten wordt slechts incidenteel een exemplaar waargenomen.

De grootste aantallen van de Gewone zeehond worden ook in de Waddenzee aangetroffen. Na de sterfte in 1988 neemt de soort weer sterk toe. Vooral van december tot en met februari worden ook zeehonden voor de Noord- en Zuid-Hollandse kust gezien (Platteeuw et al., 1994). Het vermoeden bestaat dat de zeehond met name in koude winters de Waddenzee verwisselt voor de kustzone. Waarschijnlijk is het noordelijk deel van het Hollandse kustzone belangrijker als uitwijkgebied voor zeehonden (*Phoca vitulina*) uit de Waddenzee dan het zuidelijk deel, vanwege de nabijheid van de Waddenzee. Theoretisch betekent dit dat op de meest noordelijke locatie (Egmond) de meeste zeehonden zouden kunnen voorkomen. In hoeverre deze, op zich kustgebonden, soort daadwerkelijk vlak onder de kust blijft is niet bekend. Als prooidieren zich verder zeewaarts bevinden, zijn daar tijdelijk ook concentraties voorstelbaar. Overige zeezoogdieren komen voor de Hollandse kust slechts zó sporadisch voor dat het niet zinvol is te speculeren over verschillen in dichtheid op de diverse locaties.

De aantallen in de (Voor)Delta nemen nog steeds toe (Witte en Wolf, 1997). De Hollandse kustzone is dus van belang als migratieroute tussen Waddenzee en (Voor)Delta. Ten aanzien van deze functie is er geen gradiënt langs de kust.

Conclusie zeezoogdieren

De Bruinvis is het talrijkste zeezoogdier op de locatiealternatieven. Op de locatie Egmond mogen in beginsel de hoogste aantallen worden verwacht. Ter hoogte van de locaties bevindt zich momenteel een marginaal deel van de populatie Bruinvissen, maar gezien recente ontwikkelingen mag niet uitgesloten worden dat dit in de toekomst verandert. De Gewone zeehond komt ook in de Hollandse kustzone voor. Voor beide soorten geldt dat er gemiddeld gesproken een geringe noord-zuid gradiënt is, met de grootste dichtheden in het noorden.

11.3 Effecten van de locaties

In een locatie-MER ligt het voor de hand het accent te leggen op de verschillen in de milieu-effecten tussen de locaties. Uit de vorige paragraaf bleek echter dat de locaties qua ecosysteemkenmerken in het algemeen nauwelijks van elkaar verschillen: de abiotische omstandigheden en (dus) ook de verschillende levensvormen vertonen een grote mate van overeenkomst. Om niet in een té sterke herhaling te vervallen worden de effecten dan ook in twee stappen behandeld. Voor ieder criterium worden de effecten in algemene zin beschreven, zodat een beeld ontstaat van de aard en omvang van effecten. Aan het eind van elk criterium wordt aangegeven in hoeverre er verschillen tussen de locaties zijn.

11.3.1 Stromingspatroon water

Door de funderingen van de windturbines verandert het stromingsregime op die plaats. Water wordt gedwongen rond de mast te stromen. Stroomopwaarts ontstaat stuwings en stroomafwaarts verschijnselen als zog en stroomluwte. De plaats waar deze verschijnselen optreden hangt af van de stromingsrichting en wisselt dus met het getij. Laminaire stromingspatronen kunnen plaatselijk overgaan in turbulente stromingen. Dit type waterbewegingen kan invloed hebben op vrijzwemmende vissen en op de bodemgemeenschappen en -samenstelling (zie de beschrijving onder het criterium 'aard en oppervlak van zandig substraat', paragraaf 11.3.2).

Vissen

In de buurt van scheepswrakken en andere objecten die boven de zeebodem uitsteken worden in de Nederlandse kustzone grote scholen Steenbolk (*Trisopterus luscus*) aangetroffen, die worden aangetrokken door de grote hoeveelheden aangroei op de wrakken. Mogelijk ook profiteren deze vissen van een afgenomen waterstroom. Dit zou uit energetisch oogpunt gunstig kunnen zijn, als zij zich op één plaats willen concentreren. Het is echter niet zeker of deze concentraties direct door een verandering van waterbeweging worden veroorzaakt. Het is namelijk ook goed mogelijk dat door turbulenties dieren, zoals garnalen, uit het zand tevoorschijn komen, zodat de samenscholingen van Steenbolk bij wrakken en dergelijke verklaard kunnen worden vanuit de aanwezigheid van voedsel. De gewijzigde waterbeweging is in dat geval indirect verantwoordelijk voor de concentratie van de Steenbolk.

Verschillen tussen de locaties

De effectvoorspelling voor dit criterium verschilt niet voor de zes locaties.

11.3.2 Aard en oppervlak van zandig substraat

Zandoppervlak

De windturbines leiden tot een te verwaarlozen afname van het oppervlak aan oorspronkelijk zandig substraat. Bij een windpark, dat onder water alleen bestaat uit funderingen, ligt de afname in de orde van 0,1 promille van het oorspronkelijke oppervlak van de zeebodem van een windpark.

Als er rond de funderingen van de turbines een bed van grind of stortsteen wordt aangebracht, is de afname aan oorspronkelijk substraat natuurlijk groter: een zone van ongeveer 6 meter rond een fundering betekent een afname van het oppervlak van de oorspronkelijke zeebodem van 0,1 procent. Overigens is verondersteld dat er geen bed van grind of stortsteen wordt aangebracht.

Sedimentsamenstelling

De funderingen brengen extra wervelingen in de getijdenstroom met zich mee, die de morfologie en dynamiek van de bodem lokaal beïnvloeden. Op plaatsen met een verhoogde waterbeweging ontstaan slijpgeulen en resteert alleen grofzandig materiaal. Op luwe plaatsen treedt juist ophoping van slib op (Van Moorsel, 1994).

Bodemdieren

De sedimentologische samenstelling van het substraat is van groot belang voor de fauna die zich daarin ontwikkelt. Dit betekent dat door de grotere variatie in de samenstelling van het sediment een grotere variabiliteit in het milieu en haar bewoners ontstaat.

Grote verplaatsingen van sediment kunnen ook gevolgen hebben voor de bodemfauna. Bodemdieren kunnen volledig verdwijnen of permanent begraven worden (Bijkerk, 1988; Van Moorsel en Munts, 1995). Bij baggerwerken worden met name de fijnere sedimentfracties met de stroom meegevoerd en kunnen daar de filtratiemechanismen van bodemorganismen negatief beïnvloeden.

In zijn algemeenheid is de huidige levensgemeenschap in de kustzone echter al goed aangepast aan een zandige ondergrond die van nature in beweging is. Na een grote, al of niet natuurlijke, verstoring weten kleine dieren, zoals polychaete wormen en kreeftachtigen, zich vaak weer snel te herstellen door migratie en vestiging. Bij de meeste grotere schelpdieren duurt het in de regel enige jaren voordat een populatie weer haar oude status bereikt kan hebben.

Omdat de afname van het zandig substraat klein is zal migratie vanuit de omgeving een belangrijke factor zijn bij het herstel van het bodemleven na het ingraven van kabels of het verwijderen van windturbines.

Bodemvissen

De afname van het oppervlak van de oorspronkelijke zandbodem heeft een navenante afname van de leefruimte tot gevolg voor met name bodemvissen (te denken valt aan verschillende soorten platvis en ponen). Evenals de afname van het oppervlak van de oorspronkelijke zandbodem is te verwaarlozen, is ook de afname van de leefruimte voor bodemvissen te verwaarlozen.

Verschillen tussen locaties

Omdat de sedimentologische karakteristieken van de verschillende locaties met elkaar overeenkomen en er geen verschillen in stromingspatroon zijn te verwachten, is er ook geen reden om aan te nemen dat de aard en het oppervlak van het zandig substraat van de diverse locaties op een verschillende manier worden beïnvloed. Een uitzondering moet wellicht worden gemaakt voor de locatie Katwijk, in verband met de Loswal Noordwest. Er kunnen wel verschillen tussen de locaties optreden vanwege verschillen in de lengte en het tracé van de kabel naar de kust.

Loswal Noordwest

Er zijn geen gegevens bekend over een mogelijk verhoogd slibgehalte op de locatie Katwijk door de Loswal Noordwest. Mocht dit het geval zijn, dan zou de sedimentologische variatie die door de plaatsing van windturbines ontstaat hier relatief groot kunnen zijn in vergelijking met de andere, meer noordelijk gelegen, locaties. Dit leidt in beginsel ook tot een grotere diversiteit van het bodemleven, maar die moet wel worden gezien in het licht van de mogelijke effecten van het verhoogde slibgehalte op zich. Te denken valt aan verlaging van de biologische primaire productie (onder andere algen) op de plaatsen waar het doorzicht is verminderd en aan het risico op zuurstofloosheid. Dit risico is verlaagd op plaatsen waar de stroomsnelheid is vergroot door het plaatsen van windturbines.

Lengte en tracé kabel

Het ingraven van kabels heeft lokaal gevolgen voor het bodemleven, maar ook voor de waterkwaliteit en daarmee op het bodemleven in de omgeving. Deze verschillen tussen de locaties komen ter sprake bij het criterium Waterkwaliteit. In vergelijking met de natuurlijke dynamiek van het gebied zijn deze verschillen echter gering en daarmee niet van onderscheidende invloed op de keuze van het tracé van de kabel (zie ook hoofdstuk 10).