

F. DYNAMICA VAN EEN MONOPAAL

Prof. dr. ir. J.H. Vugts, 1999

Dynamica van een monopaal

Door J.H. Vugts
maart 1999

Met monopaal wordt hier de gehele ondersteuningsconstructie van de gondel bedoeld, bestaande uit een doorlopende cilindrische toren boven de zeebodem en een funderingspaal tot in de grond.

De eigen frequentie in buiging van een ingeklemde, homogene toren met een topmassa M in lucht is (zie figuur 1a):

$$\omega_b^2 = \frac{3.04EI}{(M + 0.227 \mu L)L^3} \quad (1)$$

Voor een cirkelvormige cilinder met diameter D , wanddikte t en massa μ per lengte-eenheid kunnen we verder schrijven:

$$\begin{aligned} I &\equiv \frac{1}{8} \pi D^3 t \\ A &= \pi D t \\ \mu &= \rho A \equiv \rho \pi D t \end{aligned} \quad (2)$$

Als we tenslotte de topmassa M uitdrukken als een coëfficiënt maal de totale massa van de toren (boven de zeebodem), dus:

$$M = a \cdot \mu L \quad (3)$$

dan is:

$$\omega_b^2 \equiv \frac{3.04EI}{(M + 0.227 \mu L)L^3} = \frac{3.04E}{8\rho} \cdot \frac{1}{a + 0.227} \cdot \frac{D^2}{L^4} \quad (4)$$

Voor een gewenste eigen frequentie ω_b leidt dit tot een eerste schatting van de vereiste diameter D van:

$$D^2 \equiv \frac{8\rho}{3.04E} \cdot (a + 0.227) \cdot L^4 \cdot \omega_b^2 \quad (5)$$

Ten opzichte van een monopaal in water zijn hierbij de volgende effecten verwaarloosd:

- de toegevoegde massa van het ondergedompelde deel van de toren
- de massa van het water binnen in de toren
- de invloed van de flexibiliteit van de fundering

De genoemde invloeden hebben de neiging de frequentie te verlagen, hetgeen in de meeste gevallen ongewenst zal zijn.

Voor een homogene cilindrische toren zonder topmassa speelt de wanddikte in de onderlinge verhouding van stijfheid en massa geen rol (zie vergelijking 2). Voor een topmassa M heeft de wanddikte wel invloed op de waarde van de coëfficiënt a en daarmee indirect ook op de eigen frequentie. Een grotere wanddikte leidt dan tot een iets kleinere a en dus tot een iets hogere frequentie van de toren.

In een aantal gevallen zal de toren conisch worden uitgevoerd of zal de diameter en de wanddikte naar boven toe in één of meer stappen afnemen. Voor deze gevallen kan de eigen frequentie aanmerkelijk hoger zijn en zijn bovenstaande formules minder geschikt.

Voor $\omega = 2$ r/s (eigen periode 3.14 s) en $\omega = 3$ r/s (eigen periode 2.1 s) is bij wijze van voorbeeld de relatie tussen D en L volgens vergelijking (5) weergegeven in de tabellen 1 en 2 en de figuren 2 en 3.

Als de invloed van de flexibiliteit van de fundering wordt meegerekend, evenals de geringe invloed van de flexibiliteit voor afschuiving van de monopaal zelf, dan is het eenvoudiger om de relatie in de eigen periode in plaats van in de eigen frequentie te geven. Een redelijke benadering voor het verband tussen de verschillende invloeden is (zie figuur 1b):

$$T^2 = T_b^2 \cdot \left[1 + \frac{M + \mu L}{M + 0.227\mu L} \cdot \frac{3.044EI}{K_1 L^3} + \frac{M + \frac{1}{3}\mu L}{M + 0.227\mu L} \cdot \frac{3.044EI}{K_r L} + \frac{M + \frac{1}{3}\mu L}{M + 0.227\mu L} \cdot \frac{3.044EI}{G(kA)L^2} \right] \quad (6)$$

waarbij:

T_b	=	$2\pi/\omega_b$	=	eigen periode in buiging boven de zeebodem
K_λ	=			veerconstante fundering tegen laterale verplaatsing
K_r	=			veerconstante fundering tegen rotatie om een punt op de zeebodem
G	=			glijdingsmodulus
kA	=			effectieve doorsnede oppervlak voor afschuiving

Indien K_λ , K_r en $G(kA)$ niet oneindig groot zijn zal de factor tussen de vierkante haken groter dan 1.0 zijn, zodat de eigen periode bij gecombineerde stijfheden hoger is dan de eigen periode ten gevolge van buiging alleen, zoals al eerder werd opgemerkt. Als één van de 3 termen tussen de vierkante haken van dezelfde orde van grootte wordt als de constante 1.0 dan wordt het trillingsgedrag niet door buiging gedomineerd en is vergelijking (6) niet meer geldig. Tenslotte wordt opgemerkt dat voor de 3 termen binnen de vierkante haken de wanddikte van de toren boven de zeebodem wel van belang is. In deze termen wordt niet de stijfheid en de massa van de toren, maar de stijfheid van de toren en de stijfheid van de fundering onderling vergeleken en daarbij valt de wanddikte niet weg in de vergelijking.

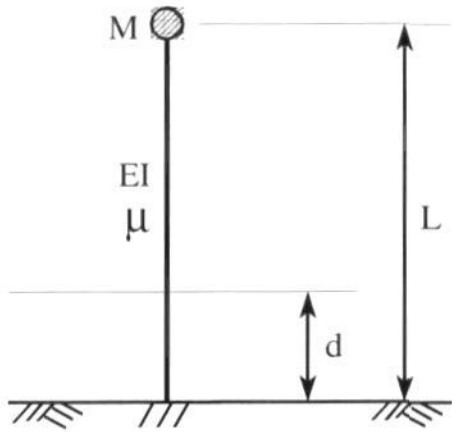
Om ongewenste verlaging van de resonantie frequentie (verhoging van de eigen periode) te voorkomen zal de diameter nog iets moeten toenemen ten opzichte van de schatting die uit vergelijking (5) wordt verkregen. Grotere diameter betekent grotere belasting door golven en stroom en (in aanzienlijk mindere mate) ook door wind op de toren. Dit zal gecompenseerd moeten worden door een aanpassing van de wanddikte. In eerste benadering heeft dit geen invloed op de eigen frequentie. Zowel diameter als wanddikte verhogen natuurlijk wel het gewicht van de monopaal.

	D (m)			
L (m)	a=0	a=0.5	a=1.0	a=2.0
50	0.75	1.34	1.74	2.34
60	1.08	1.93	2.50	3.37
70	1.46	2.62	3.40	4.59
80	1.91	3.42	4.45	5.99
100	2.90	5.35	6.95	9.36

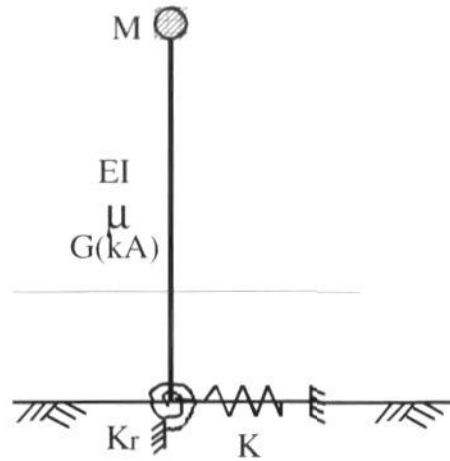
Tabel 1 – Diameter van de paal als functie van de lengte van de paal
voor $\omega_b = 2$ r/s en diverse topmassa's

	D (m)			
L (m)	a=0	a=0.5	a=1.0	a=2.0
50	1.12	2.01	2.61	3.51
60	1.61	2.89	3.75	5.06
70	2.20	3.93	5.11	6.88
80	2.87	5.13	6.67	8.99
100	4.48	8.02	10.42	14.04

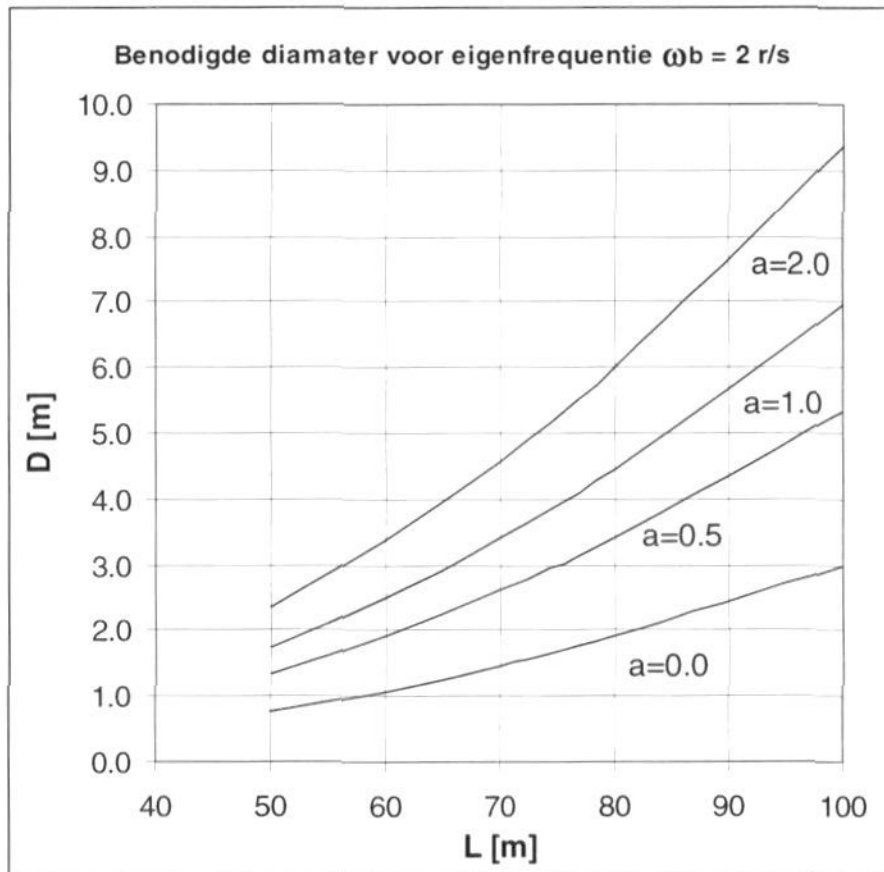
Tabel 2 – Diameter van de paal als functie van de lengte van de paal
voor $\omega_b = 3$ r/s en diverse topmassa's



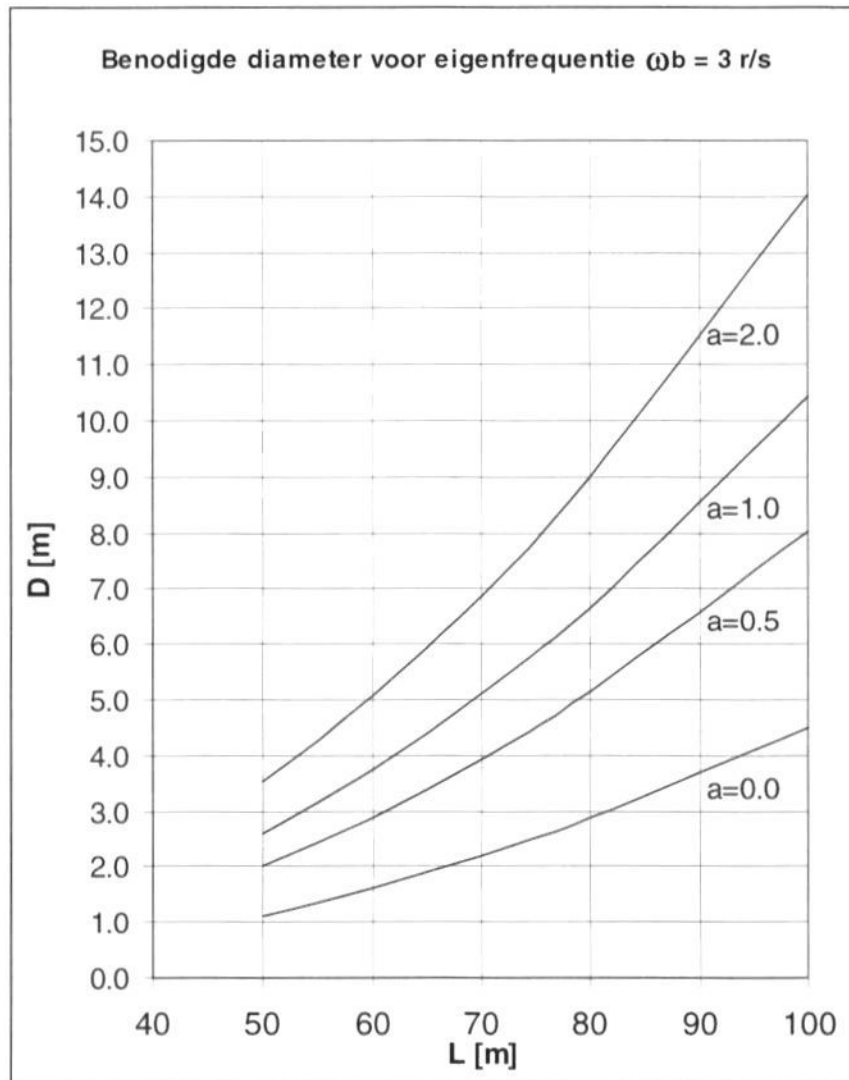
Figuur 1.a



Figuur 1.b



Figuur 2



Figuur 3

G. LATERALLY LOADED PILE

Prof. dr. ir. A. Verruijt, 1999

LATERALLY LOADED PILE

Arnold Verruijt

24 March 1999

1 Introduction

In this note an approximate analytic solution is presented for the problem of a laterally loaded pile in a homogeneous sandy soil, taking into account plastic deformations of the soil. The purpose of the analysis is to evaluate the stiffness of a single pile to a lateral load applied at a certain level above the soil surface.

A fairly realistic assumption for the response of the soil to a lateral displacement is to consider this to be elasto-plastic, see Figure 1. In this figure the response is assumed to be

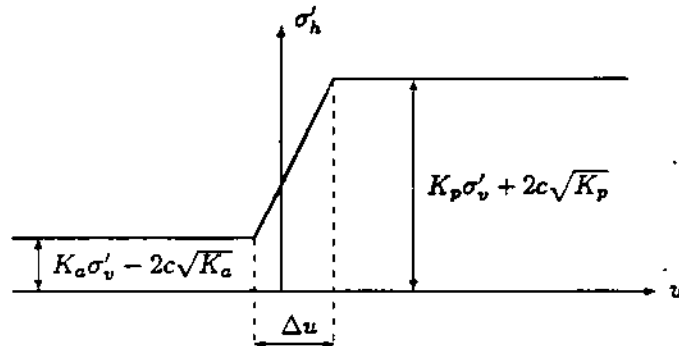


Figure 1: Elasto-plastic soil response.

elastic if the displacement is small. It reaches its maximum value (the *passive* lateral soil pressure),

$$\sigma'_{h-\max} = K_p \sigma'_v + 2c \sqrt{K_p}, \quad (1)$$

when the displacement reaches a certain positive value, and it reaches its minimum value (the *active* lateral soil pressure),

$$\sigma'_{h-\min} = K_a \sigma'_v - 2c \sqrt{K_a}, \quad (2)$$

when the displacement reaches a certain negative value. If the value obtained from eq. (2) is found to be negative the horizontal effective stress is zero, because tensile stresses cannot be transferred in a granular material. In the equations given above c is the cohesion of the soil, and K_a and K_p are the active and passive pressure coefficients,

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}, \quad (3)$$

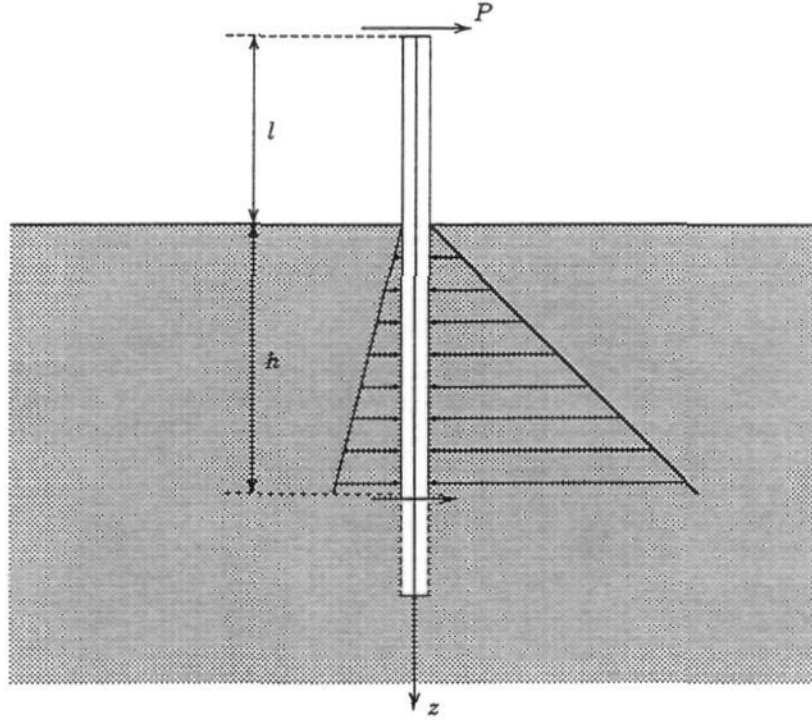


Figure 3: Blum's schematization.

1.1 Solution of the basic problem

The differential equation is, assuming that the soil is cohesionless sand ($c = 0$),

$$EI \frac{d^4 u}{dz^4} = f = -(K_p - K_a) D \gamma' z. \quad (7)$$

It is usually assumed that the three-dimensional effects on the lateral stress can be taken into account by taking the width D somewhat larger than the actual width of the pile. An alternative method, which will be used here, is to maintain D as the actual diameter of the pile, and to take the value of the soil parameter $K_p - K_a$ somewhat larger (say by a factor 2).

The boundary conditions are

$$z = 0: \quad Q = -EI \frac{d^3 u}{dz^3} = -P \quad (8)$$

$$z = 0: \quad M = -EI \frac{d^2 u}{dz^2} = -Pl, \quad (9)$$

$$z = h: \quad u = 0, \quad (10)$$

$$z = h: \quad \frac{du}{dz} = 0, \quad (11)$$

$$z = h: \quad \frac{d^2 u}{dz^2} = 0. \quad (12)$$

The value of the parameter h , the depth below the sea bottom at which the pile is considered to be clamped, is unknown. The actual length of the pile should be considerably larger than

$$z = h: \quad \phi = \phi_0 = -\frac{du}{dz} = \frac{Ph(h+3l)}{4EI}. \quad (22)$$

The displacement of the top of the pile (for $z = -l$) consists of three terms,

$$z = -l: \quad u = u_t = u_1 + u_2 + u_3 = u_0 + \phi_0 l + \frac{Pl^3}{3EI}, \quad (23)$$

where the last term represents the contribution of the bending of the pile above the sea bottom.

2 Design considerations

For a preliminary design let it be considered that the bending moment at the level of the sea bottom is characteristic. The local bending stress is

$$\sigma_b = \frac{MD}{2I} \quad (24)$$

Let the force P be expressed as

$$P = \gamma_w w^2 D, \quad (25)$$

The moment of inertia is $I = \pi D^3 d / 8 = AD^2 / 8$, where A is the area of the cross section, $A = \pi D d$. This now gives

$$A = \frac{4\gamma_w w^2 l}{\sigma_b}. \quad (26)$$

Assume that $\gamma_w = 10 \text{ kN/m}^3$, $w = 7 \text{ m}$, $l = 20 \text{ m}$ and $\sigma_b = 160 \times 10^3 \text{ kN/m}^2$. Then the area should be about $A = 0.25 \text{ m}^2$. A possible combination is that the diameter is $D = 2 \text{ m}$ and that the wall thickness is $d = 0.04 \text{ m}$. In that case the bending stiffness is $EI = 25 \times 10^6 \text{ kNm}^2$.

The value of h can be determined from (17),

$$\gamma_w w^2 D = (K_p - K_a) \gamma' D \frac{h^2}{6(1 + l/h)}.$$

or

$$h^2 = \frac{6w^2}{K_p - K_a} \left(1 + \frac{l}{h}\right).$$

Assuming that $K_p - K_a = 6$ (taking into account the threedimensional effect), this gives

$$h^2 = w^2 \left(1 + \frac{l}{h}\right).$$

This leads to a value of about $h = 12 \text{ m}$.

The displacements of the top of the pile are now as follows. The first term, the displacement at the sea bottom is

$$u_1 = u_0 = \frac{Ph^2(4h+9l)}{30EI} = 0.044 \text{ m},$$

The second term, the displacement due to the rotation at the sea bottom, is

$$u_2 = \phi_0 l = \frac{Ph(4h+3l)l}{4EI} = 0.172 \text{ m},$$

4 Conclusions

- The calculations confirm that for water depths of 20 m or more (*water levels during storm conditions*), the dimensions of the pile become very large.
- The analysis also confirms that the stiffness of the pile-soil system is not very large. Stiffness is the determining factor for the design, not the strength of the pile material.
- The calculations indicate that the apparent depth of the point of fixation of the pile is located at a depth of about 12 meter below the soil surface. For a pile having a diameter of 3 meter this means that $h \approx 4D$.
- It should be noted that the location of the point of application of the force above the soil surface (indicated by l) is considerably larger than the average low water level used in the maps and the reports of the Near Shore Windpark study. The value of l is the height of the wave force acting during a storm, when the water level is considerably higher (say 5 meter) than average low water. Thus a value $l = 20$ m corresponds to a low water depth of about 15 meter.
- A possible lowering of the soil surface by scour has been neglected. This would have a negative influence on the stiffness and the required pile length, but may be prevented by a gravel pack.
- The influence of the wind force on the turbine, at a considerable height above the water level, has also been neglected. This means that the actual deformations will be considerably greater than the ones calculated here. This may be balanced by the perhaps rather severe criterion (1/200) used in the present analysis.
- For an actual design the lateral stiffness of the pile-soil system should be determined by a numerical analysis, using one of the many available software packages.

H. WINDAANBOD

Ecofys, 1999

MER Near Shore Windpark Windaanbod

drs. J.P. Coelingh
dr. E.J. van Zuylen

oktober 1999

in opdracht van

Haskoning
Ingenieurs- en Architectenbureau
contractnr. G0160.B0

E 667

ECOFYS Postbus 8408, NL-3503 RK Utrecht, Nederland, tel. 030-2808300
Kanaalweg 16-G, 3526 KL Utrecht, tel. 030 2808300

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Van zes beoogde locaties voor het 100 MW Near Shore Windpark is bekeken welke gemiddelde windsnelheden op verschillende ashogtes verwacht kunnen worden. De basisgegevens die gebruikt zijn komen uit de haalbaarheidsstudie uitgevoerd in opdracht van NOVEM.

Van belang is het verloop van de windsnelheid met de hoogte (het windprofiel). Boven zee kan worden volstaan met een eenvoudige profielrelatie, waarbij gemiddeld een neutrale atmosfeer kan worden aangenomen en een vaste ruwheidslengte.

De locaties liggen in de buurt van elkaar (binnen 50 km afstand) voor de kust bij Egmond, IJmuiden, Zandvoort en Katwijk op afstanden variërend van 8 tot 22 km van de kust. Uitgangspunt voor de resultaten is dat de afstand tot de kust het meest bepalend is voor de windsnelheid. Uit windsnelheid-gegevens van een aantal meteolocaties zijn gradiënten afgeleid, die de toename van de windsnelheid als functie van de afstand tot de kust op een vereenvoudigde manier beschrijven. Wanneer de windsnelheden van Meetpost Noordwijk als uitgangspunt worden genomen, kan met de afgeleide gradiënten het verloop van de windsnelheid worden beschreven.

De resultaten laten uiteindelijk zien dat de windsnelheden op 50 m hoogte uiteenlopen van 8,8 tot 9,0 m/s en op 70 m hoogte van 9,0 tot 9,2 m/s. Op afstanden van 10 km en verder van de kust is de toename van de windsnelheid met de afstand dus betrekkelijk gering.

1. INLEIDING

Deze notitie beoogt het windaanbod te beschrijven voor de zes mogelijke locaties voor het Near Shore Windpark zoals deze per februari 1999 voorliggen. Dit wordt gedaan in het kader van het opstellen van een Milieu Effect Rapportage. Het doel is om verschillende locaties af te kunnen wegen op technisch-economische aspecten, waarbij het te verwachten windaanbod (d.w.z. de langjarig gemiddelde windsnelheid op ashoogte) van groot belang is.

Als basis voor de resultaten van deze notitie wordt de eerder in opdracht van NOVEM uitgevoerde haalbaarheidsstudie genomen, waarin ook het aspect windaanbod uitgebreid behandeld is [1]. De locaties die in dit stadium onderzocht worden liggen ter hoogte van Egmond, iets ten noorden van IJmuiden, ter hoogte van Zandvoort en ter hoogte van Katwijk. De afstanden tot de kust variëren van minimaal 8 km tot maximaal 22 km (grens van de 12-mijlszone).

2. UITGANGSPUNTEN

Gevraagd wordt de gemiddelde langjarig verwachte windsnelheid op ashoogte aan te geven die verwacht kan worden op de zes locaties. Als mogelijke ashoogtes worden hierbij gehanteerd 50 en 70 meter.

In de haalbaarheidsstudie is voor de noordelijke locaties gebruik gemaakt van windsnelheidsgegevens afkomstig van drie meetpunten, te weten IJmuiden, Hoek van Holland en Meetpost Noordwijk. De eerste twee zijn gelegen op de kust, de laatste is een platform 9 km van de kust. In een aanvulling voor de locatie IJmuiden-II is bovendien gebruik gemaakt van gegevens afkomstig van het Europlatform. Dit is gelegen op ongeveer 50 km van de kust.

Boven land hangt de windsnelheid op een bepaalde locatie sterk af van de lokale terreinruwheid en dus van de toestand van het onderliggende oppervlak. Op zee geldt dat de terreinruwheid niet zozeer van de locatie afhangt, maar van de golftoestand en daarmee van de windsnelheid. Hoe groter de windsnelheid, hoe meer golven, hoe groter de ruwheid. Voor locaties op zee is de afstand tot de kust het meest bepalend voor de te verwachten gemiddelde windsnelheid. Daarbij moet aangetekend worden dat deze afhankelijkheid vooral geldt in de eerste kilometers vanaf de kust en dat deze na zo'n 10 kilometer steeds minder wordt. Voor de zes locaties die hier bestudeerd worden geldt dit in gelijke mate.

3. BEREKENINGSWIJZE

In deze paragraaf worden de in de berekeningen gevolgde stappen toegelicht. Hierbij wordt aangesloten bij de methode die beschreven is in de haalbaarheidsstudie. Hiervoor was een dataset beschikbaar van de periode 1985-1992.

3.1 KLIMATOLOGISCHE CORRECTIE

In de haalbaarheidsstudie is gebleken dat de gemiddelde windsnelheid in de periode 1985-1992 1% meer was dan voor de klimatologische periode 1961-1990. Om die reden worden de windsnelheden door een factor 1,01 gedeeld. Het belang van deze correctie is in dit geval klein voor de onderlinge vergelijking,

omdat de meetperiode voor alle meetlocaties hetzelfde is en er dus geen onderscheid optreedt. Dit zou wel het geval zijn wanneer meetgegevens van verschillende perioden gebruikt zouden worden.

3.2 WINDPROFIEL

Voor de berekening van de windsnelheid U_1 als functie van de hoogte Z_1 (het windprofiel) is gebleken dat mag worden aangenomen dat de stabiliteit gemiddeld neutraal is (zie bijvoorbeeld [2]) en dat de logaritmische relatie geldt met een ruwheidslengte $z_0=0,0002$ m. In dat geval geldt de profielrelatie:

$$U_1 = \frac{u_*}{\kappa} \ln\left(\frac{Z_1}{z_0}\right), \text{ waarbij } \kappa \text{ een constante is (0,4) en } u_* \text{ de wrijvingssnelheid;}$$

Als de windsnelheid U_1 op hoogte Z_1 bekend is (uit metingen), dan is de windsnelheid U_2 op een willekeurige hoogte Z_2 als volgt te berekenen, waarbij u_* en κ wegvallen:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\ln\left(\frac{Z_1}{z_0}\right)}{\ln\left(\frac{Z_2}{z_0}\right)}$$

Uit literatuur blijkt dat met name op zee deze vereenvoudigde relaties gemiddeld goede resultaten geven (zie bijvoorbeeld [2]).

3.3 WINDSNELHEIDSMETINGEN

Zoals eerder opgemerkt zijn voor deze studie de windsnelheidsgegevens gebruikt van IJmuiden, Hoek van Holland, Meetpost Noordwijk en Europlatform. In onderstaande tabel zijn de gegevens van deze locaties weergegeven. Tevens is de klimatologische correctie toegepast en is de profielrelatie toegepast voor het berekenen van de windsnelheid op 50 en 70 meter hoogte.

Tabel 1: Overzicht gemeten windsnelheden op verschillende meetlocaties en berekend voor verschillende ashoogtes (zie ook [2,3]).

	IJmuiden	Hoek van Holland	Meetpost Noordwijk	Europlatform
Meethoogte	18,5 m	15,0 m	27,6 m	29,1 m
Windsnelheid	7,5 m/s	7,6 m/s	8,4 m/s	8,8 m/s
Berekende windsnelheden met profielrelatie				
Op 50 m	8,2 m/s	8,4 m/s	8,9 m/s	9,3 m/s
Op 70 m	8,4 m/s	8,6 m/s	9,1 m/s	9,5 m/s

3.4 GEOGRAFISCH INTERPOLATIE

De beoogde locaties Egmond, IJmuiden, Zandvoort en Katwijk liggen minimaal zo'n 8 km en maximaal zo'n 22 km van de kustlijn. Het verloop van de windsnelheid als functie van de afstand tot de kust heeft de sterkste gradiënt in de eerste kilometers omdat daar de invloed van het land het grootst is. Wanneer we voor de windsnelheid op de kust het gemiddelde nemen van IJmuiden en Hoek van Holland blijkt de gemiddelde gradiënt over de afstand van 9 km tot Meetpost Noordwijk 0,6 m/s te bedragen, oftewel zo'n 0,7% per km. Tussen Meetpost Noordwijk en Europlatform is de gradiënt veel geleidelijker. De afstand tot de kust van Europlatform bedraagt ongeveer 50 km, en dan vinden we voor de gemiddelde gradiënt tussen Meetpost Noordwijk en Europlatform 0,4 m/s/40 km, oftewel ongeveer 0,1% per km.

Deze gemiddelde gradiënten zijn uiteraard vrij grof berekend, maar op basis van de aanwezige informatie is dit de beste schatting die gemaakt kan worden. Over het uitgangspunt voor de gemiddelde windsnelheid kan het volgende worden opgemerkt. De maximale afstand tussen de zes locaties is ongeveer 50 km, evenwijdig langs de kustlijn gerekend. Dit is in de praktijk van opbrengst-berekeningen voor windturbines een geringe onderlinge afstand. Daarom gaan we ervan uit dat het windklimaat op alle zes locaties in principe gelijk is. Dit betekent dat de afstand tot de kust bepalend is voor de uiteindelijke windsnelheid.

Op basis van het voorgaande mogen we aannemen dat op 9 km van de kust de gemiddelde windsnelheid gelijk is aan die gemeten op Meetpost Noordwijk. Verder gebruiken we de eerder genoemde gradiënten voor de berekening als functie van de afstand tot de kust, en de windprofielrelatie voor het verloop van de windsnelheid met de hoogte.

4. RESULTATEN

De zes locaties laten zich met betrekking tot de afstand tot de kust karakteriseren door middel van een minimum respectievelijk een maximum. Passen we nu de eerder genoemde berekeningsmethode toe, dan krijgen we de volgend tabel met de uiteindelijke resultaten.

Tabel 2: Overzicht van de berekende windsnelheden op verschillende ashoogtes op de minimum- en maximumafstanden voor de zes locaties voor het NSW.

Locatie	IJmuiden				Zandvoort				Katwijk		Egmond	
	Oost		West		Oost		West					
Minimum afstand	8 km		14 km		8 km		14 km		8 km		8 km	
Maximum afstand	14 km		21 km		14 km		21 km		15 km		14 km	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
U 50 m (m/s)	8,8	8,9	8,9	9,0	8,8	8,9	8,9	9,0	8,8	9,0	8,8	8,9
U 70 m (m/s)	9,0	9,1	9,1	9,2	9,0	9,1	9,1	9,2	9,0	9,1	9,0	9,1

De berekeningen voor deze locaties laten zien dat de verschillen in windsnelheid vrij klein zijn. De voornaamste bepalende factor is de ashoogte, maar deze werkt niet onderscheidend voor de verschillende locaties.

Naast de langjarig gemiddelde windsnelheden zijn voor de toepassing van windenergie andere parameters belangrijk. Daarbij kan in de eerste plaats gedacht worden aan de frequentieverdeling van de windsnelheid. Daarbij gaat het om de frequentie van voorkomen van de verschillende windsnelheidsklassen. Deze verdeling wordt beschreven met een statistische functie, de zogenaamde Weibull-functie. Deze wordt beschreven met twee parameters, waarvan de Weibull k-factor de belangrijkste is. Deze beschrijft de (klok)vorm van de verdeling. In de tweede plaats is van belang de verdeling van de windsnelheden per windrichtingssector. Daarbij gaat het er zowel om hoe vaak de wind uit een bepaalde richting komt, als om de gemiddelde windsnelheid per windrichting. Hiermee kan worden bepaald welke windrichtingen het belangrijkste zijn voor de opbrengsten, en dus hoe de parkopstelling voor het windaanbod het meest optimaal is. Wij nemen hier aan, net als in de haalbaarheidsstudie, dat deze gegevens niet sterk afhangen van de exacte locatie en van de hoogte. Het ligt voor de hand de gegevens over te nemen zoals die gerapporteerd zijn voor Meetpost Noordwijk, aangezien deze meetlocatie het meest overeenkomt met de zes locaties die hier onderzocht worden.

In onderstaande tabel staan per windrichtingssector van 30° (waarbij sector 1 die van 345° tot 15° is, en zo verder met de klok mee), de frequentie van voorkomen, de Weibull k-factor en de gemiddelde windsnelheid op 50 en 70 m.

Tabel 3: Overzicht per windrichtingssector van de frequentie van voorkomen, de Weibull k-factor en de gemiddelde windsnelheid op twee ashoogtes.

Wind sector	Frequentie ¹	Weibull k-factor	U50 (m/s)	U70 (m/s)
1	7%	2,3	7,9	8,1
2	6%	2,4	7,6	7,8
3	6%	2,3	7,9	8,2
4	6%	2,3	7,5	7,7
5	6%	2,5	6,6	6,8
6	5%	2,4	6,6	6,8
7	6%	2,2	7,7	7,9
8	14%	2,4	11,0	11,4
9	16%	2,5	10,8	11,1
10	10%	2,2	9,9	10,1
11	9%	2,0	9,7	9,9
12	8%	2,1	8,5	8,7

¹ door afronding is de som van de frequenties geen 100%.

Deze getallen zijn dus afkomstig van de meetlocatie Meetpost Noordwijk en worden verondersteld te gelden voor locaties met dezelfde afstand van 9 km tot de kust. Voor andere afstanden tot de kust voor de zes locaties nemen we aan dat de gradiëntfunctie voor alle windrichtingssectoren gelijkelijk kan worden toegepast.

5. DISCUSSIE

Twee belangrijke aannames bepalen hoofdzakelijk de resultaten. De eerste aanname is dat voor de windsnelheden op elk van de zes locaties de windsnelheden van Meetpost Noordwijk het uitgangspunt zijn, en dat er geen verschil is tussen de windsnelheden als functie van de afstand evenwijdig aan de kust. Er zijn twee redenen voor deze aanname. Ten eerste is de maximale afstand tussen twee punten gelegen in de zes locaties ongeveer 50 km. In de dagelijkse praktijk van opbrengstberekeningen voor windturbines is dat een aanvaardbare afstand om met dezelfde basisgegevens van de windsnelheid te rekenen. De tweede reden is het geringe verschil tussen IJmuiden en Hoek van Holland. Dit verschil bedraagt slechts 0,2 m/s op locaties met verschillende omgeving aan de landzijde. Het is niet uit te sluiten dat er een verloop van zuid naar noord is van de windsnelheid, maar gegeven voorgaande overweging en het feit dat er niet meer informatie voorhanden is om dit te controleren hanteren wij deze aanname.

De tweede aanname is dat de gradiënt voor de windsnelheid als functie van de afstand tot de kust voor afstanden groter dan 9 km gelijk is aan 0,1%/km. Dit volgt uit het middelen van het verschil van de metingen van Meetpost Noordwijk (9 km van de kust) en van Europlatform (ongeveer 50 km van de kust). Zoals eerder vermeld is de gradiënt tussen 0 en 9 km berekend op 0,7% per km. Volgens de gevolgde methode is er dus als het ware een sprong in de gradiënt. Het is niet aan te nemen dat deze sprong daadwerkelijk bestaat. Het zal eerder zo zijn dat de gradiënt geleidelijk zal afnemen. We hebben hierover echter geen nadere informatie beschikbaar. De resultaten zoals hier berekend kunnen voor de afstand groter dan 9 km van de kust worden gezien als licht *conservatief*. Hierbij dient wel aangetekend te worden dat het in ieder geval zeer onwaarschijnlijk is dat de windsnelheden op de zes locaties hoger zouden zijn dan die op Europlatform. Aangezien het absolute verschil in windsnelheid tussen Meetpost Noordwijk en Europlatform op elke hoogte slechts 0,4 m/s bedraagt, is de marge in de orde van tienden m/s.

Andere aannames die leiden tot de resultaten zijn van minder belang. Te denken valt aan de klimatologische correctie en de gebruikte relatie voor het windprofiel. Dit zijn bovendien aannames die geen onderscheiding tussen de verschillende locaties tot gevolg hebben.

6. REFERENTIES

- [1] Haalbaarheidsstudie Demonstratieproject Near Shore Windpark – Cluster I: Voorstudie Locatieselectie – Deelstudie Windaanbod, 1997
- [2] Coelingh et al., Analysis of wind speed observations over the North Sea, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 61, (1996), 51-69
- [3] Coelingh et al., Analysis of wind speed observations on the North Sea coast, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics 73, (1998), 125-144

I.1 METHODE EN DATA VOOR HET VOORSPELLEN VAN ZICHTEFFECTEN

SC-DLO, 1999

0. Inleiding

Deze bijlage gaat, aan de hand van figuur 9.2 uit het MER, dieper in op de methode en data voor het voorspellen van zichteffecten. De methode bestaat uit 4 blokken:

1. Input;
2. Databestanden;
3. Bewerkingen;
4. Output.

1. Input

De input bestaat uit de x-,y-coördinaten (RD) van de hoekpunten van een windpark. De x-,y-waarden omvatten elk zes cijfers. De invoer van de hoekpunten geeft de kenmerken van de locatie en de omvang van een windpark. Tevens wordt rekening gehouden met de hoogte van de windturbines.

2. Databestanden en Bewerkingen

2.1 Studiegebied en invloedsgebied

Het studiegebied is opgedeeld in vierkanten of grids van 250x250 meter, passend binnen het coördinatenstelsel van 1x1 kilometer van de topografische kaart 1:25.000. Elk grid heeft een attribuut voor de ligging. Dat is de x-,y-coördinaat van de linkerbeneden hoek. Het studiegebied omvat 3987 grids.

Bij bewerking 1 wordt het invloedsgebied bepaald. Dat zijn alle grids die liggen binnen een afstand van 25 kilometer van een windparkvariant. Alle verdere bewerkingen hebben alleen betrekking op de grids binnen het invloedsgebied. Dat invloedsgebied varieert met de ligging van een windpark.

2.2 Afstand en zichturen

Voor de bepaling van de zichturen bestaat het basismateriaal uit:

- Aantal zichturen van de stations IJmuiden en Hoek van Holland tijdens de daglichtperiode gemiddeld per maand en per jaar (gemiddelden gedurende de periode 1 januari 1989 tot en met 31 december 1998) (Meteoconsult, 1999).
- Frequentieverdelingen van zichturen per maand en per jaar voor de zichtklassen <500 m, 500-1.000 m, 1.000-2.500 m, 2.500-5.000 m, 5.000-8.000 m, 8.000-14.000 m, 14.000-21.000 m, 21.000-30.000 m, >30.000 m, voor de weerstations IJmuiden en Hoek van Holland (Meteoconsult, 1999).

In de studie is de afstand van een windpark tot een grid gekoppeld aan het percentage zichturen. De grids liggen meer of minder dicht bij één van de weerstations. Het studiegebied tussen IJmuiden en Hoek van Holland is door midden gedeeld. Alle grids in het studiegebied ten zuiden van deze deellijn behoren tot het meteorologisch zicht van Hoek van Holland, alle grids ten noorden van deze deellijn tot die van IJmuiden.

Voor het bepalen van het percentage zichturen per grid worden verschillende bewerkingen uitgevoerd. Er moet eerst een keuze worden gemaakt over de hoekpunten van een windpark die in beschouwing worden genomen bij het berekenen van de afstand

windpark-grid/waarnemer. De waarneming van een windpark en daarmee de relevante hoekpunten verschilt afhankelijk van het waarnemingspunt ten opzichte van het windpark. Om dat in rekening te brengen zijn de voorste zijden van het windpark doorgetrokken naar de kust. Het invloedsgebied wordt daardoor opgedeeld in drie zones. Per zone worden de 2 of 3 hoekpunten gekozen die vanuit die zone het dichtste bij liggen en het beste zichtbaar zijn. Per gridcel worden de afstanden tot die 2 of 3 hoekpunten bepaald. De afstanden worden omgerekend tot het percentage zichturen. De waarden worden per grid gemiddeld. Voor grids die gerekend worden tot het weer van IJmuiden wordt de volgende formule gebruikt (y = percentage zichturen van het totaal aantal zichturen; x = afstand in meters):

$$y = 12.179 + 87.821 \cdot \text{EXP}[-\{(x/15145.50)^2\}]$$

Voor grids met het weer van Hoek van Holland geldt de volgende formule:

$$Y = 17.464 + 82.536 \cdot \text{EXP}[-\{(x/15255.36)^2\}]$$

De bewerking geeft als resultaat per grid het gemiddelde percentage zichturen tot het windpark. Uiteraard alleen van de grids die liggen binnen het invloedsgebied van dat windpark.

2.3 Zichtbaarheid

Voor het bepalen van de zichtbaarheid is gebruik gemaakt van het volgende materiaal:

- De meest recente topografische kaart 1:25.000, die informatie geeft over hoogten en over de aanwezigheid van opgaande elementen als bebouwing en beplanting.
- De geomorfologische kaart 1:50.000, die inzicht geeft in het reliëf, vooral van belang voor bepalen van toppen en valleien in de duinen.
- Informatie over recreatieve uitzichtpunten in de duinen.

De zichtbaarheid van een windpark wordt per grid bepaald. In concreto gaat het om de vraag of er in een zone van ongeveer 750 meter rondom een grid massa-elementen aanwezig zijn (bijvoorbeeld beplanting, bossen, gebouwen of duinen) van circa acht meter boven ooghoogte. Om dit te bepalen zijn de hoogtegegevens van de topografische kaart 1:25.000 en de geomorfologische kaart 1:50.000 gebruikt. Tevens is nagegaan of er massa-elementen in de vorm van beplanting of bebouwing aanwezig zijn in de zone van 750 meter rondom elk gebiedje.

In het overgrote deel van het gebied gaat het om waarnemingen vanuit het landschap. *Het gaat dan vooral om mensen, meestal recreanten, die gedurende korte perioden op die plekken aanwezig zijn.* Op enkele plaatsen zijn er hoge (flat)gebouwen van waaruit de zee zichtbaar is. Op deze plekken gaat het niet alleen om recreanten, maar ook om bewoners die het gehele jaar aanwezig zijn.

In het databestand zichtbaarheid is aan elke gridcel een klasse toegekend. Een en ander leidt tot de zichtbaarheidskaart (figuur 9.8 in het hoofdrapport) en de frequentieverdeling van de klassen over het studiegebied.

Klassen	Beschrijving	Frequenties
1	niet zichtbaar	70,6 procent

2	wel/niet zichtbaar – buitenshuis	16,2 procent
3	zichtbaar – buitenshuis	11,9 procent
4	zichtbaar - zowel buitenshuis als vanuit flats	1,2 procent

Tabel I1.1 Classificatie en frequentieverdeling van zichtbaarheid.

In de berekening van de zichteffecten zijn per klasse de volgende waarden gebruikt:

Klasse	Z-waarde bij lagere windturbines	Z-waarde bij hogere turbines
1	$Z = 0$	$Z = 0$
2	$Z = 0,5$	$Z = 0,7$
3	$Z = 1$	$Z = 1$
4	$Z = 1,5$	$Z = 1,5$

Tabel I1.2 Toegekende waarden bij zichteffecten.

Er is een onderscheid gemaakt tussen windparkvarianten met de lagere windturbines (75 meter, 1 MW) en varianten met de hogere windturbines (95 meter, 1,5 MW). Alleen de Z-waarde voor klasse 2 varieert. Bij de varianten met de lagere windturbines is aangenomen dat de windturbines gemiddeld in de helft van een gridcel van 250x250 meter zal zijn te zien. Het gaat hier om grids in de duinen, waar de hoogte op korte afstand varieert (duintoppen en valleien). De voorste zijde van de basisvariant is dan 3500x75 meter. Het oppervlak van de voorkant van de vergelijkbare variant met de hogere windturbines is 3900x95 meter. Wanneer de zichtbaarheid in verhouding is met de oppervlakte van de voorkant dan is de Z-waarde bij de varianten met de hogere turbines ongeveer 0,7. In de berekening zijn de Z-waarden van 0,5 en 0,7 relatief weinig gevoelig. Dat komt omdat het aantal grids met zichtbaarheidsklasse 2 relatief gering is, en bovendien zijn er in deze grids relatief weinig mensen/waarnemers aanwezig.

3. Waarnemers

Voor het bepalen van het aantal en de spreiding van waarnemers is gebruik gemaakt van:

- Het dagtochtenbestand per gemeente over de jaren 1995 en 1996 (CBS, 1997) voor bepalen van aantallen dagrecreanten (wandelen en fietsen in duinen, strandbezoek).
- Gegevens over de capaciteit van hotels in het studiegebied met behulp van de meest recente VVV-gidsen en internet-side www.locatienet.nl.
- Gegevens van het CBS over de bedbezetting van hotels langs de kust van Noord-Holland en Zuid-Holland (CBS, 1998).
- Gegevens over aantal overnachtingen in bungalowparken en campings per gemeente via BORIS, versie 2.0. BORIS is een digitaal databestand gericht op recreatie, beheerd door de Stichting Recreatie.
- Het aantal inwoners is geschat met behulp van de topografische kaart. Per grid is gelet op de dichtheid en aard van de bebouwing.
- Gegevens over de toegankelijkheid van duingebieden.
- De topografische kaart voor gegevens over de ligging van bebouwing, campings en de dichtheid van het wegennet.

Bij de waarnemers is een onderscheid gemaakt in vijf categorieën: bewoners, dagrecreanten (wandelen en fietsen in de duinen), dagrecreanten (strandbezoekers), verblijfsrecreanten (campings) en verblijfsrecreanten (hotels).

3.1 Bewoners

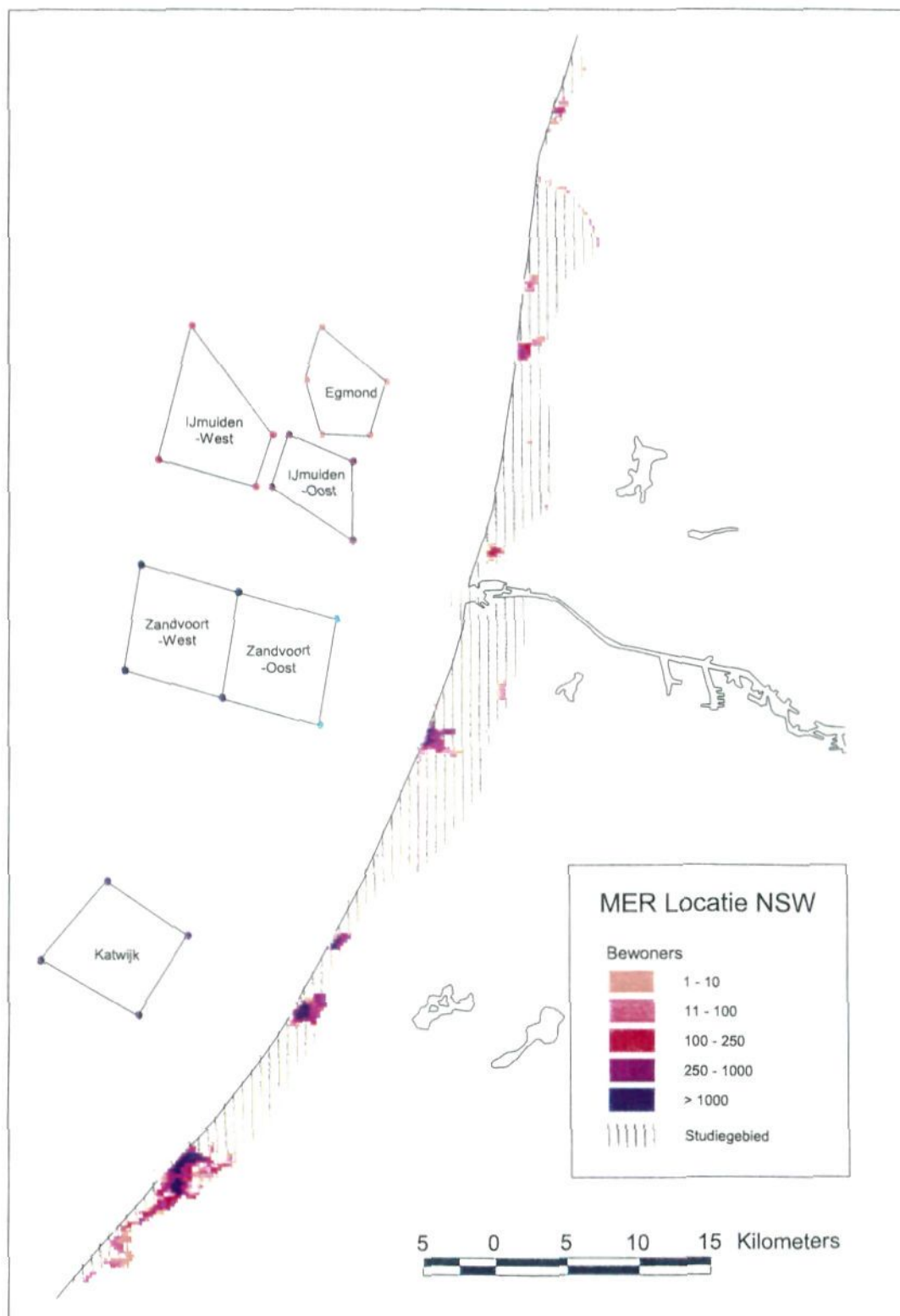
Het aantal inwoners per grid is afgeleid van de topografische kaart. Per grid is gelet op de dichtheid van de woonbebouwing en de aard van de bebouwing (losstaand, rijtjeshuizen, flats). Ieder grid is toegedeeld aan een bepaalde klasse voor het aantal bewoners:

Klasse	Beschrijving	Frequenties
0	geen bewoners	86,0 procent
1	1-10 bewoners	2,1 procent
2	11-100 bewoners	3,5 procent
3	100-250 bewoners	2,5 procent
4	250-1000 bewoners	3,9 procent
5	>1000 bewoners	2,0 procent

Tabel I1.3 Classificatie en frequenties van aantal bewoners.

Het databestand leidt tot een kaartje bewoners (figuur L1.4) en een frequentieverdeling van de verschillende klassen over het gebied.

In verreweg het grootste deel van het studiegebied komen geen woningen voor. Belangrijke concentraties zijn van noord naar zuid gaand: Bergen aan Zee, Egmond aan Zee, Wijk aan Zee, IJmuiden, Zandvoort, Noordwijk aan Zee, Katwijk aan Zee, Scheveningen, Den Haag en Kijkduin.



Figuur I1.4 Spreiding van bewoners over het studiegebied in klassen.
Bron: SCDLO, 1999

Voor het berekenen van de zichteffecten is uitgegaan van het midden van de klassen. Om op de jaarwaarden te komen moeten deze gemiddelden worden vermenigvuldigd met 365 dagen. Afgerond is gerekend met de volgende W-waarden voor bewoners:

Klasse	Wbewoners
0	0
1	1800
2	20000
3	64000
4	228000
5	456000

Tabel I1.5 W-waarden voor bewoners per klasse.

3.2 Dagrecreanten (wandelen/fietsen in duinen)

Als eerste stap om de juiste informatie uit het dagtochtenbestand te krijgen zijn de dagtochten geselecteerd die een in het studiegebied gelegen gemeente als bestemmingsgemeente hadden. Vervolgens zijn de dagtochten geselecteerd waarin activiteiten centraal stonden die van belang zijn voor dit onderzoek; een activiteit als bioscoopbezoek is bijvoorbeeld niet van belang als het gaat om het bepalen van de zichtbaarheid van windmolens. Geselecteerd zijn de volgende activiteiten: bezoek aan strand/zee, wandelen routegebonden, wandelen overig, fietsen en wielrennen. Na deze selecties zijn nog 934 dagtochten daadwerkelijk gemeten. Dit aantal is ruimschoots voldoende om betrouwbare uitspraken op te baseren (CBS, 1997).

Omdat in het onderzoek van CBS ongeveer 23 duizend personen zijn ondervraagd moeten de aantallen dagtochten met een factor vermenigvuldigd worden om een schatting te krijgen van het door alle Nederlandse mensen gemaakte aantal dagtochten naar de kustgemeenten in het studiegebied. Deze vermenigvuldigingsfactoren zijn reeds door het CBS berekend.

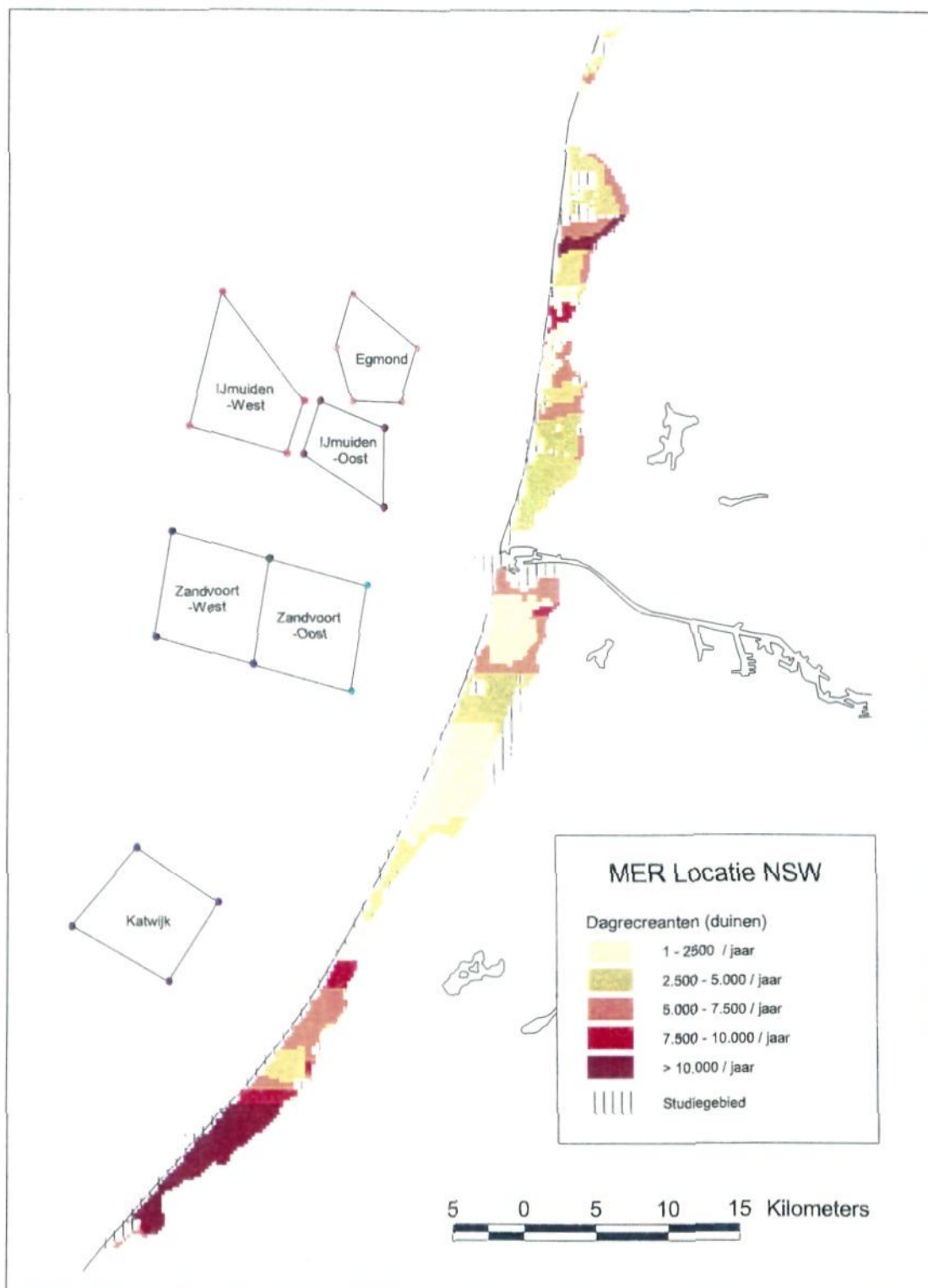
Bij de dagtochten is voor de vertaalslag van de cijfers per gemeente naar cijfers per grid rekening gehouden met de dichtheid van paden, de hoedanigheid van paden (wandelpad-fietspad-karrespoor-verharde weg), de afstand tot verharde wegen en parkeerterreinen, de afstand tot woonkernen en de toegankelijkheid van de duingebieden.

De volgende klassen zijn onderscheiden:

Klasse	Beschrijving	Frequenties
0	geen dagrecreanten	23,5 procent
1	1 tot 2500 recreanten per jaar in grid	20,5 procent
2	2501 tot 5000 recreanten per jaar in grid	24,6 procent
3	5001 tot 7500 recreanten per jaar in grid	16,2 procent
4	7501 tot 10000 recreanten per jaar in grid	4,5 procent
5	meer dan 10000 recreanten per jaar in grid	10,7 procent

Tabel I1.6 Classificatie en frequenties van dagrecreanten.

In het databestand is aan elk grid een klasse toegekend. Vanuit het databestand kan een kaartje worden gegenereerd met de frequentieverdeling (figuur L1.7).



Figuur I1.7 Spreiding van dagrecreanten (fietsers, wandelaars in de duinen) over het Studiegebied in klassen
Bron: SC-DLO, 1999

Voor het berekenen van de zichteffecten is uitgegaan van het midden van de klassen (W-waarde voor dagrecreanten in de duinen):

Klasse	Wduinen
0	0
1	1250
2	3750
3	6250
4	8750
5	12500

Tabel I1.8 W-waarden voor dagrecreanten in de duinen.

3.3 Dagrecreanten (strand/zee)

Voor het bepalen van de strandbezoekers is dezelfde lijn gevolgd als bij duinbezoek. In het dagtochtenbestand zitten niet de vakantiegangers, geen buitenlanders en niet de strandbezoekers die korter dan twee uur zijn weggeweest. Dit betekent dat het werkelijke aantal strandbezoekers hoger is dan het aantal bezoekers dat door middel van de dagtochtmetingen kan worden bepaald. Het ligt voor de hand om de CBS-cijfers met een bepaalde factor te vermenigvuldigen, om zo dichterbij de werkelijke aantallen bezoekers te komen. Deze vermenigvuldigingsfactor is als volgt bepaald. Uit het Beleidsplan Recreatie + Toerisme Noord-Holland 1987 blijkt het totaal jaarlijks aantal strandbezoekers aan de kust van Noord-Holland minstens zes miljoen te bedragen. Het uit het CBS-dagtochtenbestand berekende aantal strandbezoekers bedraagt 2245000. De vermenigvuldigingsfactor is dan $6000000/2245000$ is: 2,7. Per gemeente zal het aantal strandbezoekers worden vermenigvuldigd met 2,7 alvorens het aantal bezoekers per grid te bepalen.

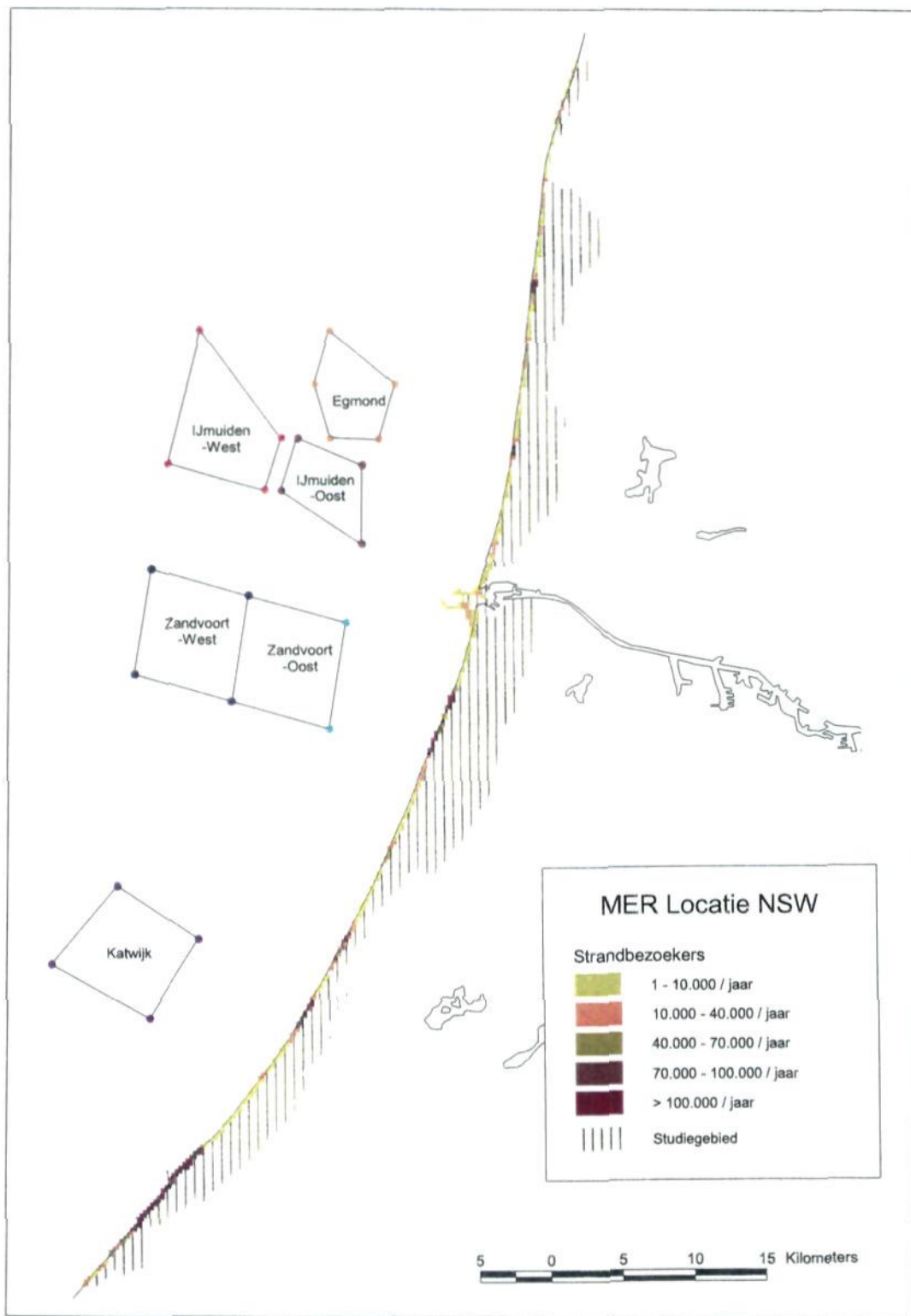
Daarna is voor iedere gemeente bepaald in welke grids strand voorkomt. Er is een schatting gemaakt van de verhoudingen tussen de aantallen bezoekers in de verschillende grids (bijvoorbeeld: een grid dat direct aan een strandopgang telt 14 keer zoveel bezoekers als een grid dat ver verwijderd is van strandopgangen). De klassen zijn zo gekozen dat een duidelijk onderscheid tussen verschillende strandgedeelten naar voren komt.

De volgende klassen zijn onderscheiden:

Klasse	Beschrijving	Frequenties
0	geen strandbezoekers	87,4 procent
1	1 tot 10000 strandbezoekers per jaar per grid	7,0 procent
2	10001 tot 40000 strandbezoekers per jaar per grid	2,4 procent
3	40001 tot 70000 strandbezoekers per jaar per grid	0,9 procent
4	70001 tot 100000 strandbezoekers per jaar per grid	0,6 procent
5	>100000 strandbezoekers per jaar per grid	1,8 procent

Tabel I1.9 Classificatie en frequentie van strandbezoekers.

Het databestand bevat de classificatie van elk grid voor de strandbezoekers. Een uitdraai geeft een kaartje (figuur L1.10) en de frequentieverdeling.



Figuur 11.10 Spreiding van strandbezoekers over het studiegebied in klassen
Bron: SC-DLO, 1999

In Nederland wordt elk stukje strand bezocht. Grids waarin strand voorkomt moeten dus per definitie een aantal strandbezoekers krijgen toebedeeld. Verder is het van belang te letten op de strandopgangen, de bereikbaarheid van de strandopgangen voor gemotoriseerd verkeer en het aantal parkeerplaatsen bij de strandopgangen. Dicht bij

de strandopgangen is het aantal strandbezoekers hoog, verder van de strandopgangen is het aantal strandbezoekers laag.

Voor het berekenen van de zichteffecten is gerekend met het midden van de klassen (W-waarde voor strandbezoekers):

Klasse	Wstrand
0	0
1	5000
2	25000
3	55000
4	85000
5	125000

Tabel I1.11 W-waarde voor strandbezoekers.

3.1 Verblijfsrecreanten (campings, bungalowparken)

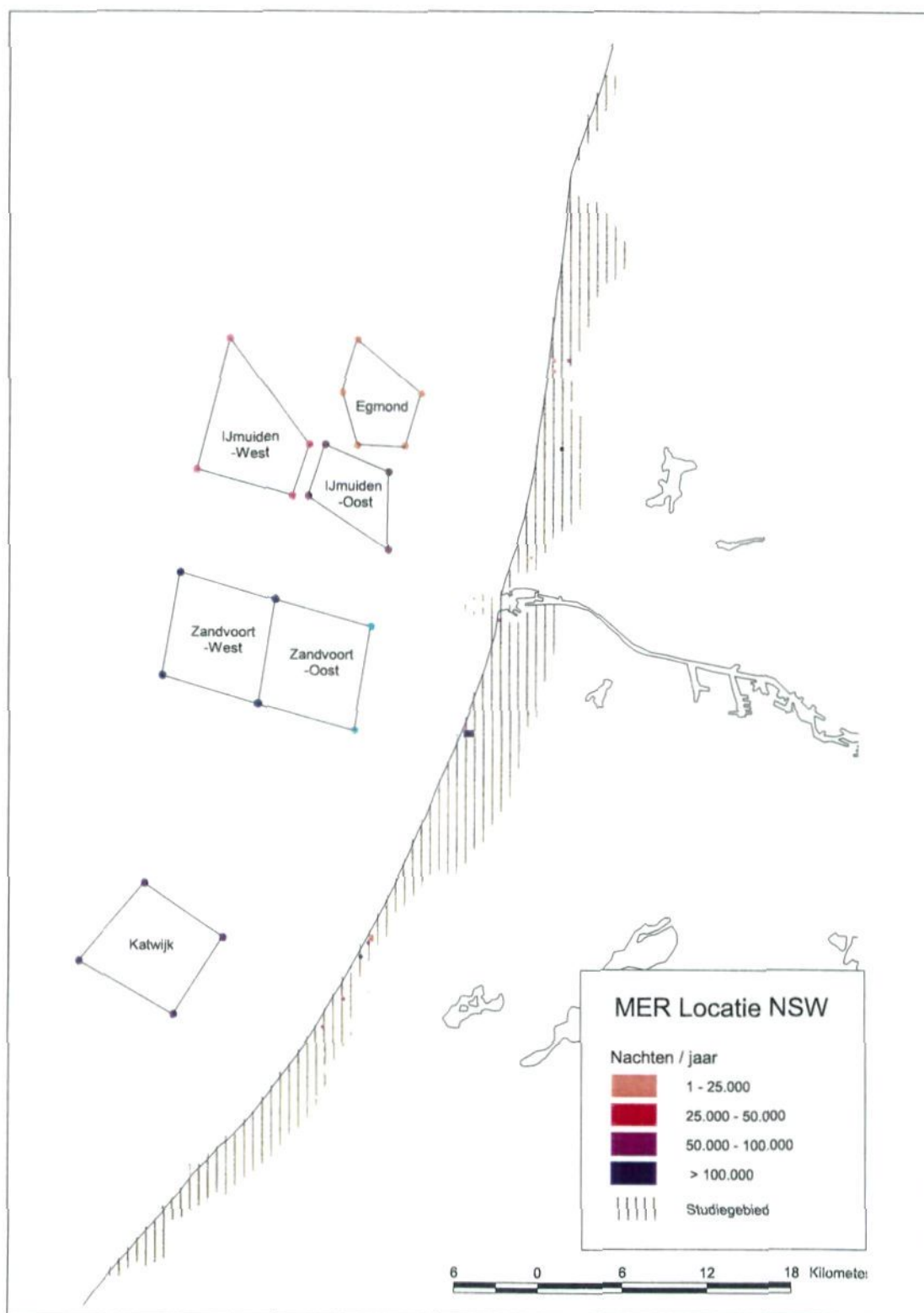
In BORIS, versie 2.0 (BORIS is een GIS-programma gericht op openluchtrecreatie) zijn per gemeente de bungalowparken en campings die in het studiegebied zijn gelegen, inclusief adres en aantal overnachtingen opgevraagd. Deze bungalowparken en campings zijn opgezocht op de topografische kaart 1:25.000. Vervolgens is het aantal overnachtingen toebedeeld aan het grid waarin het bungalowpark of de camping zich bevindt.

De classificatie en frequentieverdeling is als volgt:

Klasse	Beschrijving	Frequenties
0	geen verblijfsrecreanten	99,5 procent
1	1 tot 25000 overnachtingen per jaar per grid	0,05 procent
2	25001 tot 50000 overnachtingen per jaar per grid	0,1 procent
3	50001 tot 100000 overnachtingen per jaar per grid	0,1 procent
4	>100000 overnachtingen per jaar per grid	0,2 procent

Tabel I1.12 Classificatie en frequenties van verblijfsrecreanten.

In het databestand is elke gridcel naar een klasse ingedeeld, hetgeen leidt tot een kaartje (figuur L1.13) en frequentieverdeling.



Figuur 11.13 Spreiding van verblijfsrecreanten (campings) over het studiegebied in klassen.
Bron: SC-DLO, 1999

Plaatselijk komen grote concentraties verblijfsrecreanten voor. Op de totale oppervlakte van het studiegebied beslaat dit echter nog geen procent.

Voor de berekening van de zichteffecten is weer het midden van de klassen aangehouden (W-waarde voor campings):

Klasse	Wcampings
0	0
1	12500
2	37500
3	75000
4	125000

Tabel I1.14 W-waarde voor campings.

3.5 Verblijfsrecreanten (hotels)

Uit de volgende VVV-gidsen zijn de in het studiegebied liggende hotels met hun capaciteiten overgenomen: VVV-gids Noord-Holland, Zuid-Holland, Noordzeekust bij Alkmaar en IJsselmeerregio en Zuid-Kennemerland. In deze gidsen staat bij ieder hotel de capaciteit weergegeven. Door middel van de postcode die bij ieder hotel vermeld staat is de locatie opgespoord. De hotelcapaciteiten zijn toebedeeld aan de grid waarin de hotels staan.

De volgende klassen zijn ontwikkeld:

Klasse	Beschrijving	Frequenties
0	geen hotels	98,5 procent
1	1 tot 50 hotelbedden	0,5 procent
2	51 tot 100 hotelbedden	0,4 procent
3	101 tot 200 hotelbedden	0,1 procent
4	>200 hotelbedden	0,4 procent

Tabel I1.15 Classificatie en frequentie van hotelcapaciteit.

In het databestand is elke gridcel geclassificeerd. Een uitdraai leidt tot een kaartje (figuur L1.17) en een frequentieverdeling.

Om tot een cijfer voor het jaarbezoek in een grid te komen moet het aantal hotelbedden worden vermenigvuldigd met 365 (dagen) en de bedbezetting. De bedbezetting voor hotels langs de kust in Noord-Holland is 49 procent, voor die van Zuid-Holland 39 procent. Dit geldt voor 1997 (CBS, 1998). Gerekend is met een percentage van 44 procent. Voor de berekening van de zichteffecten zijn weer de middens van de klassen aangehouden vermenigvuldigd met 160 (44 procent van 365):

Klasse	W-hotels
0	0
1	4000
2	12000
3	24000
4	48000

Tabel I1.16 W-waarde van hotelcapaciteit.



Figuur 11.17 Spreiding van verblijfsrecreanten (hotels) over het studiegebied in klassen
Bron: SC-DLO, 1999

4. Output

4.1 Bepalen van zichteffect per grid

De bewerkingen leiden per gridcel tot waarden voor:

- Het percentage zichturen;
- De zichtbaarheid;
- Het aantal waarnemers gedifferentieerd naar bewoners, dagrecreanten (duinen en stranden) en verblijfsrecreanten (campings en hotels).

Door de gegevens met elkaar te combineren kunnen de zichteffecten worden berekend en conclusies getrokken over het aantal waarnemers dat het windpark kan zien en de tijd dat deze waarnemers het park kunnen zien.

De algemene formule voor berekening van de zichteffecten is:

$$ZE = \Sigma(1-j) \{a(j) \times Z(j) \times W(j)\} / 365$$

waarin:

ZE = zichteffect (aantal mensen per dag dat het windpark kan zien, gemiddeld over een jaar)

a(j) = afstand, omgerekend naar percentage zichturen per jaar (voor grid j)

Z(j) = zichtbaarheid (voor grid j)

W(j) = aantal waarnemers per categorie (voor grid j).

Figuur I1.18 Formule voor berekening zichteffecten.

Bij toepassing van verschillen in recreatiebezoek en van het aantal zichturen gedurende de seizoenen, kunnen de zichteffecten worden omgerekend naar effecten per seizoen.

Deze formule geldt voor de windparkvarianten met de lagere windturbines. De hoogte van deze windturbines (mast + rotorblad) is 75 meter. De varianten met de hogere windturbines (95 meter) geven hogere zichteffecten. Het is niet bekend wat het verband is tussen de beleving en de hoogte van de windturbines. Hier wordt als worst-case uitgegaan van een lineair verband. Dat betekent dat bij de berekening van de zichteffecten van de varianten met de hogere windturbines alle waarden moeten worden vermenigvuldigd met 95/75, ofwel 1,26.

4.2 Sommatie van zichteffecten

Het zichteffect wordt eerst per grid berekend. Vervolgens zijn de uitkomsten van alle grids in een invloedsgebied van een windparkvariant gesommeerd.

4.3 Indexering van de zichteffecten

De zichteffecten zijn eerst voor de locaties berekend, vervolgens voor de inrichtingsvarianten. De berekening is primair bedoeld voor een vergelijking van de effecten van de verschillende alternatieven en varianten. Het gaat eerder om een relatieve bepaling van effecten dan om een absolute bepaling. Om de vergelijking tussen alternatieven en varianten te vergemakkelijken, zijn de uitkomsten geïndexeerd. Er is daarbij voor

gekozen om de uitkomsten van de basisvariant voor de lagere windturbines op 100 te stellen.

I.2 BASISGEGEVENS SEIZOENEFFECTEN

SC-DLO, 1999

0. Basisgegevens seizoenseffecten

De zichteffecten verschillen per seizoen. Dit komt vooral doordat het aantal waarne-
mers (recreanten) per seizoen en het meteorologisch zicht per seizoen verschilt. In de-
ze bijlage worden de basisgegevens opgenomen over recreantentellingen nabij Castric-
um aan Zee en over het meteorologisch zicht van weerstation IJmuiden.

1. Recreantentellingen nabij Castricum aan Zee

Bij de berekening van seizoenseffecten is gebruik gemaakt van recreanten-tellingen op
de Zeeweg bij Castricum aan Zee (Provincie Noord-Holland, 1998). De tellingen betref-
fen beide richtingen. Eén voertuig dat heen en later terug gaat, is twee keer meegeteld.

Weeknummers	Aantal fietsers	Aantal auto's
1-4	173	979
5-8	113	1.029
9-12	194	1.273
13-16	401	1.515
17-20	879	1.974
21-24	1.347	1.951
25-28	1.845	2.566
29-32	4.388	4.676
33-36	2.200	2.900
37-40	407	1.331
41-44	346	1.319
45-48	161	924
49-52	86	747
53	48	1018

Tabel I.2.1 Aantal fietsers en auto's op de Zeeweg bij Castricum aan Zee; gemiddelde dagcijfers voor de jaren
1994-1997 per blok van vier weken (Provincie Noord-Holland, 1998)

2. Meteorologisch zicht

Het gaat hier om het aantal zichturen over de jaren 1989 tot en met 1998 voor het
weerstation IJmuiden. Het percentage ontbrekende gegevens bedraagt hier 21 pro-
cent. Niettemin kunnen deze gegevens worden gebruikt omdat de ontbrekende cijfers
willekeurig verdeeld zijn over de maanden. Van een bepaalde maand ontbreken niet
duidelijk meer gegevens dan van andere maanden.

Maand	<5.000	5.000- 8.000	8.000- 14.000	14.000- 21.000	21.000- 30.000	>30.000	Totaal
1	517	222	540	404	99	72	1.854
2	567	299	481	479	172	118	2.116
3	746	367	660	661	338	219	2.991
4	482	328	714	867	417	324	3.132
5	396	329	703	1.052	509	917	3.906
6	344	257	763	1.455	421	923	4.163
7	398	205	708	1.203	701	1.012	4.227
8	278	201	547	843	585	1.061	3.515
9	388	253	538	860	357	749	3.145
10	310	214	520	665	289	566	2.564
11	420	205	384	441	249	237	1.936
12	487	243	408	405	143	186	1.872
Totaal	5.333	3.123	6.966	9.335	4.280	6.384	3.5421

Tabel I.2.2 Aantal zichten per maand per afstandsklasse (in meters), gesommeerd over de jaren 1989 tot en met 1998 voor het weerstation IJmuiden (Meteoconsult, 1999)

J. **VEILIGHEIDSSSTUDIE VOOR DE MILIEU-EFFECTRAPPORTAGE VAN HET NEAR
SHORE WINDPARK**

MARIN, 1999

HASKONING
Postbus 151
6500 AD Nijmegen

Rapport

**Veiligheidsstudie voor de milieu-
effectrapportage van het
Near Shore Windpark**

Rapportnr.: 15773.620/2

Datum : 22 oktober 1999
MSCN nr. : 15773.620
Auteur : Ir. C. van der Tak
Paraaf Directie :

MSCN/MARIN
Haagsteeg 2
P.O. Box 28
6700 AA WAGENINGEN
THE NETHERLANDS
Tel: (+31)317 - 479911
Fax: (+31)317 - 479999

Rapport

Veiligheidsstudie voor de milieu-effectrapportage van het Near Shore Windpark

Inhoudsopgave

Hoofdstuk	Pag.
1. INLEIDING	2
2. DOELSTELLING	2
3. WERKWIJZE	2
3.1 Toelichting op CALMOD	2
3.2 Hinder en veiligheid van het NSW	4
3.3 Uitgangspunten	5
4. HINDER VOOR DE SCHEEPVAART VOOR DE ZES NSW-LOCATIES	8
4.1 Inleiding	8
4.2 Verkeer	8
4.3 Analyse van in 1999 uitgevoerde VONOV1-2000 vluchten	11
4.4 Resultaten en conclusies	14
5. RISICOANALYSE VOOR HET NSW IN IJMUIDEN-OOST EN ZANDVOORT-OOST	16
5.1 Inleiding	16
5.2 Methodiek	16
5.3 Bespreking van de resultaten	22
5.4 Effect van het westwaarts verplaatsen van het NSW	24
5.5 Effect van de invulling van het NSW met windturbines	24
6. CONCLUSIES	26
7. REFERENTIES	28

1. INLEIDING

MARIN heeft in opdracht van HASKONING in het kader van het MER NSW onderzoek gedaan naar de effecten van het Near Shore Windpark (NSW) op de afwikkeling van de scheepvaart. Een gebied dat vol gebouwd is met windturbines is niet langer toegankelijk voor de scheepvaart. Een schip zal via een nieuwe route om zo'n park heen moeten varen. Dit omvaren kan beschouwd worden als hinder. Door het omvaren ontstaan grotere concentraties op andere routes, waardoor er meer ongevallen tussen schepen onderling kunnen optreden. Ook kan het schip door een fout of een storing een mast van een windturbine raken.

De opbouw van dit rapport is als volgt. Hoofdstuk 2 bevat de doelstelling van de studie. In hoofdstuk 3 wordt de werkwijze uiteengezet. Hoofdstuk 4 bevat een nadere uitwerking van de hinder voor de scheepvaart voor de zes NSW-locaties. Hoofdstuk 5 bevat een uitgebreide analyse voor de locaties IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost. In hoofdstuk 7 zijn de conclusies van hoofdstuk 4 en 5 samengevat.

2. DOELSTELLING

Het doel van deze studie is het analyseren van de effecten van een Near Shore Windpark voor de scheepvaart, zodat deze effecten meegenomen kunnen worden bij de uiteindelijke keuze van de locatie.

Deze studie zal voor alle zes locaties een afweging op basis van *hinder* voor het scheepvaartverkeer maken door het bepalen van een aantal belangrijke parameters. Voor de locaties IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost zal vervolgens een volledige risicoanalyse worden uitgevoerd waarbij de frequentie wordt bepaald waarmee een mast van een windturbine kan worden aangevaren.

3. WERKWIJZE

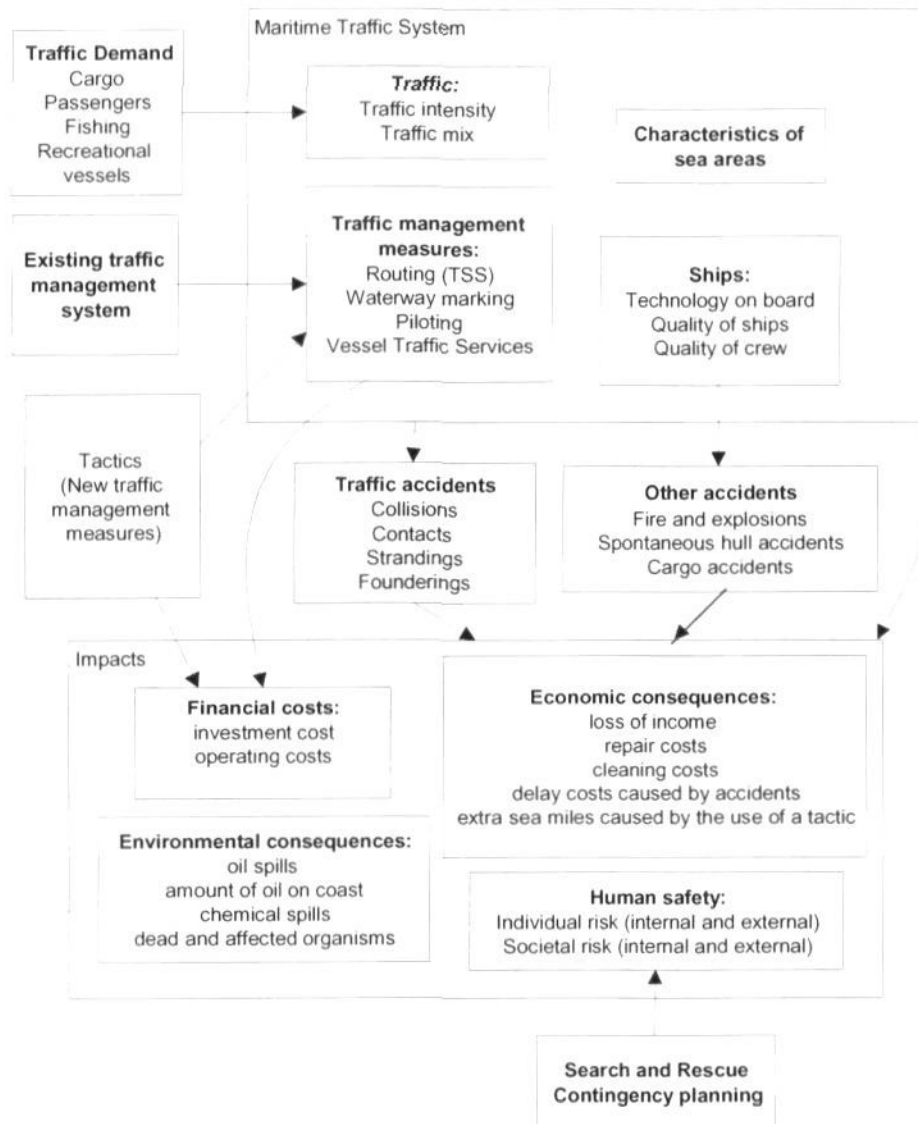
3.1 Toelichting op CALMOD

Het CALMOD-model (CALamiteiten MODel) wordt gebruikt voor het doorrekenen van de effecten van het NSW op de scheepvaart. Een kleine toelichting van CALMOD wordt nu gegeven.

Een maat voor de veiligheid is het aantal potentiële ongevallen, waarbij tevens wordt gekeken naar de gevolgen van de ongevallen. Het effect van een ingreep in het systeem, zoals de plaatsing van het NSW, wordt bepaald door vast te stellen in welke mate het aantal potentiële ongevallen en de mogelijke consequenties ten opzichte van de huidige situatie wijzigt.

Bij iedere verkeersafwikkeling van een verkeersaanbod loopt de verkeersdeelnemer een kans om betrokken te raken bij een ongeval. Deze kans kan worden gereduceerd bij een goed verkeersmanagement. In figuur 1 (overgenomen uit het POLSSS-onderzoek [1] voor DGG) is het totale maritieme verkeerssysteem met de onderlinge relaties weergegeven. Om een kwantitatieve uitspraak te kunnen doen over wat er gebeurt met het aantal ongevallen wanneer bepaalde maatregelen worden genomen zijn voorspellende modellen nodig. Dergelijke modellen zijn, zeker gezien het geringe aantal ongevallen dat in de praktijk heeft plaatsgevonden, niet eenvoudig te bepalen. In het kader van het Project Systematisering Veiligheidsbeleid Noordzee (PSVN) heeft

DGSM (nu DGG¹) een groot aantal projecten laten uitvoeren waarin de kwantitatieve modelbenadering van de veiligheid het onderwerp was. Deze studies hebben geleid tot een groot aantal gevalideerde ongevalskansmodellen die zijn ondergebracht in de CALMOD-schil. Deze schil stuurt de modellen aan van de scheepvaartmodule in het MANS-model (Management Analysis North Sea). Het CALMOD-model wordt gebruikt voor veiligheidsstudies op zee en in havens.



Figuur 1 Systeemdiagram maritiem verkeerssysteem

¹ De veiligheid op zee heeft de voortdurende aandacht van de Directie Transportveiligheid van het Directoraat-Generaal-Goederenvervoer (DGG).

3.2 Hinder en veiligheid van het NSW

De aanleg van het NSW heeft gevolgen voor de scheepvaart. Een schip dat nu een route volgt door het toekomstige NSW, zal in de toekomst zijn route moeten verleggen en het NSW op minimaal 500 meter afstand passeren. Dit betekent dat dit schip hinder ondervindt van het NSW. Er zijn echter meer gevolgen. Doordat het schip een andere route neemt krijgen de scheepvaartroutes buiten het NSW een hogere (misschien fractioneel) intensiteit. Als gevolg van de hogere intensiteiten op deze routes is het de verwachting dat het aantal ongevallen toeneemt. Er treden echter ook nieuwe type ongevallen op, namelijk **aanvaringen** en **aandrijvingen** met een windturbine van het NSW. In CALMOD worden dit soort ongevallen aangeduid met respectievelijk *rammings* en *drifting contacts* die nu nader worden toegelicht;

- Een **ramming** treedt op wanneer de navigator van een schip dat op ramkoers ligt met een windturbine van het NSW niet of te laat reageert. Hierin zitten oorzaken als onwetendheid en niet zien van het NSW, niet aanwezig zijn op de brug, onwel worden en niet kunnen reageren etc. De snelheid bij de aanvaring is hoog.
- Een **drifting** treedt op wanneer een schip door een machinestoring niet meer manoeuvreerbaar is. In eerste instantie zal men proberen voor anker te gaan, maar indien dit niet mogelijk is, is het schip overgeleverd aan wind, golven en stroom. Zo'n driftend schip kan vervolgens tegen een windturbine van het NSW komen zonder dat men dit aan boord kan voorkomen. De aanvaring is dwarsscheeps en de snelheid gering.

Deze ongevallen komen voort uit het scheepvaartverkeer rondom het NSW en **behoeven niet noodzakelijkerwijs** tot de groep schepen beperkt te blijven die door het gebied van het NSW voeren toen dat er nog niet was.

Om de effecten van het NSW op de scheepvaart te kunnen berekenen moet de nieuwe situatie met het NSW in CALMOD gemodelleerd worden. Het NSW van 10 bij 10 windturbines betekent een oppervlakte van 3.6 bij 3.6 km. Bovendien moet de scheepvaart op minimaal 500 m passeren. Dit betekent dat de verkeersafwikkeling duidelijk beïnvloed wordt door het NSW. Voor iedere locatie moet dus een nieuwe verkeersdatabase aangemaakt worden waarin het veranderde vaarpatroon is ingebracht. Vervolgens kunnen de ongevalskansmodellen van CALMOD toegepast worden voor het doorrekenen van de effecten van het NSW voor de scheepvaart. Er is gekozen voor de twee fasen aanpak.

1. In de eerste fase wordt gekeken naar een aantal belangrijke parameters voor de zes locaties. Deze parameters kenmerken het huidige verkeer dat door de zes locaties vaart. Deze schepen moeten in de situatie met het NSW omvaren en ondervinden dus **hinder** van het NSW. Aangezien deze schepen nadat het NSW geplaatst is over het algemeen dicht langs het NSW zullen varen geven zij ook een indicatie voor het aanvaringsrisico van het NSW. Maar er zijn meer schepen die bijdragen aan het aanvaringsrisico, namelijk de schepen die momenteel ook al buiten de locaties varen, maar die toch zo dicht langs het toekomstige NSW varen dat er een kans op een aanvaring van het NSW bestaat.
2. In de tweede fase wordt voor zowel de locatie IJmuiden-Oost als de locatie Zandvoort-Oost een nieuwe verkeersdatabase voor het jaar 2000 bepaald. Op basis van de nieuwe verkeersdatabase wordt een complete **risicoanalyse** uitgevoerd. Dit houdt in dat het *veranderde* risico voor de scheepvaart wordt bepaald ten gevolge van de veranderingen in de verkeersafwikkeling rond het NSW. Daarboven wordt het door het NSW geïntroduceerde nieuwe risico, namelijk de kans op een aanvaring met het NSW bepaald.

3.3 Uitgangspunten

De volgende uitgangspunten, zijnde aannames, modelinput en parameters worden voor de berekeningen gehanteerd:

Verkeer

Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van een verkeersdatabase. Een verkeersdatabase bevat links, linkintensiteiten en linkkarakteristieken. Een link is de rechte verbinding tussen twee punten. De linkintensiteit beschrijft het aantal schepen dat per jaar over die link vaart onderverdeeld naar scheepstype en scheepsgrootte. De linkkarakteristiek beschrijft hoe breed de link is en hoe het verkeer over die link vaart door middel van een laterale verdeling. Het verkeer op zee wordt onderverdeeld in twee groepen, namelijk het "*routegebonden*" en het "*niet routegebonden*" verkeer. Het *routegebonden* verkeer bevat de scheepsbewegingen van de koopvaardischepen, die op weg zijn van haven A naar haven B. Het *niet routegebonden* verkeer bevat de scheepsbewegingen van de schepen die een missie ergens op zee hebben, zoals visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart. In CALMOD zijn deze scheepsgroepen op een verschillende manier gemodelleerd.

Het *routegebonden* verkeer is gemodelleerd op scheepvaartroutes over de Noordzee. Vanwege de ligging van de havens en de verkeersscheidingssystemen op het Nederlands Continentaal Plat (NCP) beweegt het grootste deel van deze schepen zich duidelijk over een netwerk van links (met een behoorlijke breedte), vergelijkbaar met het wegennetwerk op het land. In de praktijk kunnen er schepen buiten deze links varen aangezien men overal mag varen, zolang men de regels in acht neemt. Dit aandeel is echter zeer klein aangezien de links met elkaar alle kortste verbindingen tussen havens omvatten. De intensiteiten (aantal schepen dat per jaar passeert) op de scheepvaartroutes worden bepaald door alle scheepsreizen van een jaar die geheel of gedeeltelijk over de Noordzee hebben plaatsgevonden toe te wijzen aan deze links. Al deze scheepsreizen worden door Lloyd's Maritime Information Services verzameld. De laatste keer dat deze informatie ten behoeve van CALMOD is gekocht en verwerkt betrof alle scheepsreizen van het jaar 1995.

Voor de berekening van de hinder voor het scheepvaartverkeer voor de zes NSW-locaties wordt gebruik gemaakt van de geprognoseerde verkeersdatabase voor 2000. Deze verkeersdatabase is bepaald uit de verkeersdatabase van 1995 waarop te verwachten ontwikkelingen zijn losgelaten.

Er worden twee nieuwe aangepaste verkeersdatabases voor 2000 gegenereerd, namelijk één voor de NSW-locatie IJmuiden-Oost en één voor Zandvoort-Oost waarbij ervoor wordt gezorgd dat het *routegebonden* verkeer niet door de desbetreffende NSW-locatie vaart.

Het *niet routegebonden* verkeer (visserij, supplyvaart, werkvaart en recreatievaart) kan niet op de voorgaande wijze worden gemodelleerd. Enerzijds omdat Lloyd's deze informatie niet verzamelt, maar ook omdat het gedrag van dit verkeer op zee duidelijk anders is. Men vaart niet van haven A naar haven B langs duidelijke routes, maar van haven A naar een of meerdere bestemmingen op zee en vervolgens meestal weer terug naar de vertrekhaven A. Het gedrag op zee is meestal onvoorspelbaar. Vissers varen bovendien nog vaak heen en weer in een visgebied. Dit is de reden waarom dit verkeer door middel van dichtheden in CALMOD is gemodelleerd. De gemiddelde dichtheid in 8 bij 8 km gridcellen komt uit het Verkeers Onderzoek Noordzee Visuele Identificatie (VONNOVI). VONNOVI is gebruikt voor de validatie van de scheepvaartroutes van het *routegebonden* verkeer en voor het bepalen van de benodigde dichtheden van het *niet routegebonden* verkeer.

Tijdens een VONNOVI-vlucht wordt een aantal raaien afgevlogen. Zodra men een schip dat binnen een raai vaart ziet, wordt de positie en de scheepsnaam genoteerd. Later worden andere scheepskenmerken toegevoegd en worden alle waarnemingen verwerkt.

Vanaf 1975-1980 is het eerste VONNOVI-vluchtprogramma uitgevoerd. Het tweede VONNOVI-vluchtprogramma is uitgevoerd van 1983-1991. Begin 1999 is een nieuw vluchtprogramma opgestart dat loopt tot 2001. Hierbij wordt 28 keer over ieder gebied van het drukst bevaren deel van het NCP onder de 54° NB gevlogen. Er heeft een aantal vluchten plaatsgevonden boven de zes locaties. In 4.3 vindt een analyse van deze vluchten plaats om het gedrag van het verkeer te onderzoeken in de buurt van de zes locaties.

Voor de berekeningen wordt gebruik gemaakt van de verkeersdichtheden op basis van de VONNOVI-vluchten van 1983-1991. Het overgrote deel van de *niet routegebonden* scheepvaart bestaat uit vissers. Deze groep gedraagt zich niet ieder jaar hetzelfde, omdat de locaties van visgebieden veranderen. Tot op heden heeft er geen update van deze database plaatsgevonden omdat de veranderingen gering zijn en onvoldoende informatie aanwezig is om een kwalitatief betere beschrijving van dit verkeer mogelijk te maken.

Supplyvaart: De supplyvaart verzorgt de bevoorrading van de platforms. Ze onderscheiden zich van de vissers, recreatievaart doordat de bestemming vaak vast ligt. IJmuiden is een supply basis. Er is relatief veel supplyvaart. Deze vaart gedraagt zich direct buiten IJmuiden veel meer als *routegebonden* vaart. Gezien de ligging van de platforms gaat vrijwel alle supplyvaart vanuit IJmuiden noordwaarts. De supplyvaart is dan ook uit het *niet routegebonden* verkeer gehaald en op extra links aan de routestructuur van de *routegebonden* schepen toegevoegd.

Gevolgen van aanvaring met een windturbine

Volgens Stork Engineering Consultancy b.v doet het volgende zich voor bij een aanvaring van de windturbine.

De massa van het schip en de snelheid bepalen de schade die aangericht wordt aan de offshore windturbine. Een onderhoudsvaartuig zal minimale schade aanrichten als deze de mast raakt (snelheid naar verwachting laag en ook de massa is laag). Een klein koopvaardijship (2000-3000 Gross Tonnage) of vissersschip zal bij een gemiddelde snelheid van 10 mijl/uur grote schade aanrichten. De gehele constructie zal bij aanvaring breken ter hoogte van de plaats waar het schip de mast raakt, boven de waterlijn. De gehele constructie zal daar breken en de mast met windturbine zal in de richting van het schip, op het schip terecht komen, dit vanwege de deuk in de mast aan de zijde van het schip. Dus ook het schip zal aanzienlijke schade oplopen. Het effect is in principe te vergelijken met een aanrijding met een lantaarnpaal. Eerst gaat de mast van je af, dan zwiept hij terug en door de deuk breekt hij vervolgens af. Bij de windturbines is dit effect sterker omdat de topmassa zo groot is.

Uit de voorgaande uiteenzetting kan het volgende geconcludeerd worden:

- De schade aan het schip bevindt zich ter hoogte van het dek en op het dek, zodat het zeer onwaarschijnlijk is dat er een tank lek raakt en lading uitstroomt. Dus geen milieuramp.
- Bij een aandrijving (driftend schip) waarbij de mast dwarsscheeps wordt aangevaren zal de mast indien deze breekt over het schip kantelen. De kans op persoonlijk letsel neemt toe wanneer de mast ter hoogte van de brug wordt geraakt.
- Bij een aanvaring zal het aanvaarpunt toch nooit precies middenvoor zitten. De mast met de windturbine zal schuin over het schip kantelen en een hoop schade aan dek aanrichten. Er is een kans dat ook de brug wordt geraakt.
- Het is niet te verwachten dat het schip zal zinken na de aanvaring/aandrijving aangezien de schepen die het breken van de windturbine veroorzaken voldoende groot zijn om de verdere klap op te vangen. Er is wel een kans op persoonlijk letsel door de ravage die

wordt aangericht door de kantelende mast met windturbine. Als eerste schatting voor deze kans wordt gewerkt met het ruimtebeslag van de mast die op het dek van het schip valt. Dit ruimtebeslag wordt gecorrigeerd voor het schuin vallen bij een ramming (50%). Tevens wordt een correctie toegepast omdat de bemanning bij koopvaardij schepen meestal niet aan dek is (bij vissersschepen wel) en daardoor minder gevaar loopt (50% beschermd). Hiervan uitgaande wordt een schatting gegeven voor het percentage van de ongevallen waarbij doden zullen vallen:

- 1% bij een aandrijving (= doorsnede mast (3 m) / lengte schip (160 m) x beschermd (50%))
- 3% bij een aanvaring (= doorsnede mast (3 m) / breedte schip (25 m) x schuin (50%) x beschermd (50%)).

Near Shore Windpark

Er worden zes locaties voor het NSW onderzocht. Van iedere locatie zijn de geografische coördinaten van de hoekpunten verstrekt door HASKONING. De coördinaten van een locatie geven globaal de grenzen aan waarbinnen het NSW komt. In het MER worden zes locatie-alternatieven voor het NSW onderzocht die geheel verschillend van grootte zijn. Katwijk is met 49 km² het grootst en IJmuiden-Oost met ongeveer 20 km² het kleinst. Het uiteindelijke NSW binnen de locatie wordt echter in ieder gebied even groot. In de grotere gebieden heeft men echter meer vrijheid om zo'n park te positioneren. Het is daarom niet reëel om met het totaal aantal schepen in de gehele locatie te rekenen. Voor een eerlijke vergelijking moet er gecorrigeerd worden voor de oppervlakte. Daarom zijn alle dichtheden omgerekend naar een dichtheid per 64 km², gebaseerd op de standaardgridcellen van 8 bij 8 km in het CALMOD-model. De gepresenteerde grootheden zijn nu direct vergelijkbaar met de dichtheden per cel zoals deze door CALMOD gepresenteerd worden.

In de risicoanalyse voor het NSW in IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost wordt een zelfde grootte van het NSW van 3.6 bij 3.6 km aangenomen op de ongunstigste plaats (vrijwel) binnen de locatie. Voordat de berekeningen worden uitgevoerd met CALMOD wordt de gehele locatie, dus waarbinnen ergens de invulling van het NSW van 3.6 bij 3.6 km plaatsvindt, plus een veiligheidszone van 500 m, vrijgemaakt van scheepvaartverkeer. De reden is dat anders voor iedere specifieke invulling van het NSW in de locatie een nieuwe verkeersdatabase zou moeten worden aangemaakt die alleen rekening zou houden met die specifieke invulling.

Dit uitgangspunt heeft tot gevolg dat het risico voor de scheepvaart en het aantal mijlen dat omgevaren moet worden iets lager zou kunnen uitvallen wanneer voor een andere invulling van het NSW binnen de locatie wordt gekozen.

Risicoberekening

Bij de risicoberekeningen voor het *routegebonden verkeer* wordt uitgegaan van links, linkintensiteiten en linkkarakteristieken. Deze gegevens bepalen de posities waar bijvoorbeeld een schip op drift raakt. Bij de berekeningen voor het *niet routegebonden verkeer* wordt aangenomen dat het verkeer homogeen verdeeld is over de gridcel. Vanuit deze homogene verdeling wordt berekend hoe groot de kans is op een aanvaringen of aandrijving met een object.

Dit betekent dat een modelberekening voor het *routegebonden verkeer* met meer detail plaatsvindt dan de gridcelstructuur doet vermoeden. De modelberekening voor het *niet routegebonden verkeer* is minder nauwkeurig aangezien de verkeersgegevens constant zijn voor een gridcel van 8 bij 8 km.

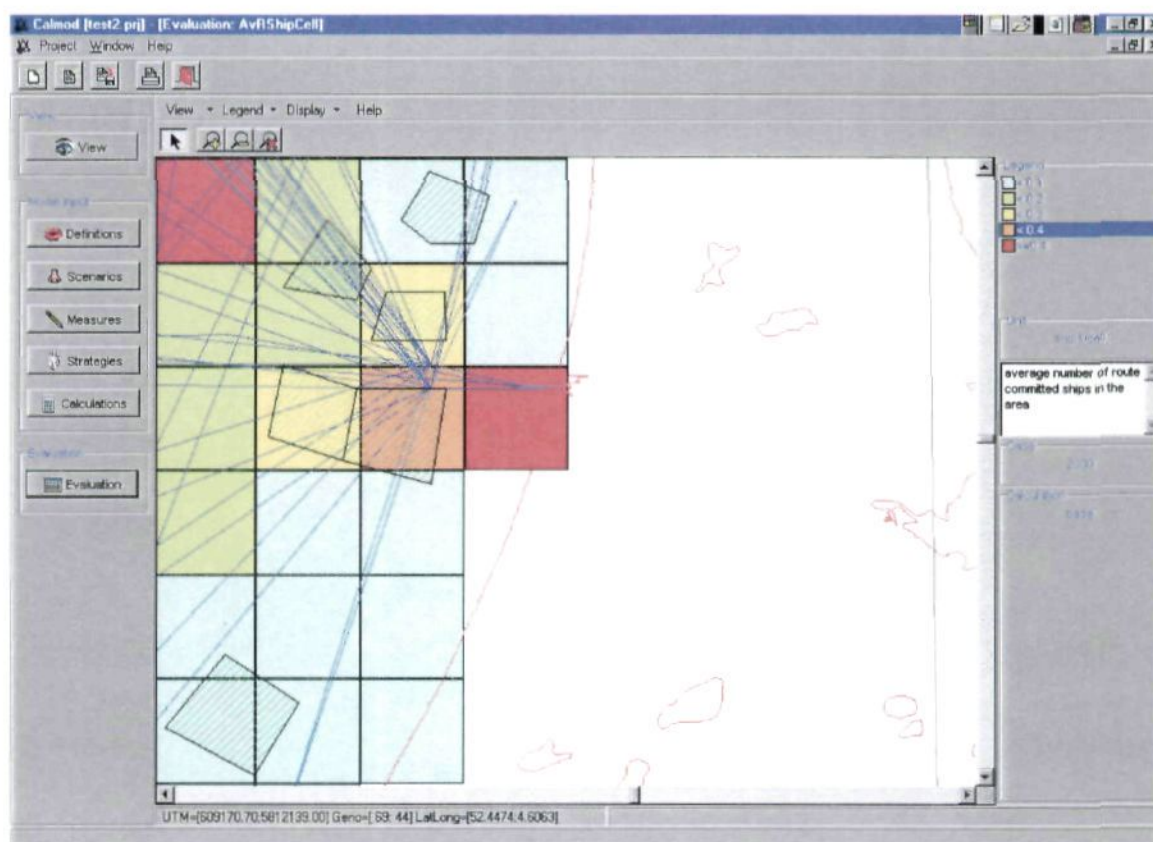
4. HINDER VOOR DE SCHEEPVAART VOOR DE ZES NSW-LOCATIES

4.1 Inleiding

Voor de zes locatie-alternatieven voor het NSW wordt een aantal kenmerkende parameters berekend op grond waarvan een eerste locatie keuze voor wat betreft de scheepvaart kan worden gedaan. De parameters beschrijven het verkeer dat door deze locaties vaart. Deze schepen kunnen immers hier niet meer varen wanneer het NSW is aangelegd. De scheepvaart moet op minimaal 500 meter afstand van het NSW passeren. De huidige scheepvaart door een locatie is vooral een maat voor de **hinder** die de scheepvaart zal ondervinden van het NSW. De (on)veiligheid door het NSW wordt mede bepaald door de aanwezige scheepvaart rondom het NSW. In hoofdstuk 5 wordt deze veiligheid voor twee locaties, zijnde IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost bepaald.

In 4.2 wordt de verkeerssituatie in de zes locaties gegeven. In 4.3 worden de VONNOVI-vluchten van 1999 boven de zes locaties geanalyseerd. In 4.4 worden de resultaten en de conclusies van deze analyse gegeven.

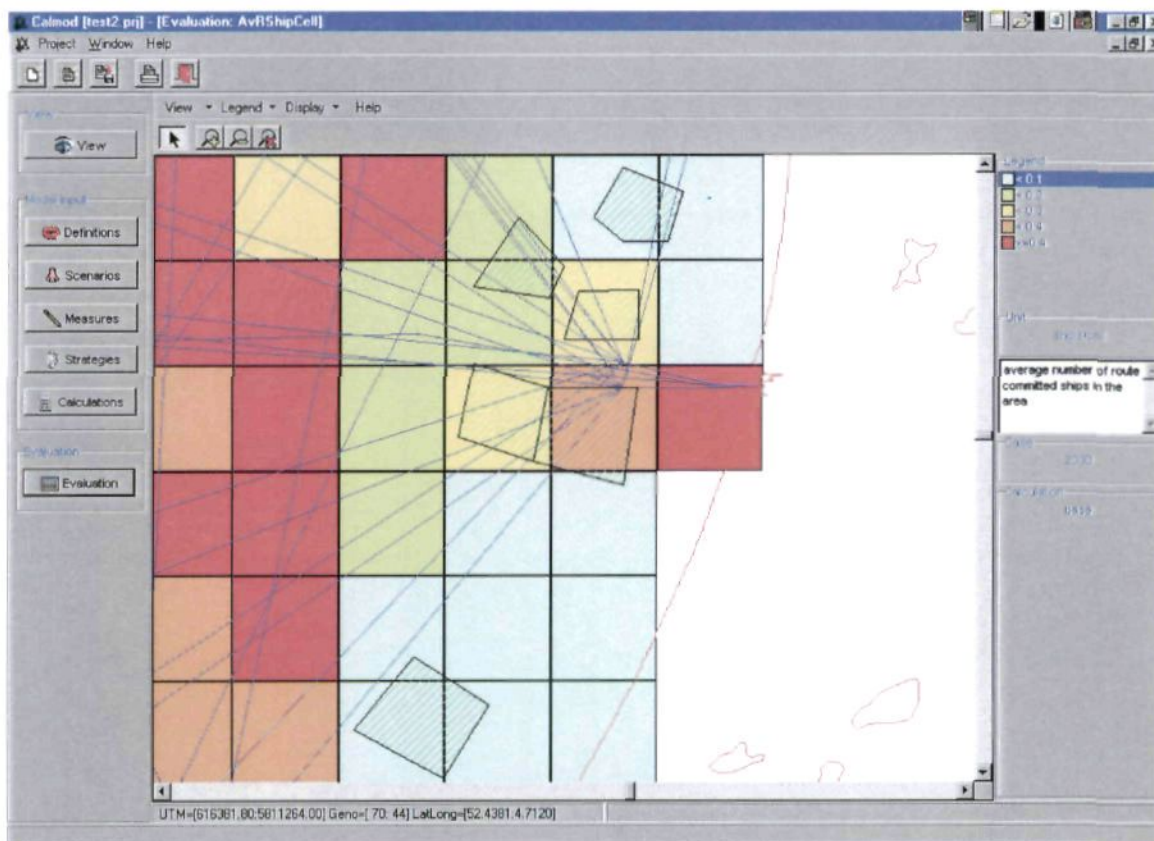
4.2 Verkeer



Figuur 2 Routegebondenverkeer plus supplyvaart

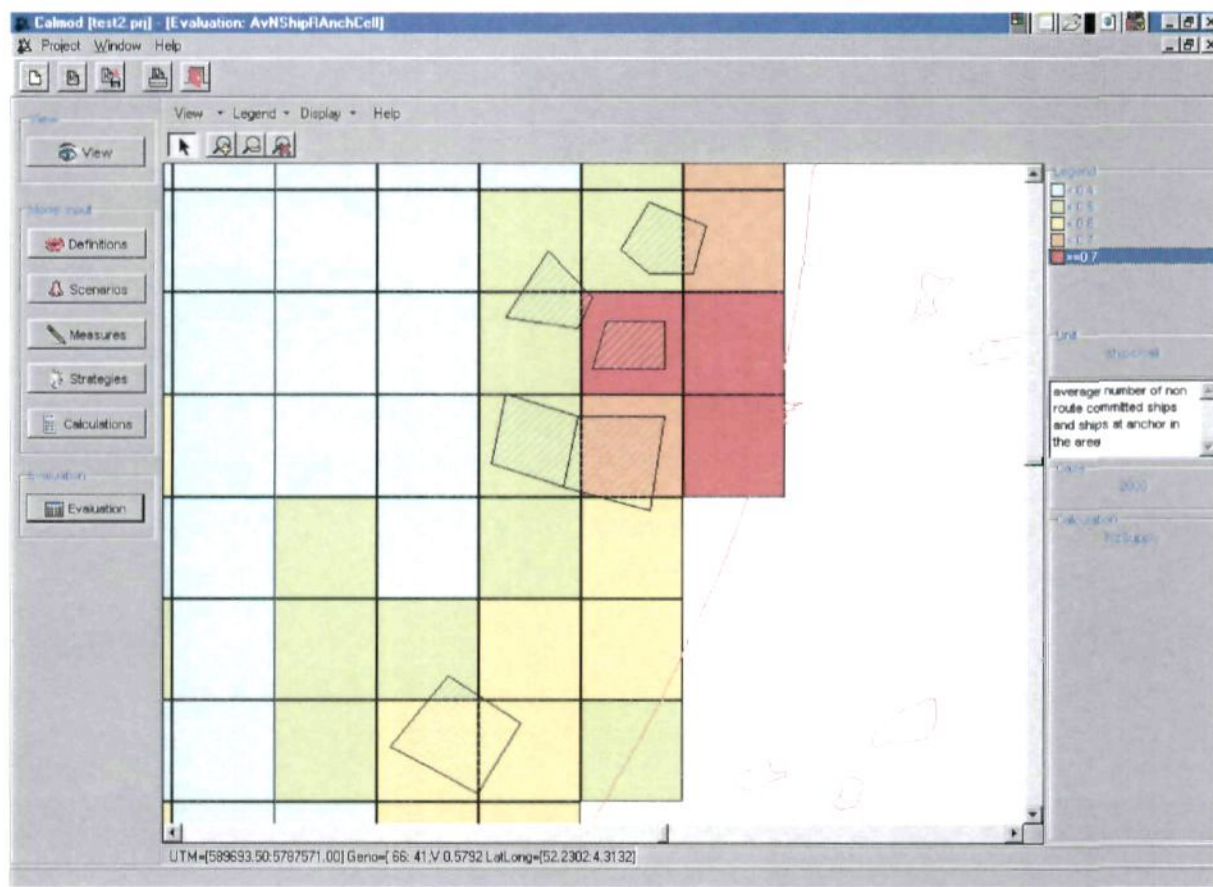
Figuur 2 bevat de gemiddeld aanwezige *routegebonden* schepen plus supplyvaart in iedere gridcel met daar overheen getrokken alle links waarover gevaren wordt. Alle links komen samen bij het loodsstation voor IJmuiden waar de loods aan boord komt en divigeren vanuit het punt waar de loods van boord gaat. Het “gemiddeld aantal aanwezige schepen” (*routegebonden* + supplyvaart) voor iedere gridcel van 8 bij 8 km is berekend door de doorsnijdingslengte van de links met een gridcel te bepalen². Via de snelheid van een schip is vervolgens bepaald hoelang een schip in zo’n gridcel verblijft. Sommatie over alle schepen en links en delen door de tijd levert vervolgens het gemiddeld aantal schepen in een gridcel op. Dit is een standaardberekening in CALMOD.

De lengte van de doorsnijding van een scheepsroute (link) door een locatie hangt sterk af van de precieze ligging van de locatie. Dit is te zien in bovenstaande figuur 2. De meeste links lopen door het westelijk deel van IJmuiden-Oost. Dit zijn over het algemeen links met een lage intensiteit, zoals blijkt uit figuur 3, waarin alleen de links zijn ingetekend met een intensiteit van meer dan één schip per week.



Figuur 3 Routegebonden schepen en supplyvaart met alle links met meer dan 1 passage/week

² Voor iedere link is bekend hoeveel schepen per jaar passeren onderverdeeld naar 37 scheepstypen en 8 grootteklassen.



Figuur 4 Werkvaart, visserij, recreatie

Binnen het CALMOD-model is de dichtheid van het *niet routegebonden* verkeer verder gesplitst naar scheepstype en scheepsgrootte, welke onderverdeling bij het bepalen van de hinder wordt gebruikt. Aangezien de NSW-locaties alle kleiner zijn dan de afmetingen van een gridcel. Voor het bepalen van het gemiddeld aantal aanwezige schepen (visserij, werkvaart en recreatievaart) is daarom de waarde van "gemiddeld aanwezige schepen" genomen van de gridcel waarin het grootste deel van de locatie ligt.

4.3 Analyse van in 1999 uitgevoerde VONNOVI-2000 vluchten

De resultaten van de zeven in 1999 uitgevoerde VONNOVI-vluchten zijn geplot in figuur 5 en 6. Er hebben 2 vluchten plaatsgevonden in het noordelijke gebied (boven de naar het NW lopende rode lijn naar de linker bovenhoek) met vijf raaien en 5 vluchten boven het zuidelijke gebied met zes raaien. Alle waargenomen schepen zijn geplot met een punt/vierkantje en een streepje. Het streepje geeft aan in welke richting het schip vaart. Indien het schip voor anker ligt dan heeft het geen streepje. Dit betekent dat de dichtheid (aantal puntjes) in het noordelijke gebied met 2.5 vermenigvuldigd moet worden voor een eerlijke vergelijking met het zuidelijke deel. Belangrijker dan de dichtheid is echter hoe er gevaren wordt.

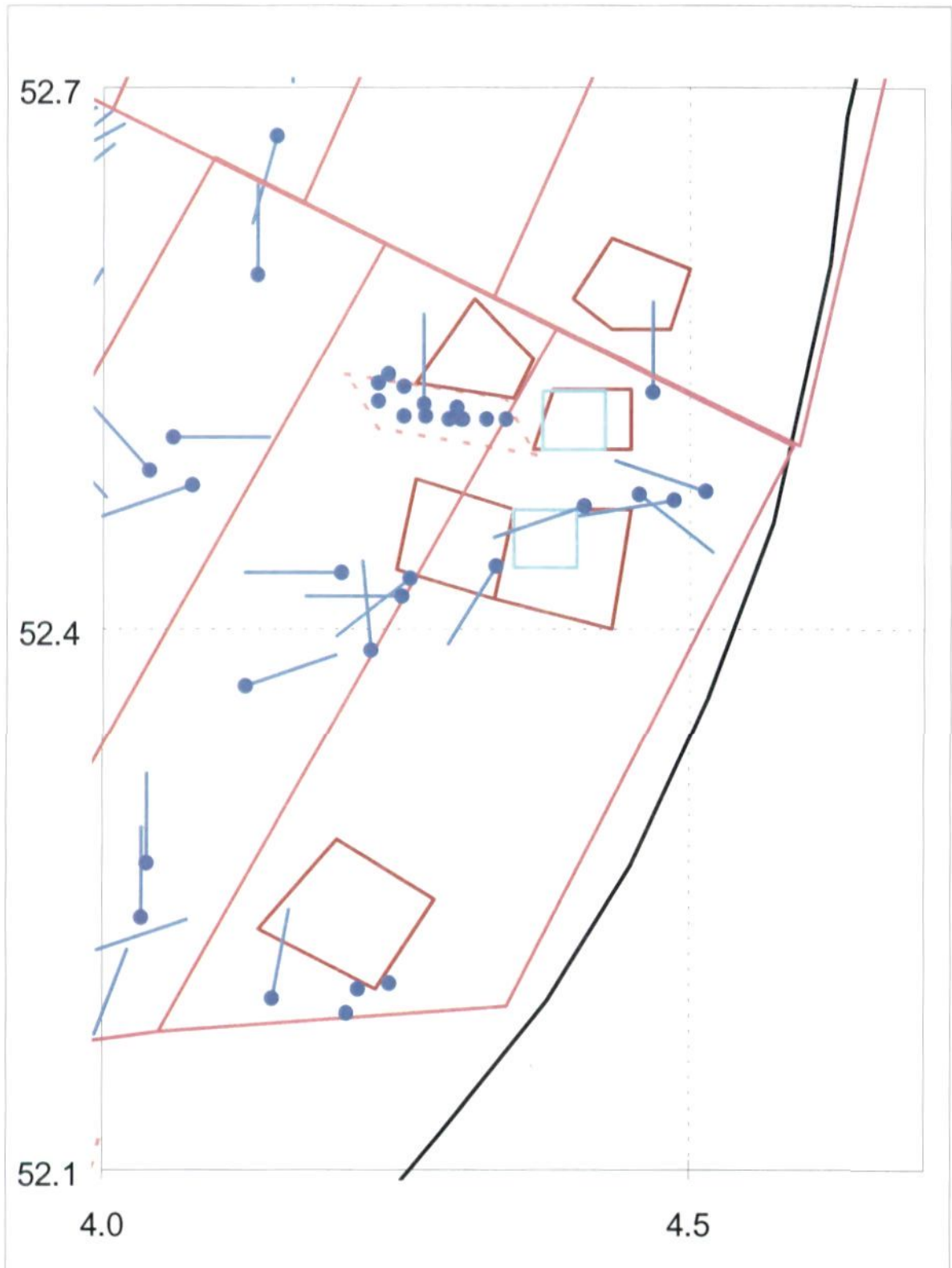
Routegebonden verkeer

Het *routegebonden* verkeer, figuur 5, gedraagt zich zoals in CALMOD is gemodelleerd. De verkeersafwikkeling is conform de modellering. In het ankergebied ten zuiden van IJmuiden-West ligt een groot aantal ankerliggers (een punt zonder streepje). Deze ankerliggers liggen niet in de NSW-locaties waardoor ze geen bijdrage leveren aan het gemiddelde aantal aanwezige schepen in een locatie.

Niet routegebonden verkeer

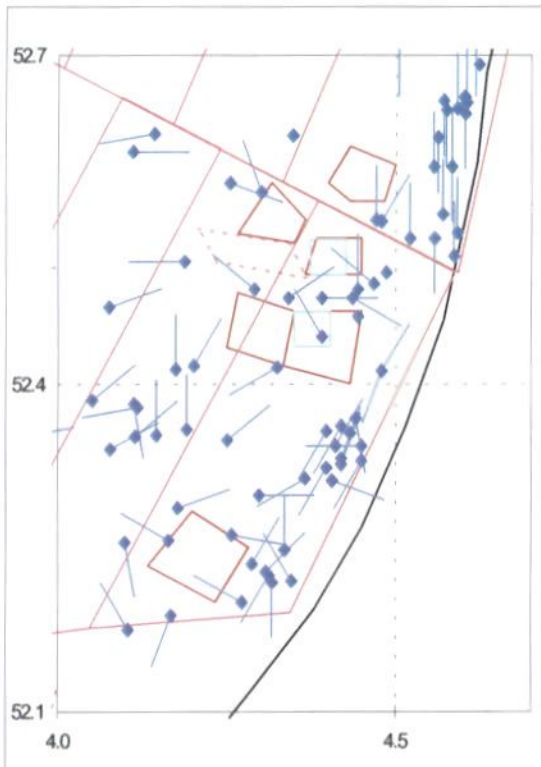
Figuur 6 bevat vier plaatjes, waarvan het eerste alle *niet routegebonden* schepen weergeeft en de volgende plaatjes steeds een bepaalde groep daarvan. Het plaatje met de supplyvaart laat zien dat het grootste deel van de suppliers in het noordelijke deel vaart (immers om tot een vergelijkbaar aantal VONNOVI-vluchten te komen dient het aantal stippen nog met 2.5 vermenigvuldigd te worden). Duidelijk is dat de vissers direct na het verlaten van IJmuiden koers zetten naar het Noorden en dus vrijwel allemaal tussen de kust en de dichtst bij de kust gelegen rij windturbines van het NSW zullen doorvaren. Dit betekent dat ze over het algemeen niet hoeven om te varen om hun bestemming te bereiken en nog steeds dezelfde routes dicht langs de kust kunnen blijven varen. Wel blijft er een aanvaringsrisico door een fout of een storing maar dit komt in hoofdstuk 5 aan de orde. Ditzelfde geldt voor de recreatievaart.

Doordat de vissers en recreatievaartuigen vooral in het kustzone varen (ook op plots van de VONNOVI-vluchten uit 1983-1991 te zien) geven de gridcellen waar de NSW-locaties Egmond, IJmuiden-Oost, Zandvoort-Oost en Katwijk een te hoge waarde voor de visserij dichtheid. Dit komt ook door de procedure die gebruikt is bij het toewijzen van VONNOVI-waarnemingen aan de gridcellen. Een waarneming is daarbij niet geheel aan die gridcel toegewezen waarin het schip is waargenomen, maar de waarneming is gedeeltelijk verspreid over een aantal omringende gridcellen. Dit is goed voor de situatie midden op zee, maar minder goed in de kustzone ten noorden van IJmuiden die min of meer als vaarroute wordt gebruikt. Met andere woorden, het aantal *niet routegebonden* schepen is te hoog in de NSW-locaties en hiermee dient rekening te worden gehouden bij de afweging.

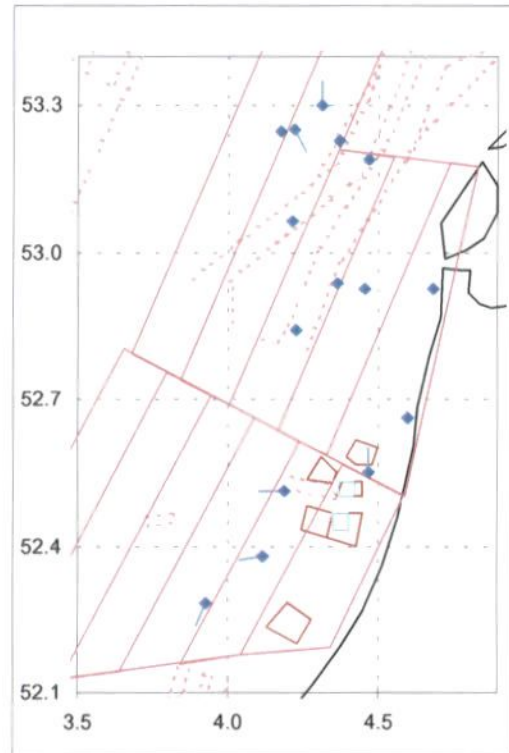


Routegebonden verkeer

Figuur 5 Resultaat van 2 vluchten over de noordelijke stroken en 5 vluchten boven de zuidelijke stroken



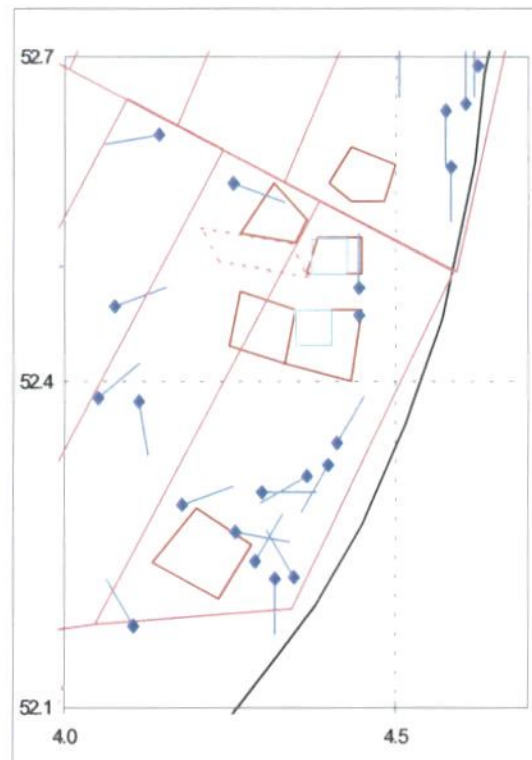
Niet routegebonden verkeer



Supplyvaart



Visserij



Recreatievaart

Figuur 6 Resultaat van 2 vluchten over de noordelijke stroken en 5 vluchten boven de zuidelijke stroken.

4.4 Resultaten en conclusies

De resultaten voor de zes locaties zijn overzichtelijk weergegeven in tabel 1 en figuur 7.

Een getal van 0.46 voor “gemiddeld aanwezige schepen” betekent dat wanneer er luchtfoto’s worden gemaakt op willekeurige momenten, dat er op 46 van de 100 foto’s een schip in de cel (8 bij 8 km) te zien is.

Het gemiddeld aantal aanwezige schepen (*routegebonden* + *supplyvaart*) is voor tabel 1 berekend op basis van de werkelijke doorsnijdingslengte van iedere link door de locatie en de intensiteit, waardoor de locatie-waarden van tabel 1 afwijken van de grid-waarden die in figuur 2 weergegeven worden. De dichtheden per gridcel gepresenteerd in figuur 4 komen wel overeen met de som van werkvaart en visserij en recreatie van tabel 1. De waarden in tabel 1 mogen niet los gezien worden van de bijgaande opmerkingen.

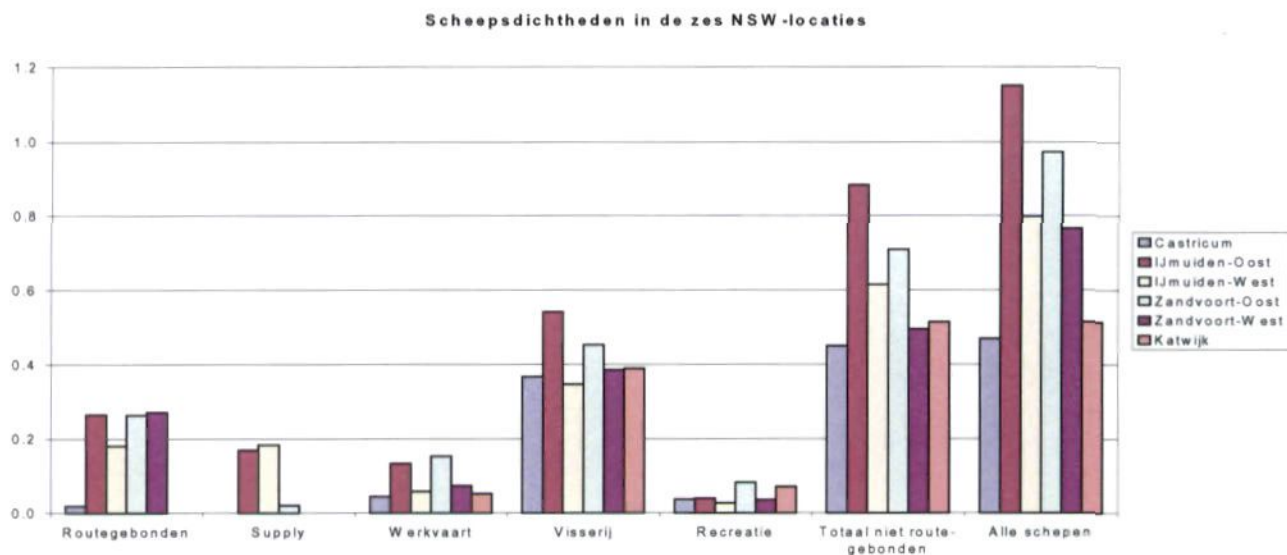
Op basis van de VONNOVI-waarnemingen kan worden geconcludeerd dat het gemiddelde aantal schepen in de categorie visserij en recreatievaart voor alle NSW-locaties is overschat. Veel schepen in deze groep zullen gebruik maken van de ruimte tussen de kust en het NSW. Uit de geringe hoeveelheid data kan niet worden bepaald wat het effect hiervan is, op de in tabel 1 weergegeven waarden. De verwachting is dat dit toch zeker 50% kan bedragen, maar aangezien deze overschatting voor alle NSW-locaties geldt speelt dit het een ondergeschikte rol bij de locatiekeuze. Bij de locatiekeuze moet de meeste aandacht worden geschonken aan het *routegebonden* verkeer en de *supplyvaart*. Het ankergebied direct onder IJmuiden-West is buiten beschouwing gebleven omdat het buiten de locaties ligt. De ligging van dit ankergebied maakt vooral IJmuiden-West maar ook IJmuiden-Oost minder aantrekkelijk.

Uit tabel 1 en figuur 7 volgt dat de scheepvaartintensiteiten binnen de alternatieven Katwijk en Egmond beduidend lager zijn dan binnen de vier andere alternatieven. De grootste dichtheden komen voor binnen het alternatief IJmuiden-Oost. Dit geldt niet alleen voor het totaal, maar ook voor de onderscheiden typen scheepvaart. De dichtheden van het *routegebonden* verkeer zijn binnen het alternatief Zandvoort-West even hoog als binnen IJmuiden-Oost; die binnen Zandvoort-Oost zijn bij benadering even hoog. De dichtheden van de *supplyvaart* zijn binnen IJmuiden-West iets hoger dan binnen IJmuiden-Oost, maar zijn bij benadering gelijk. De dichtheden van de *werkvaart* zijn binnen IJmuiden-oost en Zandvoort-Oost het hoogst.

De conclusies zijn in hoofdstuk 6 verwoord.

	Route gebonden	Niet routegebonden schepen						Alle schepen
		Supply	Werkvaart	Visserij (ongecorrigeerd)	Recreatie (ongecorrigeerd)	Totaal niet routegebonden excl. supply	Totaal niet routegebonden	
Egmond	0.02	0.00	0.05	0.37	0.04	0.45	0.45	0.47
Ijmuiden-Oost	0.27	0.17	0.13	0.54	0.04	0.71	0.89	1.15
Ijmuiden-West	0.18	0.18	0.06	0.35	0.03	0.44	0.62	0.80
Zandvoort-Oost	0.26	0.02	0.15	0.45	0.08	0.69	0.71	0.97
Zandvoort-West	0.27	0.00	0.07	0.39	0.04	0.50	0.50	0.77
Katwijk	0.00	0.00	0.05	0.39	0.07	0.51	0.52	0.52

Tabel 1 Gemiddeld aanwezige schepen per gridcel (8 bij 8 km) voor zes locaties. (De waarden in deze tabel mogen niet los gezien worden van de hierbij genoemde opmerkingen. Bovendien geeft deze tabel geen uitspraken over het risico voor de scheepvaart)



Figuur 7 Dichtheid (per 64 km²) verkeer in de zes locaties voor het NSW.

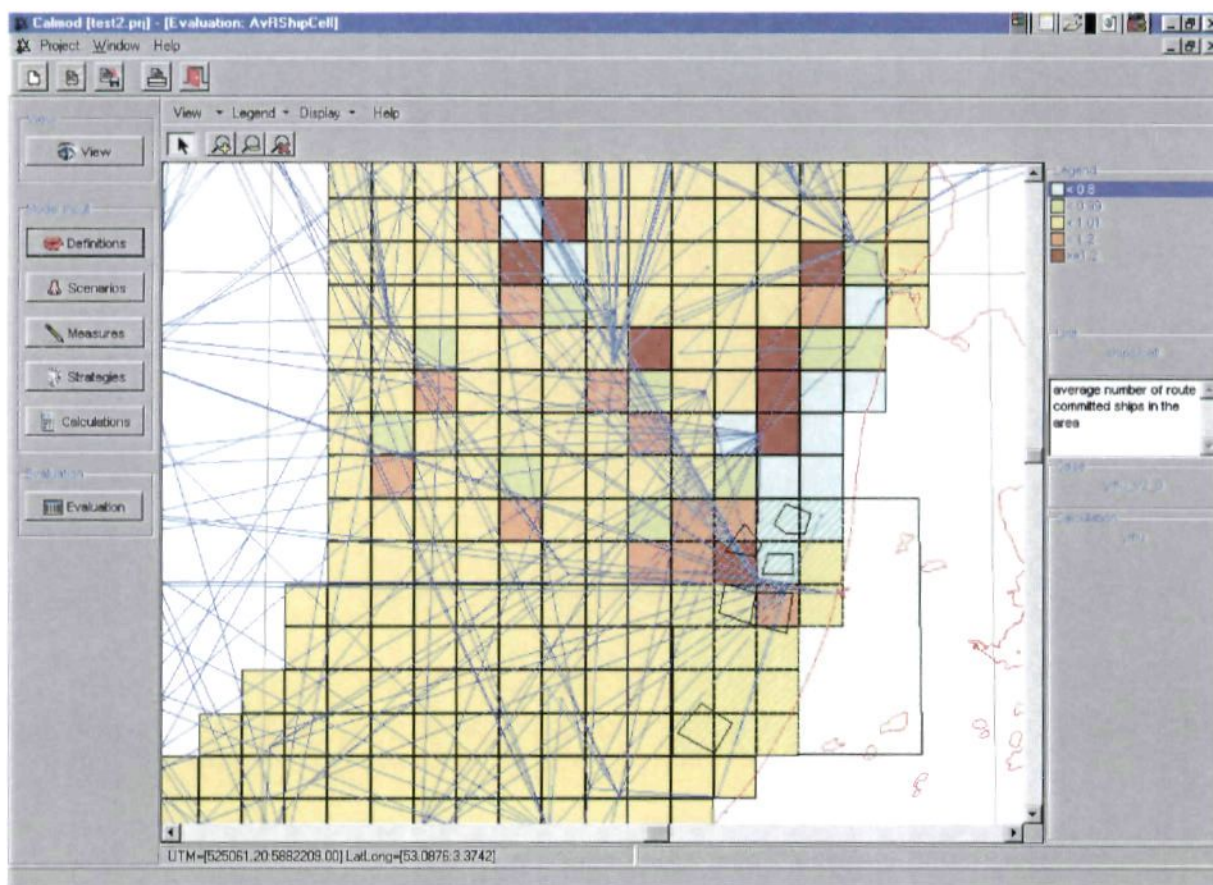
5. RISICOANALYSE VOOR HET NSW IN IJMUIDEN-OOST EN ZANDVOORT-OOST

5.1 Inleiding

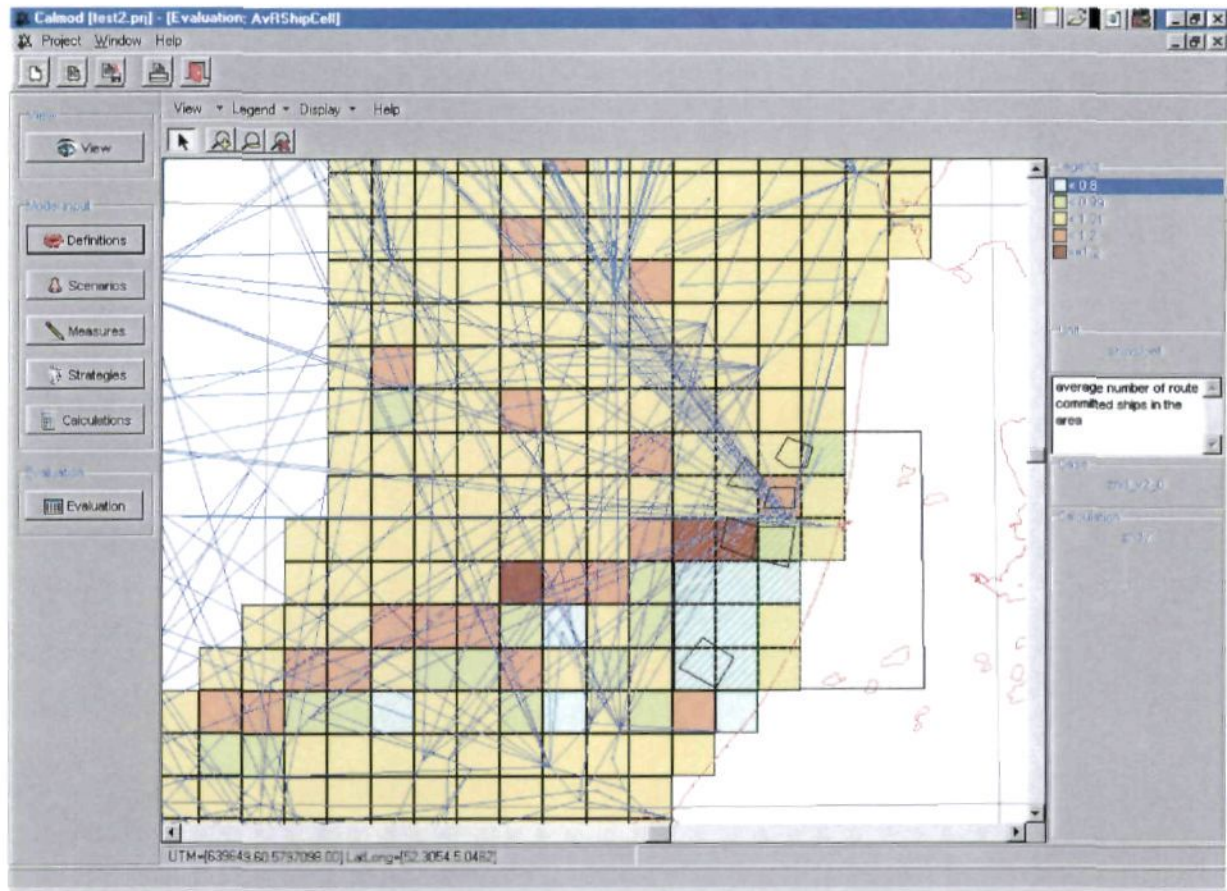
In dit hoofdstuk wordt het extra risico voor de scheepvaart bepaald voor het NSW in de locatie IJmuiden-Oost en de locatie Zandvoort-Oost. In 5.2 wordt de gevolgde methodiek beschreven en de wijze waarop het resultaat wordt gepresenteerd in scorekaarten. In 5.3 worden de resultaten besproken en in 5.4 worden de conclusies geformuleerd.

5.2 Methodiek

De (on)veiligheid wordt uitgedrukt door de kans per jaar te bepalen dat het NSW wordt aangevaren door een schip. Zoals in 3.2 uiteen is gezet worden twee soorten aanvaringen onderscheiden, namelijk een *ramming* en een *drifting*. CALMOD bevat voor beide typen aanvaringen een model. Invoer voor het model is de verkeersdatabase. Deze verkeersdatabase moet zo goed mogelijk de toekomstige werkelijkheid weergeven, namelijk de situatie met het NSW. Er zijn daarom twee nieuwe verkeersdatabases aangemaakt, één voor het NSW in de zuidwest punt van IJmuiden-Oost (figuur 8), en één voor het NSW in de noordwest punt van Zandvoort-Oost (figuur 9).



Figuur 8 IJmuiden-Oost vrijgemaakt voor het NSW



Figuur 9 Zandvoort-Oost vrijgemaakt voor het NSW

In beide figuren is verandering van het “gemiddeld aanwezige *routegebonden* verkeer plus suppliers” van de nieuwe situatie met het NSW ten op zichte van de huidige situatie zonder het NSW weergegeven. Verder zijn alle links van de situatie met het NSW geplot.

In figuur 8 is te zien dat alle links door IJmuiden-Oost zijn verdwenen en dat de meeste veranderingen optreden in het noordelijke deel, dicht bij IJmuiden. In de lichtblauwe cellen is er relatief veel minder verkeer, namelijk minder dan 80% van het oorspronkelijke. In de donkerbruine cellen is er veel meer verkeer ontstaan, namelijk meer dan 20% meer. In de gele cellen blijft de verandering in de aanwezige schepen binnen de 1%. Duidelijk is dat de veranderingen nog ver buiten het NSW te merken zijn, hetgeen betekent dat ook hier het ongevalsniveau nog steeds wordt beïnvloed door het NSW.

In figuur 9 loopt geen enkele link meer door Zandvoort-Oost. De groene en oranje cellen hier laten goed zien dat de link vanuit het zuidwesten naar IJmuiden v.v. naar boven is gedraaid. De oranje cellen geven meer verkeer weer en de groene cellen minder.

Wanneer er ergens iets verandert in het maritiem verkeerssysteem van figuur 1, dan kan dat op veel plaatsen effect hebben. Zo ook de plaatsing van het NSW. Op sommige links gaan meer schepen varen, links verdwijnen en nieuwe links verschijnen. Dit heeft allemaal effect op een aantal grootheden, zoals ongevallen, emissie, vaarkosten en kansen op calamiteiten. Bovendien komen er in het geval van het NSW nieuwe effecten bij, namelijk de aanvaringen met het NSW.

In de POLSSS (POLicy Sea Shipping Safety) studie voor DGG is gebruik gemaakt van een scorekaart voor het weergeven van effecten van maatregelen. De aanwezigheid van het NSW heeft

invloed op de verkeersafwikkeling en kan als een mogelijke ingreep (tactic) worden beschouwd. Vanuit de POLSSS-scorekaart is de NSW-scorekaart afgeleid door een aantal nauwelijks ter zake doende items te verwijderen en nieuwe items betreffende de aanvaringskansen met het NSW toe te voegen. De scorekaarten voor IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost zijn weergegeven in tabel 2 en tabel 3. De items van de scorekaart worden hier beschreven. In 5.3 wordt de inhoud van de scorekaarten behandeld.

Scorekaart

De scorekaart begint met de *tactic* en de *base*. De resultaten voor de database die de tactic beschrijft worden vergeleken met de database die de nulsituatie beschrijft. De nulsituatie is hier de verkeersafwikkeling zonder het NSW voor het jaar 2000.

Van ieder item wordt het **effect van het NSW** (tactic-base) bepaald, dus het resultaat van de situatie met het NSW minus de situatie zonder NSW. Om een idee te vormen van wat het *effect van het NSW* betekent wordt het *effect van het NSW* relatief weergegeven ten opzichte van het totaal voor het hele Nederlands Continentaal Plat (NCP). Het effect is klein omdat het NCP groot is met veel scheepvaart verkeer. Het verschil wordt ook relatief gegeven ten op zichte van de waarde in een meer lokaal gebied. Voor dit kleine gebied, de **NSW-area** is de rechthoek genomen waarin net alle zes locaties liggen (groen gearceerd in figuur 8 en 9). De NSW-area omvat 21 gridcellen van 8 bij 8 km, dus in totaal 1344 km².

Voor het te verwachten aantal aanvaringen met het NSW zijn deze relatieve waarden niet te geven, aangezien deze ongevallen niet in de basissituatie voorkomen.

De scorekaart bevat de volgende items:

Veiligheid:

- Alle verkeersongevallen zonder aanvaringen met ankerliggers. Dit zijn de ernstige ongevallen, zoals aanvaringen en strandingen.
- Aanvaringen met ankerliggers. Deze groep is hier apart vermeld om de invloed van het bij IJmuiden gelegen ankergebied beter te kunnen volgen.
- De aanvaringen met het NSW onderverdeeld naar *ramming* en *drifting* en *routegebonden* verkeer en *niet routegebonden* verkeer.

Op drift geraakte ankerliggers met het NSW. Nabij het NSW ligt een ankergebied. Soms raakt een schip dat voor anker ligt op drift doordat het anker gaat krabben of nog erger, doordat de ankerketting breekt. Wanneer dit gebeurt duurt het even voordat men het schip weer onder controle heeft. In noodgevallen (zoals hier) wil men het tweede anker uitdoen en de motoren starten. Deze acties, die tegelijk uitgevoerd worden, kosten ongeveer 15 minuten. Daarboven komt dan de detectietijd voordat men door heeft dat er iets aan de hand is. In de berekeningen is aangenomen dat het schip gedurende ongeveer 20 minuten vrij drift en er gedurende deze tijd een drift-aanvaring met het NSW kan optreden.

Milieu:

- Hoeveelheid ladingolie in "spills" uit ongevallen. Dit is het aantal kubieke meter olie dat jaarlijks in zee terechtkomt uit een gat in een ladingtank ten gevolge van een ongeval.
- Hoeveelheid ladingolie op de kust uit ongevallen. De olie die in zee terechtkomt is onderhevig aan fysisch-chemische degradatieprocessen. De hoeveelheid olie van de oorspronkelijke hoeveelheid olie (vorige item) die uiteindelijk ergens op de kust spoelt wordt hier weergegeven. Deze hoeveelheid kan nog verminderd worden door het inzetten van oliebestrijdingsvaartuigen, maar deze inzet is hier niet beschouwd.

- Aantal chemical “spills”. Hier wordt het totaal aantal te verwachten “spills” uit chemicaliën tankers na een ongeval weergegeven.

Economie:

- Kosten van ongevallen. Het totaal van de te verwachten kosten van een ongeval. Hieronder vallen schade aan schip, economische schade, schoonmaakkosten van olieverontreinigingen en kosten van verlies van lading. **Deze post bevat niet de kosten van beschadigingen aan de windturbines.**
- Het aantal afgelegde scheepsmijlen in de regio. Door deze mijlen te vermenigvuldigen met de bijbehorende scheepskosten per afgelegde mijl kunnen de totale scheepskosten bepaald worden.

Rampen:

Het bovenstaande beschrijft de frequentie en het effect van relatief vaak optredende ongevallen. Er zijn echter ook gebeurtenissen (rampen) die vrijwel nooit voorkomen maar waarvan de gevolgen zeer groot zijn. Er zullen niet direct rampen optreden als gevolg van de aanwezigheid van het NSW. Wel kunnen er elders meer of minder rampen ontstaan. Als voorbeeld wordt de ramp van een ferry-schip aanvaring in de scorekaart opgenomen. Het bevat de volgende items:

- Aantal doden per km. De overlijdingskans per afgelegde persoonskilometer (is vaartuigkilometers maal personen aan boord).
- Groepsrisico (meer dan 10 doden). Dit is de kans per jaar op een ferry-schip aanvaring waarbij meer dan 10 doden zullen vallen.
- Groepsrisico (meer dan 30 doden). Dit is de kans per jaar op een ferry-schip aanvaring waarbij meer dan 30 doden zullen vallen.
- Groepsrisico (meer dan 100 doden). Dit is de kans per jaar op een ferry-schip aanvaring waarbij meer dan 100 doden zullen vallen.

Tactic	Verkeersdatabase 2000 voor het NSW in IJmuiden-Oost				
Base	Verkeersdatabase 2000				
Categorie	Criteria	Eenheid	Effect van het NSW	Effect relatief tov van NCP	Effect relatief tov NSW area
Veiligheid	Alle verkeersongevallen zonder aanvaringen met ankerliggers	aantal/jaar	0.002	0.0001	0.0019
	Aanvaringen met ankerliggers	aantal/jaar	0.021	0.0108	0.2333
	Ramming <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.073		
	Rammings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.143		
	Totaal rammings met NSW	aantal/jaar	0.216		
	Driftings <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.028		
	Driftings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.074		
	Totaal driftings met NSW	aantal/jaar	0.103		
	Totaal ramming + driftings	aantal/jaar	0.319		
	Op drift geraakte ankerliggers met het NSW	aantal/jaar	0.253		
Milieu	Hoeveelheid ladingolie in 'spills' uit ongevallen	m3 / jaar	2.470	0.0007	0.0868
	Hoeveelheid ladingolie op de kust uit ongevallen	m3 / jaar	1.720	0.0007	0.0816
	Aantal chemicaliën 'spills' uit ongevallen:	aantal / jaar	0.000	0.0032	0.1055
Economie	Kosten van ongevallen	MNLG/ jaar	0.068	0.0013	0.0574
	Afgelegde zeemijlen	Nm / jaar	5490	0.0002	0.0128
Rampen	Bijvoorbeeld Ferry – Schip				
	Aantal doden per km	aantal/(perskm)	$5.71 \cdot 10^{-13}$	0.0001	0.0001
	Groepsrisico (meer dan 10 doden)	kans / jaar	0.000007	0.0005	0.0470
	Groepsrisico (meer dan 30 doden)	kans / jaar	0.000006	0.0005	0.0470
	Groepsrisico (meer dan 100 doden)	kans / jaar	0.000005	0.0005	0.0486

Tabel 2 Scorekaart voor het NSW in de zuidwesthoek van IJmuiden-Oost

Tactic	Verkeersdatabase 2000 voor het NSW in Zandvoort-Oost				
Base	Verkeersdatabase 2000				
Categorie	Criteria	Eenheid	Effect van het NSW	Effect relatief tov van NCP	Effect relatief tov NSW area
Veiligheid	Alle verkeersongevallen zonder aanvaringen met ankerliggers	aantal/jaar	-0.004	-0.0002	-0.0031
	Aanvaringen met ankerliggers	aantal/jaar	0.006	0.0031	0.0667
	Ramming <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.112		
	Rammings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.116		
	Totaal rammings met NSW	aantal/jaar	0.228		
	Driftings <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.027		
	Driftings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.071		
	Totaal driftings met NSW	aantal/jaar	0.097		
	Totaal ramming + driftings	aantal/jaar	0.326		
	Op drift geraakte ankerliggers met het NSW	aantal/jaar	0.055		
Milieu	Hoeveelheid ladingolie in 'spills' uit ongevallen	m3 / jaar	-7.310	-0.0021	-0.2569
	Hoeveelheid ladingolie op de kust uit ongevallen	m3 / jaar	-5.020	-0.0021	-0.2382
	Aantal chemicaliën 'spills' uit ongevallen:	aantal / jaar	0.000	-0.0007	-0.0248
Economie	Kosten van ongevallen	MNLG/ jaar	-0.032	-0.0006	-0.0267
	Afgelegde zeemijlen	Nm / jaar	620	0.0000	0.0012
Rampen	Bijvoorbeeld Ferry – Schip				
	Aantal doden per km	Aantal/(perskm)	-1.66*10 ⁻¹²	-0.0003	-0.0004
	Groepsrisico (meer dan 10 doden)	Kans / jaar	-0.000005	-0.0003	-0.0347
	Groepsrisico (meer dan 30 doden)	Kans / jaar	-0.000005	-0.0003	-0.0347
	Groepsrisico (meer dan 100 doden)	Kans / jaar	-0.000004	-0.0004	-0.0371

Tabel 3 Scorekaart voor het NSW in de noordwesthoek van Zandvoort-Oost

5.3 Bespreking van de resultaten

Tabel 2 en tabel 3 bevatten de scorekaarten voor IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost. Bij de behandeling van de verschillen worden twee groepen onderscheiden, namelijk de groep met effecten die worden veroorzaakt door de verandering van de verkeersafwikkeling en de groep met de aanvaringen van het NSW zelf. Er bestaan geen normen buiten de normen voor individueel en groepsrisico waaraan voldaan moet worden. Het is dus niet mogelijk om de veranderingen in de veiligheid door het NSW op "aanvaardbaarheid" te toetsen. De veranderingen in het individueel en groepsrisico ten gevolge van het NSW zijn te verwaarlozen doordat een aanvaring met het NSW niet fataal is voor het schip.

Ongevallen buiten het NSW

Voor IJmuiden-Oost is de toename van het aantal ongevallen groter dan voor Zandvoort-Oost. Vooral het aantal aanvaringen met ankerliggers neemt toe doordat het ankergebied net ten westen van IJmuiden-Oost ligt waar de *routegebonden* scheepvaart vanuit IJmuiden richting Noord afbuigt. Dit geeft een toename van 23% in de NSW-area tegen 7% voor Zandvoort-Oost. Over alle items is verder een geringe toename te zien. Opvallend is dat Zandvoort-Oost over vrijwel alle items een afname te zien geeft, hetgeen wanneer het om ongevallen, verontreiniging en kosten gaat gunstig is. Deze verbetering is het resultaat van een iets andere ligging van de scheepvaartlinks ten opzichte van elkaar en wordt vooral buiten de NSW-area bereikt.

Het aantal zeemijlen dat omgevaren moet worden is voor IJmuiden-Oost met 5490 zeemijlen per jaar beduidend hoger dan de 620 zeemijlen voor Zandvoort-Oost. Deze extra zeemijlen worden afgelegd door een deel van de 8000 *routegebonden* schepen inclusief suppliers die jaarlijks IJmuiden aandoen, dus door 8000 aankomende en 8000 vertrekkende schepen.

De kosten van de extra scheepsongevallen zijn voor IJmuiden-Oost met 0.068 miljoen gulden per jaar. Voor Zandvoort-Oost wordt zijn de kosten van de ongevallen zelfs afgenomen met 0.003 miljoen.

De kans op een ramp met een ferry, waarbij veel slachtoffers vallen is bijzonder klein. Dit komt omdat er relatief weinig ferries door IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost varen. Bij het NSW in Zandvoort-Oost verandert de structuur zelfs zodanig dat de kans op een ramp afneemt. Echter de absolute veranderingen zijn zo klein dat dit rampscenario bij de locatiekeuze buiten beschouwing kan worden gelaten.

Conclusie:

De verandering in het te verwachten aantal ongevallen buiten het NSW en de gevolgen van deze ongevallen is voor beide alternatieven bijzonder klein. Alleen bij IJmuiden-Oost worden toenamen van meer dan 0.3% op het NCP-totaal verwacht, namelijk voor

- het aantal aanvaringen met ankerliggers (1.08%, absoluut 0.02 hetgeen één aanvaring in 50 jaar betekent),
- de kans op een chemicaliën spill (0.32%),
- de kosten van een ongeval.

Voor Zandvoort-Oost wordt alleen de 0.3% overschreden voor het aantal te verwachten aanvaringen met ankerliggers (0.31%).

Ongevallen binnen het NSW

Tabel 4 bevat het aantal ongevallen met het NSW, waarbij het NSW het omhullende gebied om de windturbines is, dus exclusief de veiligheidszone. De veiligheidszone is wel gebruikt bij het toewijzen van het scheepvaartverkeer. Het aantal te verwachten driftings is voor IJmuiden-Oost 0.103 (eens in de 9.7 jaar) en Zandvoort-Oost 0.097 (eens in de 10.3 jaar) vrijwel gelijk en ook gelijk verdeeld over *routegebonden* en *niet routegebonden* verkeer. Het aantal rammings geeft een

ander beeld. In IJmuiden-Oost 0.216 (eens in de 4.6 jaar) worden in totaal iets minder rammings verwacht dan in Zandvoort-Oost 0.228 (eens in de 4.4 jaar). De verdeling over *routegebonden* en *niet routegebonden* verkeer is hier heel anders. In IJmuiden-Oost zijn beduidend minder rammings met *routegebonden* schepen 0.073 (eens in 13.7 de jaar) en meer rammings met *niet routegebonden* schepen 0.143 (eens in de 7.0 jaar). Dit komt vooral door de supplyvaart die vanuit IJmuiden richting noord gaan.

De hier gegeven aantallen kunnen afgezet worden tegen de 17.4 ongevallen in de categorie aanvaring, contact en stranding, die gemiddeld per jaar op het NCP plaatsvinden.

Categorie	Eenheid	IJmuiden-Oost	Zandvoort-Oost
Ramming <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.073	0.112
Rammings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.143	0.116
Totaal rammings met NSW	aantal/jaar	0.216	0.228
Driftings <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.028	0.027
Driftings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	aantal/jaar	0.074	0.071
Totaal driftings met NSW	aantal/jaar	0.103	0.097
Totaal rammings + driftings doorgaande vaart	aantal/jaar	0.319	0.326
Op drift geraakte ankerliggers met het NSW	aantal/jaar	0.253	0.055

Tabel 4 Aantal te verwachten aanvaringen per jaar met het NSW van 3.6 bij 3.6 km binnen de locatie

De categorie “Op drift geraakte ankerliggers” is apart gehouden. Het ankergebied waar schepen wachten op orders of op een bepaalde dienstverlening voordat ze het Noordzeekanaal kunnen binnenvaren ligt zeer dicht bij het NSW in IJmuiden-Oost, zie figuur 5. Schepen die op drift raken komen zeer snel bij het NSW. De bijdrage van deze categorie is dan ook zeer groot vergeleken bij die voor Zandvoort-Oost. Het aantal ankerliggers dat op drift raakt, hangt af van de bezetting van het ankergebied, de weersgesteldheid en de ondergrond van het ankergebied. Zodra men merkt dat een schip op drift is geraakt zal men het weer onder controle proberen te krijgen. De Verkeersdienst in IJmuiden helpt bij het vroegtijdig detecteren van een driftende ankerligger door middel van een alarm dat afgaat wanneer een ankerligger te veel van zijn plaats gaat. Zo’n alarm zit ook aan boord van de ankerligger, hoewel dit systeem vaak afgezet wordt omdat het veel valse alarms afgeeft door de beweging van het schip om het anker. Voor een “krabbend” anker is dat meestal voldoende om het schip niet ver van de oorspronkelijke plaats weer onder controle te hebben. Anders is het bij een breuk in de ankerketting. Het schip raakt dan snel op drift en het zal enige tijd duren voordat men het schip weer onder controle heeft. In de berekening is uitgegaan van 20 minuten. Het kost zeker 15 minuten om de hoofdmotoren te starten en/of het tweede anker uit te doen en een detectietijd van 5 minuten is weinig.

Omdat de meeste van dit soort incidenten niet uitmonden in een schadevaring van een ander schip of object of in een stranding op de kust is er weinig materiaal beschikbaar om de modellen te valideren. Derhalve is de onzekerheid in de modelparameters en dus in de uitkomsten groot. De berekende waarde van 0.253 voor IJmuiden-Oost geeft echter wel aan dat dit gevaar toch niet onderschat mag worden. Indien de keuze valt op IJmuiden-Oost moet nader aandacht aan dit ankergebied worden besteed.

5.4 Effect van het westwaarts verplaatsen van het NSW

Het westwaarts verplaatsen van het NSW zal leiden tot verandering in het gedrag van het scheepvaartverkeer. De ligging wordt dan zodanig dat het *routegebonden* verkeer ook langs de oostkant langs het NSW kan varen. De verwachting is dit bij IJmuiden al bij een geringe westwaartse verplaatsing gaat gebeuren en dat hierdoor een groot deel van de mijlen die omgevaren moeten worden voor de zeevaart verdwijnt. Gezien de bestemmingen zal bij Zandvoort de afstand uit de kust van het NSW groter moeten zijn, voordat de scheepvaart langs de oostkant gaat passeren.

Indien de scheepvaart langs de oostkant kan passeren zal het aanvaringsrisico voor IJmuiden vermoedelijk niet toenemen of misschien zelfs afnemen. Bij Zandvoort is de verwachting dat het aanvaringsrisico zal toenemen naarmate het NSW verder uit de kust komt. Deze uitspraken berusten uitsluitend op verwachtingen en zijn gezien de complexiteit en de vele factoren uitsluitend te toetsen met aanvullende berekeningen.

5.5 Effect van de invulling van het NSW met windturbines

Bij de berekening is uitgegaan van een gesloten gebied dat 10 bij 10 windturbines omvat. In werkelijkheid is dit een vrij open gebied omdat de windturbines 400 m uit elkaar staan. Wanneer een schip binnen het windpark geraakt, hoeft het daardoor nog niet in aanvaring met een windturbine te komen. Het schip kan immers tussen de ruimtes tussen de windturbines door manoeuvreren en het NSW weer verlaten zonder een windturbine geraakt te hebben.

Rammende schepen die het NSW binnentreden hebben een raakkans van:

$$(\text{Breedte schip}) / ((\text{afstand windturbines}) \times \sin(\text{hoek tussen vaarrichting en eerste rij}))$$

Een schip met een breedte van 20 meter dat het windpark loodrecht binnenvaart heeft dus een raakkans van 5%. Hoe schuiner het schip het park invaart, hoe groter de raakkans. Bij een hoek van 20° tussen de vaarroute en de eerste rij windturbines is de raakkans al 15%. Voor 10 rijen zou deze berekening toegepast moeten worden. In de praktijk zal de raakkans van een tweede rij kleiner zijn dan voor de eerste rij aangezien de navigator zijn fout mogelijk kan herstellen en verder netjes tussen de windturbines door manoeuvreert. Daarom lijkt een factor van 0.5 om van een ramming van het NSW tot een ramming van de windturbine te komen acceptabel. Op basis van de breedte is berekend dat de kans voor *niet routegebonden* schepen om een windturbine te raken indien het NSW wordt binnengevaren, bijna twee maal zo klein is.

Voor driftende schepen ligt dit anders. De kans dat een windturbine op de eerste rij geraakt wordt is al zes maal zo groot omdat het driftende schip dwarsscheeps beweegt, dus het raakvlak door de lengte van het schip wordt bepaald en niet door de breedte zoals bij rammen. Bovendien kan de bemanning niets meer doen om het driftproces te stoppen. Het is daardoor waarschijnlijk dat er altijd wel een windturbine wordt geraakt en in ongunstige gevallen meerdere.

Voor een ankerligger op drift is dit nog anders. Omdat dit schip slechts zeer tijdelijk niet onder controle is zal dit schip spoedig nadat het schip het NSW is binnengevaren weer onder controle zijn. Echter, door de dwarsscheepse verplaatsing zal het toch moeilijk zijn om alle windturbines te ontwijken. De overgangskans is niet veel kleiner dan 1.

Op basis van de hiervoor gepresenteerde overgangsfactoren is in tabel 5 weergegeven wat het aantal te verwachten incidenten per jaar is waarbij minimaal één windturbine in het NSW wordt geraakt. Dit is in feite pas een echte aanvaring/aandrijving met het NSW. In de laatste kolom staat de bijbehorende kans op een dodelijk slachtoffer bij dat incident gebaseerd op de kans van 3% bij rammen en 1% bij driften (zie 3.3).

De kans op een aanvaring/aandrijving van een passerend schip is voor IJmuiden-Oost gelijk aan 0.174 (eens in de 5.7 jaar) en voor Zandvoort-Oost gelijk aan 0.183 (eens in de 5.5 jaar). Voor beide alternatieven is de kans op een dodelijk slachtoffer in de orde van grootte eens in de 300 jaar. Het ankergebied bij IJmuiden vormt een relatief groot gevaar voor het alternatief IJmuiden-Oost. De kans op een aanvaring/aandrijving van een op drift geraakte ankerligger is ongeveer even groot 0.190 (eens in de 5.3 jaar) als de kans op een aanvaring/aandrijving van een passerend schip. De kans dat hierbij doden vallen wordt zeer laag ingeschat (orde van grootte eens in de 500 jaar). Voor Zandvoort-Oost zijn deze kansen 5 keer zo klein.

Categorie	gesloten NSW		Overgangsfactoren voor overgang van gesloten NSW naar windturbines		Windturbines		Kans op incident met doden	
	IJmuiden- Oost	Zandvoort- Oost	IJmuiden- Oost	Zandvoort- Oost	IJmuiden- Oost	Zandvoort- Oost	IJmuiden- Oost	Zandvoort- Oost
Ramming <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	0.073	0.112	0.500	0.500	0.037	0.056	0.0011	0.0017
Rammings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	0.143	0.116	0.250	0.250	0.036	0.029	0.0011	0.0009
Totaal rammings met NSW	0.216	0.228			0.072	0.085	0.0022	0.0026
Driftings <i>routegebonden</i> schepen met het NSW	0.028	0.027	1	1	0.028	0.027	0.0003	0.0003
Driftings <i>niet routegebonden</i> schepen met het NSW	0.074	0.071	1	1	0.074	0.071	0.0007	0.0007
Totaal driftings met NSW	0.103	0.097			0.103	0.097	0.0010	0.0010
Totaal ramming + driftings doorgaande vaart	0.319	0.326			0.174	0.183	0.0032	0.0035
Op drift geraakte ankerliggers met het NSW	0.253	0.055	0.750	0.750	0.190	0.041	0.0019	0.0004
Aantal zeemijlen omvaren	5490	620						

Tabel 5 Aantal mijlen omvaren en kansen per jaar dat minimaal één windturbine wordt aangevaren

6. CONCLUSIES

In hoofdstuk 4 zijn de zes NSW-locaties vergeleken op het aspect **hinder** voor de scheepvaart. In hoofdstuk 5 zijn de NSW-locaties IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost vergeleken op het aspect **veiligheid** voor de scheepvaart.

De conclusies aangaande de hinder voor de scheepvaart

Egmond komt er in de vergelijking van de hinder voor de scheepvaart het beste uit, met direct daarna Katwijk zonder noemenswaardig verschil. Het verschil wordt veroorzaakt door de werkvaart. Aangezien de werkvaart geen constant gedrag over de jaren vertoont mag geconcludeerd worden dat Egmond en Katwijk qua hinder op hetzelfde niveau zitten. Vervolgens wordt de afweging lastiger. De verschillen zijn niet groot en kunnen gemakkelijk naar een andere kant omslaan bij kleine verschuivingen van de locatie, dus zeker ook voor bepaalde keuzen van het uiteindelijke NSW binnen de locatie. Er wordt daarom volstaan met de volgende kanttekeningen:

- IJmuiden-Oost en West kennen een hoge dichtheid aan supplyvaart en zijn daardoor slechter dan respectievelijk Zandvoort-Oost en West.
- De verder van de kust gelegen alternatieven Zandvoort-West en IJmuiden-West zijn beter dan de dichterbij de kust gelegen alternatieven Zandvoort-Oost en IJmuiden-Oost vooral door de visserij en recreatievaart.
- De hinder voor de visserij is voor alle locaties minder dan uit tabel 1 en figuur 7 te lezen valt omdat de meeste vissers tussen de kust en het NSW zullen doorvaren, zoals uit de analyse van de VONOVl-vluchten volgt.

De conclusies aangaande de veiligheid voor de scheepvaart

Uit de risicoanalyse voor de NSW-locaties IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost kunnen de volgende conclusies voor deze twee locaties getrokken worden:

- De toegenomen kans op een ongeval buiten het NSW door de plaatsing van het NSW (eens in de 50 jaar voor IJmuiden-Oost en eens in de 500 jaar voor Zandvoort-Oost) is een orde lager dan de kans op een aanvaring/aandrijving met het NSW (eens in de 6 jaar voor de passerende scheepvaart).
- De veiligheid voor de varende scheepvaart, dus exclusief de ankerliggers, ligt voor IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost op vrijwel hetzelfde niveau. De schatting is dat eens in de ca 6 jaar een aanvaring/aandrijving met het NSW plaatsvindt. De kans dat de mast van de windturbine bezwijkt is vrij hoog. De kans dat hierbij doden vallen wordt zeer laag ingeschat (orde van grootte eens in 300 jaar).
- Het ankergebied bij IJmuiden vormt een relatief groot gevaar voor het alternatief IJmuiden-Oost. De kans op een aanvaring/aandrijving van een op drift geraakte ankerligger is ongeveer even groot (eens in de 5 jaar) als de kans op een aanvaring/aandrijving van een passerend schip. De kans dat hierbij doden vallen wordt zeer laag ingeschat (orde van grootte eens in de 500 jaar). Voor Zandvoort-Oost zijn deze kansen 5 keer zo klein.
- Het aantal zeemijlen dat omgevaren moet worden is voor IJmuiden-Oost met 5490 zeemijlen per jaar beduidend hoger dan de 620 zeemijlen voor Zandvoort-Oost.

Opmerkingen

1. Bij de conclusies moet in acht worden genomen dat de modellen gebruikt voor *aanvaring/aandrijving van de varende scheepvaart met het NSW zijn gevalideerd*, terwijl het model voor aanvaring/aandrijving na het "falen van het anker" veel onzekerheden bevat omdat dit model vanwege gebrek aan data nauwelijks gevalideerd kon worden.
2. Zeker is dat Egmond en Katwijk verreweg de meest gunstige NSW-locaties blijven. Dit kan op voorhand gezegd worden zonder uitgebreide risicoanalyse. Wel is een risicoanalyse nodig om te zien welke van de twee het minste risico geeft voor de langs varende scheepvaart. De orde van grootte wordt geschat op minder dan 50% van het risiconiveau van IJmuiden-Oost en Zandvoort-Oost, dus minder dan 1 aanvaring/aandrijving eens in de 12 jaar.
3. Geen uitspraken zijn te doen over de resultaten betreffende het risico voor de scheepvaart voor de locaties IJmuiden-West en Zandvoort-West zonder een analyse waarbij de verkeersdatabase wordt aangepast aan de nieuwe situatie met het NSW. Bij de westelijke locaties komt er mogelijk meer aanvarings/aandrijvingsrisico bij van de passerende scheepvaart vanuit Rotterdam naar het noorden en vice versa.
4. Indien de keuze op IJmuiden-Oost (of IJmuiden-West) valt vormt het ankergebied een potentieel risico. De optie om dit ankergebied te verplaatsen heeft belangrijke bezwaren. De procedures voor implementatie zijn tijdrovend en na implementatie resteert er nog een gewenningsperiode met verhoogde kans op misverstanden.
5. Door de alternatieven Zandvoort-Oost en Zandvoort-West gaan grotere *routegebonden* schepen dan door de alternatieven IJmuiden-West en IJmuiden-Oost. Grotere schepen zullen grotere schade aanrichten.

Verwachtingen

Het omvaren voor het NSW in IJmuiden-Oost zal minder worden wanneer het NSW meer naar het westen in locatie IJmuiden-West wordt gebouwd en de zeevaart aan de oostkant van het windpark gaat passeren. Dit zal bij Zandvoort minder snel gebeuren.

7. REFERENTIES

- [1] MARIN/RAND, POLSSS – Policy for Sea Shipping Safety, december 1998