

NL IM DEVELOPMENT BACKLOG

# Documentatie Energiemodel

RIVM

**Report No.:** 10142636-002, Rev.1

**Document No.:** 11DA3C3Y-5

**Date:** 2020-02-10



Project name: NL IM Development Backlog  
Report title: Documentatie Energiemodel  
Customer: RIVM  
Antonie van Leeuwenhoeklaan 9  
3721 MA Bilthoven  
Customer contact: Paul Uijt de Haag  
Date of issue: 2020-02-10  
Project No.: 10142636  
Organisation unit: Plant Ecosystem  
Report No.: 10142636-002, Rev. 1  
Document No.: 11DA3C3Y-5  
Applicable contract(s) governing the provision of this Report:  
Onderhoudsovereenkomst voor software inzake Safeti-NL

DNV GL Limited, 4th Floor  
Vivo Building  
30 Stamford Street  
London  
SE1 9LQ  
United Kingdom

Objective:

Develop a new user-friendly version of the Energy Model spreadsheets for calculating the risk on inland waterways and supporting documentation.

Prepared by:



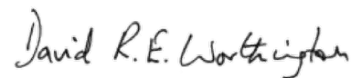
Maartje Folbert  
Senior Consultant

Verified by:



Dennis van der Meulen  
Senior Consultant

Approved by:



David Worthington  
Head of Department Plant Analytics

Copyright © DNV GL 2020. All rights reserved. Unless otherwise agreed in writing: (i) This publication or parts thereof may not be copied, reproduced or transmitted in any form, or by any means, whether digitally or otherwise; (ii) The content of this publication shall be kept confidential by the customer; (iii) No third party may rely on its contents; and (iv) DNV GL undertakes no duty of care toward any third party. Reference to part of this publication which may lead to misinterpretation is prohibited. DNV GL and the Horizon Graphic are trademarks of DNV GL AS.

DNV GL Distribution:

- ☐ OPEN. Unrestricted distribution, internal and external.
- ☐ INTERNAL use only. Internal DNV GL document.
- ☒ CONFIDENTIAL. Distribution within DNV GL according to applicable contract.\*
- ☐ SECRET. Authorized access only.

\*Specify distribution: DNV GL Group

Rev. No.	Date	Reason for Issue	Prepared by	Verified by	Approved by
0	07-05-2019	Conceptversie	M. Folbert	D. van der Meulen	D. Worthington
1	10-02-2020	Finale versie, commentaar RIVM en RWS verwerkt	M. Folbert	D. van der Meulen	D. Worthington

## Inhoudsopgave

1	INLEIDING.....	1
2	OPBOUW MODEL .....	2
2.1	Algemene opbouw Energiemodel	2
2.2	Tabbladen voor invoer van het model	3
2.3	Tabbladen behorend bij pad 1: berekening scheepsschadekans per kritische scheepvaartbeweging	4
2.4	Tabbladen behorend bij pad 2: berekening frequenties per energieniveau	8
2.5	Tabbladen behorend bij de verwerking tot uitstroomfrequenties	9
2.6	Overzicht macro's	11
3	PRAKTISCH GEBRUIK VAN HET ENERGIEMODEL .....	12
3.1	Berekeningsproces	12
3.2	Aanmaken van Excelsheets voor de verschillende segmenten	12
3.3	Invoeren van locatie-specifieke gegevens in tabblad "Inputs"	12
3.4	Invoeren van (correctie-)factoren in tabblad "Assumptions"	16
3.5	Het runnen van het Energiemodel	19
3.6	Correctie wereldwijde statistiek	19
3.7	Uitlezen van resultaten in tabblad "Output (frequencies)"	20
4	HANDLEIDING INVOER T.B.V. PERIODIEKE ACTUALISATIE VAN HET ENERGIEMODEL .....	21
4.1	Energiespectrum totale zeescheepvaartverkeer	21
4.2	Segment- en ongevalsgegevens	23
4.3	Factoren tabblad "Assumptions"	29
5	REFERENTIES.....	32

### Appendix A    Trajectlengtes per segment conform eerdere studies



## 1 INLEIDING

De theoretische achtergrond van het Energiemodel is beschreven in het "Protocol Zee- en Binnenvaart op de vaarwegen met meer dan 10% zeevaart" /1/ (hierna: "Protocol") en het "Achtergronddocument Protocol Risicoanalyse Zee- en Binnenvaart" /2/. Deze documenten beschrijven het totale proces voor het uitvoeren van risicoberekeningen op zeevaartroutes, waarvan het Energiemodel een onderdeel is. De focus ligt hierbij op de belangrijkste aannames en uitgangspunten en de theoretische onderbouwing hiervan.

Dit document heeft als doel om de gebruiker inzicht te geven in de opbouw van het Energiemodel en het praktische gebruik ervan. In het eerste deel van het document wordt achtereenvolgens een beschrijving gegeven van de algemene opbouw van het model, de verschillende tabbladen en de macro's waarmee de berekeningen worden aangestuurd. In het tweede deel van het document wordt stapsgewijs beschreven hoe het model wordt gevuld en gerund bij het uitvoeren van berekeningen.

In deel 3 wordt een uitgebreide handleiding gegeven voor het uitvoeren van een periodieke actualisatie van het Energiemodel, waarbij primair wordt ingegaan op het afleiden van de verschillende invoerwaarden voor het model.

## 2 OPBOUW MODEL

Het Energiemodel bestaat uit een Excelsheet, met daarin 32 tabbladen. Het model wordt opgesteld per segment van de vaarweg. Voor elke vaarweg wordt dus, afhankelijk van het aantal segmenten, een aantal Excelsheets gevuld.

Binnen de Excelsheet dienen in een tweetal tabbladen locatie-specifieke gegevens te worden ingevuld door de gebruiker. Via een VBA-macro worden de benodigde berekeningen aangestuurd, waarna de uitvoer (de berekende uitstroomfrequenties voor verschillende scenario's) kunnen worden uitgelezen in een van de tabbladen. De meeste tabbladen worden dus niet door gebruiker aangepast en dienen enkel voor het uitvoeren van de complexe berekeningen, aangestuurd door de macro's in het Energiemodel.

In deze paragraaf worden de verschillende tabbladen en hun onderlinge relaties beschreven. Daarnaast wordt een overzicht gegeven van de verschillende macro's en hun relatie met de verschillende tabbladen.

### 2.1 Algemene opbouw Energiemodel

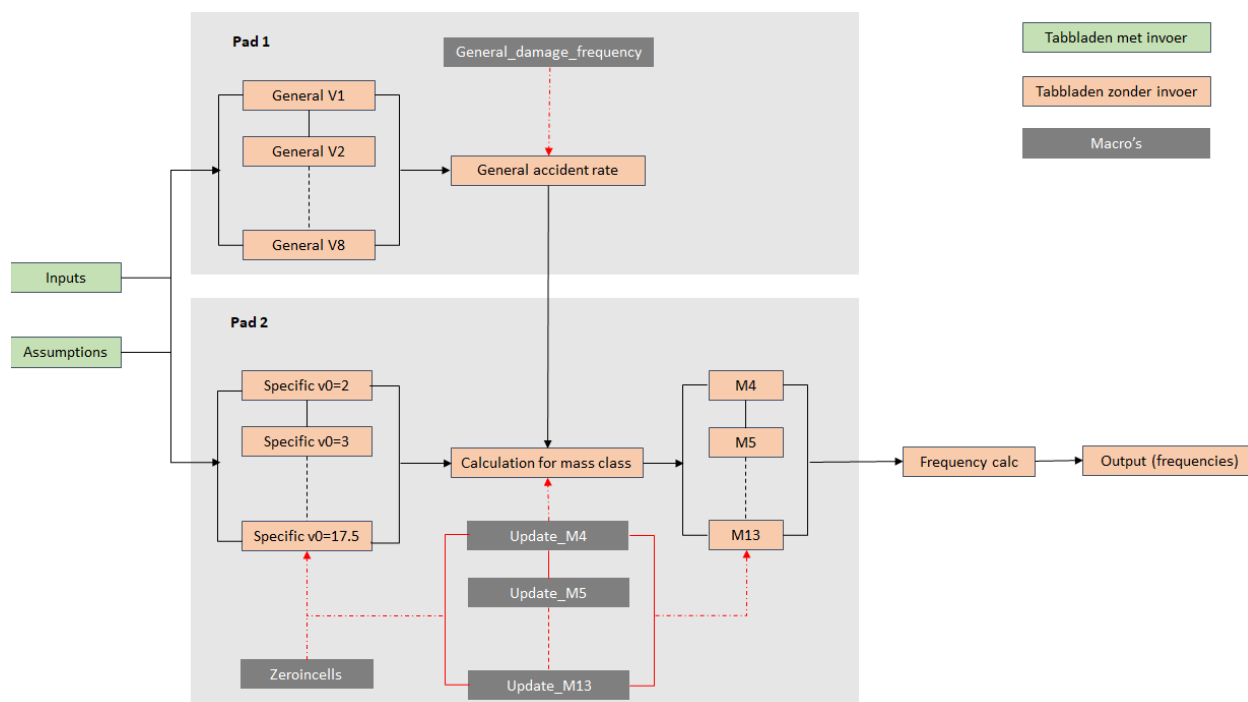
Zoals staat beschreven in het Protocol (paragraaf 3.4.3.2), werkt het Energiemodel volgens twee paden. Deze worden onderstaand kort samengevat:

1. In pad 1 wordt de *scheepsschadekans* berekend. In dit pad wordt gekeken naar het aantal mogelijke aanvaringsscenario's waarbij mogelijk meer energie beschikbaar komt voor vervorming van het aangevaren schip dan een bepaald energieniveau  $E_0$ . Daarbij worden de massa's en vaarsnelheden van schepen op het segment beschouwd, en tevens de aanvaarhoeken die kunnen optreden, de mate van afremming voor de impact en het verschil in massa tussen het aanvarende en aangevaren schip. De scenario's waarbij de aanvaringsenergie groter of gelijk is aan  $E_0$ , worden gezien als *kritische scenario's* en kunnen mogelijk tot een schade van schadeklasse 4 of 5 leiden. Door het aantal scheepvaartbewegingen behorend bij de kritische scenario's te vergelijken met het aantal schadeklasse 4 of 5 ongevallen dat zich op het segment heeft voorgedaan, kan de scheepsschadekans worden bepaald: de kans dat een *kritische scheepvaartbeweging* tot een schade van klasse 4 of 5 leidt.
2. In pad 2 wordt in meer detail gekeken naar de aanvaringsenergie die bij elk kritisch aanvaringsscenario vrijkomt en wordt deze vergeleken met de grenswaarden voor het ontstaan van een klein dan wel groot gat ( $E_1$  en  $E_2$ ). In deze stap wordt de aanvaringsfrequentie berekend voor beide gevallen. Het uitgangspunt hierbij is de in de vorige stap afgeleide scheepsschadekans.

Beide paden volgen een vergelijkbare procedure waarbij voor alle mogelijke aanvaringsscenario's (combinaties van massa, vaarsnelheid, aanvaarhoek en afremming van het aanvarende schip en massa van het aangevaren schip) de hoeveelheid energie wordt berekend die vrijkomt voor vervorming van het aangevaren schip. Op basis hiervan kan worden bepaald welk deel van de optredende ontmoetingen tussen schepen een bepaald energieniveau overschrijden (cumulatieve verdeling). Gezien het grote aantal combinaties van mogelijke scenario's, zijn deze berekeningen

verdeeld over een aantal tabbladen. De berekeningen worden gestart door middel van de overkoepelende macro "Run\_Energy\_Model" die de overige (sub-)macro's aanstuurt.

Figuur 1 geeft een grafisch overzicht van het Energiemodel waarin de relaties tussen de verschillende tabbladen en macro's (met uitzondering van de overkoepelende macro "Run\_Energy\_Model") is weergegeven.




**Figuur 1 Grafisch overzicht van Energiemodel met onderlinge relaties tussen tabbladen en macro's**

Hieronder wordt voor elk van de tabbladen in het model beschreven wat de voornaamste functies zijn. De tabbladen zijn hierbij gegroepeerd in tabbladen waarin de invoer van het model wordt ingegeven, tabbladen specifiek behorend bij pad 1 en pad 2 en de tabbladen waarin de resultaten van pad 1 en 2 worden verwerkt tot uitstroomberekeningen.

## 2.2 Tabbladen voor invoer van het model

In deze tabbladen worden gegevens ingevoerd en worden de berekeningen gestart. In deze tabbladen zijn de velden waar invoer benodigd is, groen gemarkeerd. De overige velden bevatten vaste of berekende waarden.

De voornaamste invoer van gegevens wordt gedaan in het tabblad "Inputs". Hier wordt de verdeling van het totale scheepvaartverkeer over massa- en snelheidsklassen opgegeven, net als de verdeling van transporten van gevaarlijke stoffen over massaklassen en scheepstypen en daarnaast enkele gegevens van het beschouwde segment. Daarnaast bevat dit tabblad een knop waarmee de



berekeningen in het Energiemodel gestart worden, via de macro "Run\_Energy\_Model". Deze macro is de overkoepelende macro van het Energiemodel, waarmee de verschillende sub-macro's automatisch en in de juiste volgorde gerund worden.

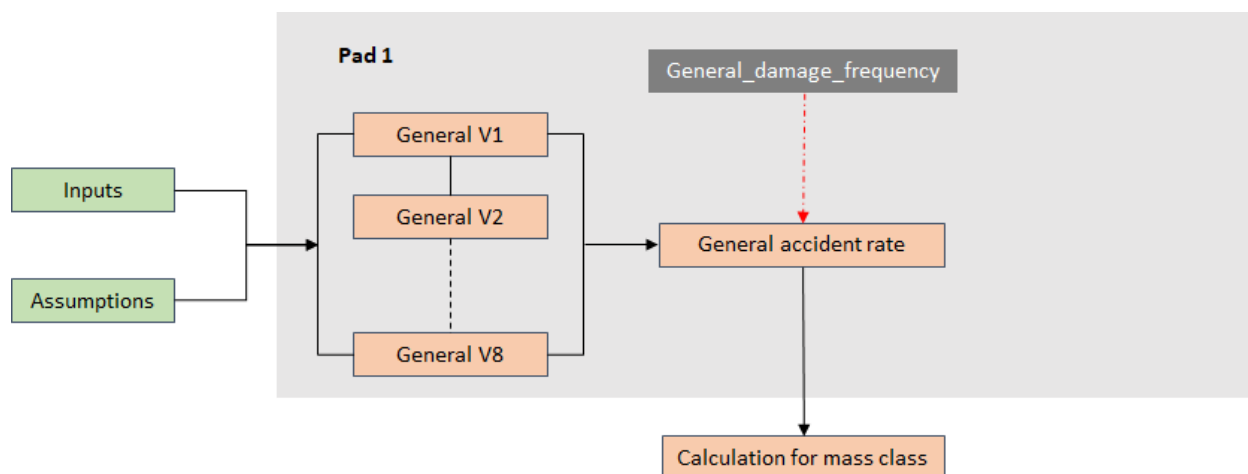
In het tabblad "Assumptions" worden enkele meer modelspecifieke parameters ingevoerd, namelijk enerzijds de verdeling van aanvaringsscenario's over aanvaringshoeken en verwachte snelheidsafname in anticipatie op de aanvaring, en anderzijds een aantal correctiefactoren die worden gebruikt in de berekeningen.

In Tabel 1 zijn de belangrijkste eigenschappen van de genoemde tabbladen samengevat. De details van elk van deze veelgebruikte tabbladen, en de wijze waarop ermee gewerkt kan worden in de praktijk, zullen verderop nader worden besproken.

## 2.3 Tabbladen behorend bij pad 1: berekening scheepsschadekans per kritische scheepvaartbeweging

De tabbladen binnen pad 1 vereisen geen handmatige invoer en worden automatisch aangestuurd via de sub-macro "General\_damage\_frequency" (zie Figuur 2). De tabbladen "General V1" tot en met "General V8", behorend bij elk van de 8 snelheidsklassen (1 tot en met 8), bevatten voor elk van de aanvaringsscenario's de bijbehorende aanvaringsenergie en daarnaast het aantal scheepvaartbewegingen op het segment dat bij elk van de scenario's hoort. Deze gegevens worden automatisch aangepast op basis van de invoer in de tabbladen "Inputs" en "Assumptions". Onderaan elk van deze tabbladen (in de cellen A155:F1168) worden alle aanvaringsscenario's, met bijbehorende aanvaringsenergie en aantal bijbehorende scheepvaartbewegingen samengevat. Deze samenvatting wordt voor alle 8 snelheidsklassen gekopieerd naar het tabblad "General accident rate", middels de macro "General\_damage\_frequency". Dezelfde macro sorteert de scenario's op basis van de aanvaringsenergie, zodat de cumulatieve verdeling van de aantallen scheepvaartbewegingen over de aanvaringsenergie bepaald kan worden.

Het eindresultaat van "General accident rate" is de berekening van de "general ship accident rate per km" in cel N2. Dit is het aantal verwachte ongevallen per jaar met schadeklasse 4 of 5, *per kritische scheepvaartbeweging*. Deze wordt berekend uit het waargenomen gemiddelde aantal ongevallen met schadeklasse 4 of 5 op het segment (ingevoerd bij "Inputs"), het aantal kritische scheepvaartbewegingen (afgelezen uit cel G5378) en de lengte van het segment (ingevoerd bij "Inputs"). In Tabel 2 zijn de belangrijkste eigenschappen van de genoemde tabbladen samengevat.



**Figuur 2** Grafisch overzicht van pad 1 met onderlinge relaties tussen tabbladen en  
**macro's**



**Tabel 1**      **Belangrijkste kenmerken van invoertabbladen (pad 1 en pad 2)**

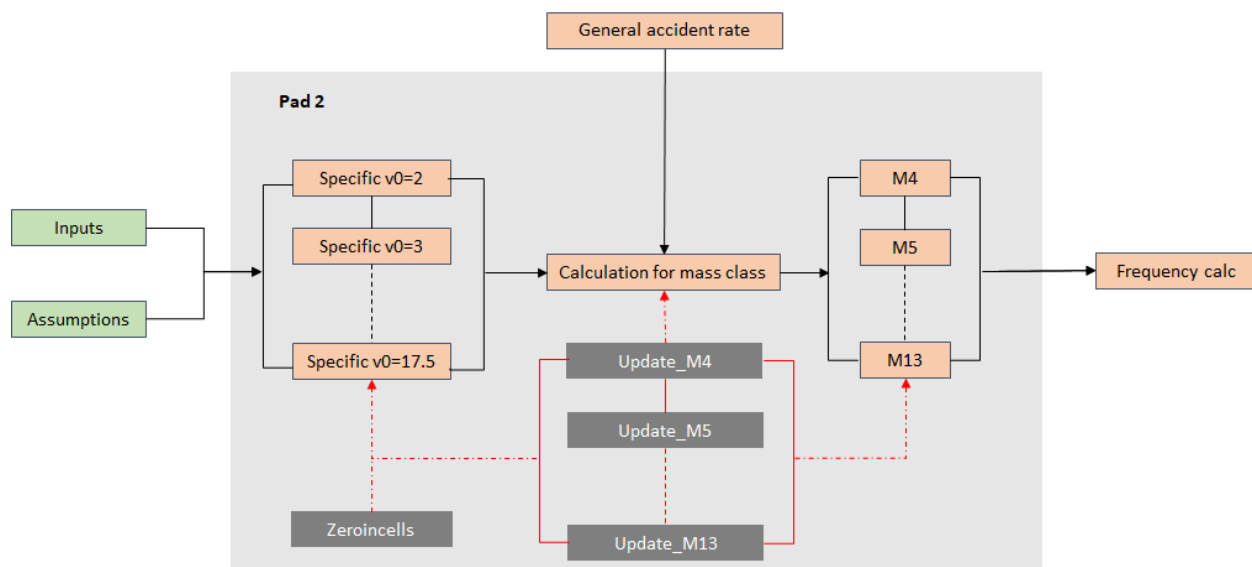
Naam	Functie	Handmatige invoer	Belangrijkste links met andere tabbladen	Macro's
Inputs	Locatie-specifieke invoer, bevat knop waarmee macro wordt gestart voor het runnen van de berekeningen.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energiespectrum totale scheepvaartverkeer</li> <li>Gegevens ongevalsfrequentie</li> <li>Segmentlengte</li> <li>Verdeling DG-transporten over scheepstypes en massaklassen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levert verdeling van DG-transporten over scheepstypes en massaklassen aan "frequency calc"</li> <li>Levert ongevalsfrequentie aan "general accident rate"</li> <li>Levert verdeling over massaklassen aan "general V1" t/m "general V8" aan "General V1" – "General V8"</li> <li>Levert verdeling over massaklassen aan "Specific v0=2" – "Specific v0=17.5"</li> <li>Levert trajectlengte aan "M4" t/m "M13"</li> </ul>	"Run_Energy_Model"
Assumptions	Bevat aannames en correctiefactoren voor de berekeningen, welke per vaarweg herzien dienen te worden.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Correctie energiespectrum voor aanvaarhoeken en -snelheden</li> <li>Aandeel DG-transporten met belading</li> <li>Aandeel tanklengte t.o.v. totale scheepslengte</li> <li>Correctiefactoren per scheepstype</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Levert correctiefactoren aan "frequency calc"</li> <li>Levert verdeling over aanvaarhoeken en -snelheden aan "General V1" – "General V8"</li> <li>Levert verdeling over aanvaarhoeken en -snelheden aan "Specific v0=2" – "Specific v0=17.5"</li> <li>Levert relatieve tanklengte aan tabs "M4" t/m "M13"</li> </ul>	-

**Tabel 2 Belangrijkste kenmerken van tabbladen behorend bij pad 1**

Naam	Functie	Belangrijkste links met andere tabbladen	Macro's
General accident rate	<p>Berekening scheepsschadekans (schadeklasse 4 of 5) per kritisch aanvaringsscenario (<math>E &gt; E_0</math>):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Leest energieniveau per aanvaringsscenario uit de tabs "General V1" – "General V8"</li> <li>2. Sorteert deze van groot naar klein en bepaalt cumulatieve verdeling van aantal aanvaringsscenario's over de aanvaringsenergie</li> <li>3. Berekent het aantal aanvaringsscenario's waarbij <math>E &gt; E_0</math></li> <li>4. Berekent kans op schadeklasse 4 of 5 per kritisch aanvaringsscenario (<math>E &gt; E_0</math>), o.b.v. geobserveerde scheepsschadefrequentie (klasse 4 of 5) op segment</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leest energieniveau per aanvaringsscenario uit de tabs "General V1" – "General V8"</li> <li>• Leest geobserveerde scheepsschadefrequentie uit "Inputs"</li> <li>• Levert scheepsschadekans per kritische scheepvaartbeweging aan "Calculation for mass class"</li> </ul>	"General_damage_frequency"
"General V1" – "General V8" (8 tabbladen)	<p>Bepalen, per snelheidsklasse (1 t/m 8), voor elk mogelijk aanvaringsscenario de energie die vrijkomt voor vervorming van het aangevaren schip, rekening houdend met aanvaarhoeken, afremming en de relatieve massa van het aangevaren schip t.o.v. het aanvarende schip (Minorsky) en koppelen dit aan het aantal voorkomende scenario's.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leest verdeling over massaklassen uit tab "Inputs"</li> <li>• Leest verdeling over aanvaarhoeken en -snelheden uit "Assumptions"</li> <li>• Levert input voor "general accident rate"</li> </ul>	-

## 2.4 Tabbladen behorend bij pad 2: berekening frequenties per energieniveau


De tabbladen binnen pad 2 vereisen eveneens geen handmatige invoer en worden automatisch aangestuurd via de sub-macro's "Zeroincells" en de sub-macro's "Update\_M4" tot en met "Update\_M13". Binnen pad 2 wordt de cumulatieve verdeling van aanvaringsscenario's over de aanvaringsenergie bepaald in 10 losse runs: één run voor elke massaklasse. Deze losse runs worden aangestuurd door de macro's "Update\_M4" tot en met "Update\_M13", behorend bij massaklasse 4 tot en met 13, welke achter elkaar worden uitgevoerd.



**Figuur 3** Grafisch overzicht van pad 2 met onderlinge relaties tussen tabbladen en macro's

In elke run worden de sheets "Specific v0=2" – "Specific v0=17.5" gevuld, waarbij een 1 wordt ingevuld bij de bijbehorende massaklasse in de cellen C12:C24. Dit betekent dat alle mogelijke aanvaringsscenario's worden doorgerekend voor één scheepvaartbeweging met gevaarlijke stoffen van die specifieke massaklasse, op identieke wijze als in de sheets "General V1" tot en met "General V8", in pad 1. Alle waarden in de cellen C12:C24 worden, via de sub-macro "Zeroincells" (aangeropen door de sub-macro's "Update\_M4" etc.) op nul gezet voorafgaand aan elke run. Tijdens de run worden de resultaten uit de cellen A155:F1168 weggeschreven naar het tabblad "Calculation for mass class". In dit tabblad worden de resultaten wederom gesorteerd op basis van de aanvaringsenergie, zodat de cumulatieve verdeling van de aantallen scheepvaartbewegingen over de aanvaringsenergie bepaald kan worden. Vervolgens worden de resultaten behorend bij de massaklasse van de betreffende run gekopieerd naar de tabbladen "M4", "M5", etc., afhankelijk van de betreffende massaklasse.

De tabbladen "M4", "M5", etc. bevatten zodoende een overzicht van het aantal mogelijke aanvaringsscenario's waarbij een bepaalde aanvaringsenergie wordt overschreden. Op basis hiervan wordt berekend wat de kans is dat een schip in deze massaklasse bij een aanvaring betrokken raakt bij een aanvaring waarbij de aanvaringsenergie een bepaalde waarde overschrijdt en waarbij het schip



wordt geraakt in het ladinggedeelte van het schip, per afgelegde kilometer vaarweg. Deze waarden vormen het uitgangspunt voor de berekening van de uitstroomfrequenties, per kilometer vaarweg, in het tabblad "Frequency calc". In Tabel 3 Tabel 2 zijn de belangrijkste eigenschappen van de genoemde tabbladen samengevat.

## **2.5 Tabbladen behorend bij de verwerking tot uitstroomfrequenties**

In het tabblad "Frequency calc" worden de berekende energiewaarden per aanvaringsscenario, zoals berekend in de tabbladen "M4", "M5", etc., vergeleken met de energie die nodig is om een klein dan wel groot gat te veroorzaken in de ladingtank voor een specifiek type tanker en wordt de kans op uitstroming per scheepvaartbeweging bepaald. Deze wordt vervolgens vermenigvuldigd met het aantal bijbehorende transporten. "Frequency calc" is een tabblad waar standaard geen invoer benodigd is. Dit tabblad vat de belangrijkste tussenresultaten van het Energiemodel samen en is daarmee het meest logische vertrekpunt indien de resultaten nader onderzocht moeten worden.

Het tabblad "Output (frequencies)" is de locatie waar de resultaten van de berekeningen van het Energiemodel worden weggeschreven. Het tabblad specificeert de uitstroomfrequenties per uitstroombeweging (scheepstype, massaklasse, onder/boven waterlijn, klein/groot lek).

**Tabel 3 Belangrijkste kenmerken van tabbladen behorend bij pad 2**

Naam	Functie	Belangrijkste links met andere tabbladen	Macro's
"Specific v0=2" – "Specific v0=17.5" (8 tabbladen)	Bepalen, per snelheids- en massaklasse (in losse runs), de cumulatieve verdeling van aanvaringsscenario's over de aanvaringsenergie.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Leest verdeling over massaklassen uit tab "Inputs"</li><li>• Leest verdeling over aanvaarhoeken en -snelheden uit "Assumptions"</li><li>• Resultaten worden gekopieerd naar "Calculation for mass class".</li></ul>	"Zeroincells" "Update_M4" t/m "Update_M13"
Calculation for mass class	Fungeert per losse run als tijdelijke opslag van de resultaten uit de tabs "Specific v0=2" – "Specific v0=17.5". Aan het eind van elke run worden de resultaten gekopieerd naar "M4" t/m "M13".	<ul style="list-style-type: none"><li>• Leest energie en aantal scenario's uit de tabs "Specific v0=2" – "Specific v0=17.5" (per run)</li><li>• Leest scheepsschadekans per kritische scheepvaartbeweging uit "General accident rate"</li><li>• Resultaten worden gekopieerd naar "M4" t/m "M13" (per run)</li></ul>	"Update_M4" t/m "Update_M13"
"M4" – "M13" (10 tabbladen)	Verzamelen van de cumulatieve aanvaringsfrequenties per energieniveau, voor elk van de massaklassen. Bij elke run wordt één van deze tabbladen gevuld.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Leest waarden uit "calculation for mass class"</li><li>• Leest tanklengte uit "Assumptions"</li><li>• Leest trajectlengte uit "Inputs"</li><li>• Invoer voor tab "frequency calc"</li></ul>	"Update_M4" t/m "Update_M13"

**Tabel 4 Belangrijkste kenmerken van tabbladen behorend bij de verwerking tot uitstroomfrequenties**

Naam	Functie	Handmatige invoer	Belangrijkste links met andere tabbladen	Macro's
Output (frequencies)	Bevat uitvoer van het model per uitstroomscenario	-	<ul style="list-style-type: none"><li>• Leest frequenties uit "frequency calc"</li></ul>	-
Frequency calc	Samenvatting per uitstroomscenario van: <ul style="list-style-type: none"><li>• Aantal beladen transporten</li><li>• Energieniveaus voor klein en groot lek (E1 en E2)</li><li>• Berekende uitstroomfrequenties</li></ul>	-	<ul style="list-style-type: none"><li>• Leest verdeling van DG-transporten over scheepstypes en massaklassen uit "inputs"</li><li>• Leest de frequenties van aanvaringen met schepen, met <math>E &gt; E1</math> danwel <math>E &gt; E2</math>, vanuit de tabs "M4" – "M13"</li><li>• Corrigeert frequenties o.b.v. correctiefactoren uit de tab "Assumptions"</li><li>• Levert gegevens voor "Output (frequencies)"</li></ul>	-

## 2.6 Overzicht macro's

Onderstaand zijn de functies van de verschillende macro's samengevat en wordt aangegeven hoe de verschillende (sub-)macro's worden aangeroepen tijdens het runnen van het Energiemodel.

**Tabel 5 Functie en wijze van aanroepen van macro's**

Naam	Functie	Roept aan
"Run_Energy_Model"	Overkoepelende macro die de overige macro's runt, wordt gestart met knop in tabblad "Inputs".	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "General_damage_frequency"</li> <li>• "Update_M4" t/m "Update_M13"</li> <li>• "Zeroincells"</li> </ul>
"General_damage_frequency"	Stuurt berekeningen aan binnen pad 1: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Leest energieniveau per aanvaringsscenario uit de tabs "General V1" – "General V8" (cellen A155:F1168) en kopieert deze naar "General accident rate".</li> <li>• Sorteert energiewaarden in "General accident rate" van groot naar klein.</li> </ul>	-
"Update_M4" t/m "Update_M13"	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Runnen macro "Zeroincells" (zie hieronder)</li> <li>• Vullen een 1 in bij de bijbehorende massaklasse in de tabs Specific v0=2" – "Specific v0=17.5" in de cellen C12:C24. De berekening wordt zodoende uitgevoerd voor 1 DG-transport van een bewuste massaklasse (M4-M13).</li> <li>• Leest energieniveau per aanvaringsscenario uit de tabs Specific v0=2" – "Specific v0=17.5" (cellen A155:F1168) en kopieert deze naar "Calculation for mass class".</li> <li>• Sorteert energiewaarden in naar "Calculation for mass class" van groot naar klein.</li> <li>• Kopieert de waarden in naar "Calculation for mass class" (cellen A3:F8114) naar het bijbehorende uitvoertabblad: "M4" t/m/ "M13".</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• "Zeroincells"</li> </ul>
"Zeroincells"	Zet de waarden in de cellen C12:C24 van de tabbladen "Specific v0=2" – "Specific v0=17.5" op nul.	-

### 3 PRAKTISCH GEBRUIK VAN HET ENERGIEMODEL

Dit hoofdstuk beschrijft stapsgewijs het proces van het vullen van het Energiemodel en geeft de betekenis van de belangrijkste parameters. Ook wordt per parameter gerefereerd aan de relevante secties van het Protocol voor verdere informatie.

#### 3.1 Berekeningsproces

Voor de toekomst wordt voorzien dat het Energiemodel gebruikt zal worden om basis-uitstroomfrequenties te berekenen. Deze basisfrequenties representeren de uitstroomfrequentie voor één referentie-scheepvaartbeweging met gevaarlijke stoffen per jaar per scheepstype, scheepsgrootte en per tanktype/opslagcondities. Door deze basisfrequenties te vermenigvuldigen met de werkelijke aantallen schepen per combinatie op een segment, kunnen de uitstroomfrequenties dan relatief eenvoudig worden bepaald. Deze vermenigvuldiging wordt gedaan buiten het Energiemodel.

Bij de berekening van deze basis-uitstroomfrequenties wordt het Energiemodel tweemaal gerund:

1. In de eerste stap worden de correctiefactoren op basis van wereldwijde statistiek bepaald (zie ook paragraaf 3.6 en 4.3.3). Hierbij worden deze factoren tijdens de berekening gelijk gesteld aan 1. De correctiefactoren worden altijd bepaald op basis van de werkelijke verdeling van de transporten van gevaarlijke stoffen over de verschillende massaklassen en scheepskenmerken (voor toelichting zie paragraaf 4.3.3);
2. In de tweede stap worden de basis-uitstroomfrequenties berekend op basis van één referentie-scheepvaartbeweging met gevaarlijke stoffen per combinatie van scheepskenmerken, waarbij de bovengenoemde berekende correctiefactoren zijn opgenomen in de berekening.

Voor beide stappen wordt gebruikgemaakt van dezelfde versie van het model, waarbij alleen de invoer van de transportaantallen en de correctiefactoren op basis van wereldwijde statistiek worden gewijzigd.

#### 3.2 Aanmaken van Excelsheets voor de verschillende segmenten

Elke file van het Energiemodel representeert één segment. Voor elk segment van de beschouwde vaarweg dient dus één file aangemaakt (en ingevuld) te worden. Deze worden vervolgens gevuld met de relevante informatie per segment. Onderstaand wordt per tabblad beschreven welke informatie dit betreft en wat het benodigde formaat ervan is.

#### 3.3 Invoeren van locatie-specifieke gegevens in tabblad "Inputs"

In het tabblad "Inputs" worden de volgende gegevens ingevoerd:

- Energiespectrum totale scheepvaartverkeer, aangegeven in model als "Distribution of vessels on segment";
- Gegevens ongevalsfrequentie: "Traject accident fraction" en "Total accident rate waterway (for all ships)";
- Segmentlengte: "Traject length (km)";
- Verdeling van transporten van gevaarlijke stoffen over scheepstypes en massaklassen: "mass distribution per DG ship type".

Onderstaand wordt beschreven wat de betekenis is van deze parameters en in welk format deze dienen te worden ingevoerd. In het algemeen geldt dat alleen de informatie in groen gemarkeerde cellen aangepast dient te worden.

### 3.3.1 Distribution of vessels on segment

Op deze locatie worden de gegevens ingevoerd aangaande de intensiteit van zeevaartverkeer op het segment (het aantal schepen N), en de verdeling van de totale zeescheepvaart over massa- en snelheidsklassen, zoals beschreven in paragraaf 3.4.3.2 van het Protocol. Hierbij wordt een vaste verdeling aangehouden van 13 massaklassen en 8 snelheidsklassen. Deze gegevens dienen te worden bepaald op basis van data van de scheepvaart op de vaarweg.

De massa van het schip is hierbij gedefinieerd als de waterverplaatsing en kan worden bepaald via de volgende formule:

$$Massa = 0.8 * L * B * T_{actueel}$$

Waarbij L de lengte van het schip in meters is, B de breedte in meters en  $T_{actueel}$  de actuele diepgang in meters. M is dan de massa, of waterverplaatsing, van het schip in tonnen.

De eenheid waarmee wordt gerekend in het Energiemodel voor vaarsnelheden is meter per seconde (m/s). De indeling in massa- en snelheidsklassen is gegeven op pagina 40 van het Protocol en is ook expliciet aangegeven bij de bewuste invoervelden in het tabblad "Inputs".

Op basis van gegevens van het totale zeescheepvaartverkeer op de vaarweg, wordt een verdeling afgeleid van het totaal aantal schepen over de verschillende massa- en snelheidsklassen. Praktische aanwijzingen voor een dergelijke analyse zijn opgenomen in paragraaf 4.1. De afgeleide verdeling wordt ingevoerd in de cellen D5:K17. In elk van deze cellen wordt het totaal aantal zeescheepvaartbewegingen per jaar opgenomen behorend bij de bewuste massa- en snelheidsklasse. Het totaal van deze bewegingen, opgenomen in cel K19 (automatische berekend) dient dus overeen te komen met het totaal aantal zeescheepvaartbewegingen op het segment per jaar. Onderstaand is een screenshot opgenomen.

Distribution of vessels on segment:										
	V (m/s)									
	M (ton)		V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
			2	3	5	7	9	11.25	13.75	17.5
M1	0 - 100	100								
M2	100 - 500	300								
M3	500 - 1000	750								
M4	1000 - 1500	1250								
M5	1500 - 3000	2250								
M6	3000 - 6000	4500								
M7	6000 - 10000	8000								
M8	10000 - 20000	15000								
M9	20000 - 40000	30000								
M10	40000 - 60000	50000								
M11	60000 - 80000	70000								
M12	80000 - 100000	90000								
M13	> 100000	125000								



### 3.3.2 Segment information

Onder dit kopje worden gegevens (in de cellen E24:E26) ingevoerd betreffende het aantal ongevallen met schadeklasse 4 of 5 op het segment en de segmentlengte, zie Figuur 5. Onderstaand wordt een beschrijving gegeven van de betekenis van de verschillende velden.

Segment information:	
Traject Accident Fraction	
Total Accident Rate Waterway (for all ships)	
Traject Length (km)	

**Figuur 5 Invoer van gegevens ongevallen en segmentlengte in tabblad "Inputs"**

De "traject accident fraction" en "total accident rate waterway (for all ships)" hebben beide betrekking op het aantal ongevallen dat gemiddeld plaatsvindt op de vaarweg. Deze gegevens dienen te worden afgeleid op basis van ongevalsstatistiek van de vaarweg, zoals beschreven in paragraaf 3.2.3 van het Protocol. Paragraaf 4.2.1 beschrijft in meer detail hoe een dergelijke analyse aangepakt kan worden.

De "Total accident rate waterway (for all ships)" (cel E25) is hierbij gedefinieerd als het totaal aantal ongevallen per jaar dat op de **gehele vaarweg** plaatsvindt bij zeeschepen, waarbij schade optreedt van schadeklasse 4 of 5. Deze waarde is dus gelijk voor alle segmenten van dezelfde vaarweg. De "Traject accident fraction" (cel E24) geeft hierbij aan welk deel van deze ongevallen gemiddeld genomen plaatsvindt op het **betreffende segment**. Dit veld heeft dus altijd een waarde tussen 0 en 1.

De "Traject Length (km)" (cel E26) geeft de lengte van het betreffende segment in kilometers en wordt gebruikt om de totale frequenties van ongevallen op het segment te vertalen naar frequenties *per kilometer vaarweg*.

### 3.3.3 Mass distribution per DG ship type

Hier wordt de verdeling van het totaal aantal transporten van gevaarlijke stoffen per zeeschip gegeven (in de cellen C35:L44), over scheepstypes en massaklassen. De indeling in massaklassen is hierbij identiek aan die voor de totale zeescheepvaart, met als verschil dat voor het vervoer van gevaarlijke stoffen alleen bewegingen van massaklasse 4 of groter worden meegenomen in de berekeningen (1000 ton of meer). Een beschrijving van de verschillende scheepstypes is opgenomen in het Protocol, paragraaf 3.2.2.4. Ook deze verdeling dient gebaseerd te zijn op data van scheepvaartbewegingen op de vaarweg. Praktische aanwijzingen voor het uitvoeren van een dergelijke analyse zijn opgenomen in 4.2.3. Ook hier geldt dat het totaal aantal scheepvaartbewegingen, zoals weergegeven in cel L44, gelijk dient te zijn aan het totaal aantal relevante transporten per jaar van gevaarlijke stoffen per zeeschip op het segment.

Zoals aangegeven in paragraaf 3.1, gebeurt het runnen van het model normaal gesproken in twee stappen. In de eerste fase worden de correctiefactoren op basis van wereldwijde statistiek bepaald, waarbij als invoer de werkelijke verdeling van de transportaantallen van gevaarlijke stoffen benodigd is. In de tweede stap worden de basis-uitstroomfrequenties berekend. Omdat deze frequenties gebaseerd zijn op één transport per combinatie van scheepskennmerken en massaklassen, is het daarom voldoende om in deze tweede stap alle cellen in onderstaande tabel te vullen met de waarde "1".

Mass distribution per DG ship type											
		IBC1	IBC2	IBC3	Olietanker	Gas T1, cylinders	Gas T1, prismatic	Gas T2, cylinders	Gas T2, prismatic	LNG, sferic	LNG, prismatic
M4	1000 - 1500										
M5	1500 - 3000										
M6	3000 - 6000										
M7	6000 - 10000										
M8	10000 - 20000										
M9	20000 - 40000										
M10	40000 - 60000										
M11	60000 - 80000										
M12	80000 - 100000										
M13	> 100000										
										Total:	0.00

**Figuur 6** Invoer van gegevens aantallen transporten van gevaarlijke stoffen in tabblad "Inputs"

### 3.4 Invoeren van (correctie-)factoren in tabblad "Assumptions"

Het tabblad "Assumptions" kan worden onderverdeeld in twee delen: het eerste deel "Angle and velocity correction distribution" geeft de kansverdeling van aanvaringsscenario's over aanvaarhoeken en de mate van afremming op het moment dat een aanvaring wordt voorzien. In het onderdeel "Factors" worden verschillende factoren gedefinieerd die worden gebruikt in de modellering.

#### 3.4.1 Angle and velocity correction distribution

Omdat de hoeveelheid energie die vrijkomt bij een aanvaring voor vervorming van het aangevaren schip afhangt van de aanvaringshoek, wordt in het Energiemodel een kansverdeling toegepast over een aantal representatieve aanvaringshoeken (zie p. 41-42 van het Protocol). Hierbij kan in de meeste gevallen gebruik gemaakt worden van de default kansverdeling, welke wordt voorgesteld in tabel 22 van het Protocol (zie ook de ingevulde waarden in Figuur 7). De representatieve aanvaringshoeken zijn opgenomen in de cellen B5:B7, met een bijbehorende kansverdeling in de cellen C5:C7.

De waarden in de cellen D5:E6 refereren aan de eventuele afremming van het aanvarende schip, ten gevolge van corrigerende acties door de bemanning op het moment dat een aanvaringssituatie wordt voorzien (zie p. 45-46 van het Protocol). Tenzij hier op basis van locatie-specifieke overwegingen aanleiding voor is, kan hier uitgegaan worden van een standaard kansverdeling van 50% voor een snelheidsafname van 10% (de effectieve snelheid bij impact is dan 90% van de oorspronkelijke snelheid) en 50% voor een snelheidsafname van 50%.

Op basis van de ingevoerde kansverdelingen, berekent het Energiemodel een kansverdeling ("probability") over de combinaties van scenario's in de cellen C14:D16 en een correctiefactor voor de oorspronkelijke vaarsnelheid ("impact energy fraction factor") in de cellen H14:I16.

#### Angle and velocity correction distribution:

Angle	Probability	Speed red.	Probability
90	0.2	0.9	0.5
45	0.4	0.5	0.5
15	0.4		



#### Probability

		P=0.5 Fv=0.9	P=0.5 Fv=0.5
P=0.2	A=90	0.1	0.1
P=0.4	A=45	0.2	0.2
P=0.4	A=15	0.2	0.2

#### Impact Energy Fraction Factor

		P=0.5 Fv=0.9	P=0.5 Fv=0.5
P=0.2	A=90	0.81	0.25
P=0.4	A=45	0.286378	0.088388
P=0.4	A=15	0.014043	0.004334

**Figuur 7** Invoer van gegevens aanvaringshoeken en snelheidsafname in tabblad "Assumptions"


In dit deel van het tabblad bestaat de mogelijkheid voor het invoeren van diverse factoren die invloed hebben op de kans op uitstroming, die nog niet op andere plekken in het model zijn gedefinieerd. Een aantal van deze factoren zal op alle vaarwegen gebruikt worden, en in sommige gevallen ook gelijk zijn, maar er bestaat ook de mogelijkheid om zelf factoren toe te voegen en aan te passen. Praktische aanwijzingen voor het afleiden van de diverse factoren per vaarweg zijn opgenomen in paragraaf 4.3.

**Figuur 8** Invoer van (correctie)factoren in tabblad "Assumptions"

Deze factor betreft de kans dat het aanvarende schip in beladen toestand vaart, ofwel het aandeel van scheepsreizen in beladen condities ten opzichte van het totaal aantal scheepsreizen. Deze factor wordt gebruikt bij de verdeling van de uitstroombrequenties over de uitstroombesluitscenario's op en respectievelijk onder de waterlijn. Hierbij wordt aangenomen dat indien het aanvarende schip beladen is, de schade onder de waterlijn zal plaatsvinden en, indien het aanvarende schip niet beladen is, op de waterlijn (zie p. 52 van het Protocol). Deze factor dient per vaarweg te worden vastgesteld, bijvoorbeeld op basis van expert judgement of op basis van beschikbare gegevens. Voor praktische aanwijzingen voor de afleiding van de factor, zie paragraaf 4.3.1.

Deze correctiefactor betreft eventuele reglementaire beperkingen voor de toegang van verschillende scheepstypes in geval van slecht zicht (zie paragraaf 3.3.3.3 van het Protocol). Op sommige vaarwegen, zoals de Westerschelde, is het vervoer van gevaarlijke stoffen bij slecht zicht niet toegestaan. Indien dit het geval is, kan op deze plek een correctiefactor worden ingevoerd die aangeeft welk deel van de tijd er geen sprake is van slecht zicht condities. Deze factor kan voor de verschillende scheepstypes afzonderlijk worden gedefinieerd, zie ook paragraaf 4.3.2.

Het Protocol geeft aan dat gastankers een kleinere kans hebben om betrokken te raken bij een aanvaring met zware schade dan andere scheepstypes (zie paragraaf 3.3.3.4 van het Protocol). Om deze reden is een factor opgenomen voor gastankers in het Energiemodel, waarbij voor deze bevinding wordt gecorrigeerd. Deze factor is conform het Protocol standaard 50%. In 2014 is bij de meest recente studies uitgevoerd met het Energiemodel (zie /3/, /4/, /5/) geanalyseerd wat de kans is op een serieuze aanvaring voor verschillende soorten scheepstypes, op basis van ongevalsdata van Lloyd's Register Fairplay (2000-2010). Deze analyse bevestigde dat gastankers een lager dan gemiddelde kans op een aanvaring hebben. Een dergelijke kansreductie werd niet gevonden voor olie- en chemicaliëntankers.



Tot dusver is deze reductie daarom alleen toegepast voor gastankers. Deze factor is afgeleid op basis van gegevens over zowel gas- als LNG-tankers. Daarom wordt de correctiefactor van 50% ook toegepast voor LNG-tankers.

*Correction worldwide accident statistics (cellen E27, K27, Q27, W27)*

Deze factor corrigeert de door het Energiemodel berekende kans op uitstroming, gegeven een kritisch aanvaringsscenario, zodat deze in lijn is met wereldwijde statistiek. Deze factor wordt bepaald door de ruwe uitvoer van het Energiemodel te vergelijken met casuïstiek. Om deze reden zal het model eerst gerund worden voor een correctiefactor van 1 en op basis van de werkelijke transportaantallen van gevaarlijke stoffen op de vaarweg (zie ook paragraaf 3.1). Op basis van deze eerste ronde van berekeningen kan de correctiefactor worden bepaald per type tanker (zie ook paragraaf 4.3.3). Daarna worden de resultaten opnieuw uitgelezen, met de juiste correctiefactoren op basis van wereldwijde statistiek.

*Overige factoren (cellen E28, E29, K28, K29, Q28, Q29, W28, W29)*

Het model biedt mogelijkheden om aanvullende, nog niet eerder toegepaste, correctiefactoren toe te voegen. Deze factoren worden automatisch meegenomen in de berekening van een overall "total factor" per scheepstype.

*DG ship safety factor (cel E33)*

Op deze plek werd oorspronkelijk een overall correctiefactor ingevuld voor alle typen tankers, voordat deze werd verdeeld over verschillende scheepstypes. Deze factor is **niet langer in gebruik** en dient niet aangepast te worden.

*Tank length / vessel length (cel E34)*

Deze factor representeert de kans dat, wanneer een schip wordt aangevaren, de impact zal plaatsvinden ter hoogte van het ladinggedeelte van het schip. Deze kans is, conform het Protocol (tabel 34, p. 52), standaard 0.66 en hoeft niet voor elke vaarweg afzonderlijk bepaald te worden.

De berekeningen in het Energiemodel worden gestart met behulp van de knop "Run Energy Model" in het tabblad "Inputs". De berekening kan enkele minuten duren. Bij voltooiing wordt automatisch het tabblad "Output (frequencies)", met daarin de resultaten, weergegeven. Aanbevolen wordt om tijdens het runnen maar één Energiemodel file tegelijk open te hebben te staan op de computer.



Zoals aangegeven in paragraaf 3.1, gebeurt het runnen van het model normaal gesproken in twee stappen. In de eerste fase worden de correctiefactoren op basis van wereldwijde statistiek bepaald. Tijdens deze berekeningen wordt deze factor (tabblad "Assumptions" cellen E27, K27, Q27, W27) op 1 ingesteld en worden de werkelijke aantallen transporten van gevaarlijke stoffen ingevuld in het tabblad "Inputs" (zie paragraaf 3.3.3). Het eindresultaat van deze stap zijn de aanvaringsfrequenties (met gevolgschade van schadeklasse 4 of 5) en uitstroombrequenties per type tanker, zoals weergegeven in de cellen K27:N28 in het tabblad "Inputs".

**Figuur 10** Voorbeeld van resultaten correctie wereldwijde statistiek in het tabblad "Input"

DNV GL – Rapport Nr. 10142636-002, Rev. 1 – [www.dnvgl.com](http://www.dnvgl.com)

het tabblad "Assumptions" voor de tweede ronde van berekeningen. Paragraaf 4.3.3 bevat een uitgebreidere toelichting op bovenstaande correctiefactoren.

### 3.7 Uitlezen van resultaten in tabblad "Output (frequencies)"

Wanneer de berekeningen zijn voltooid, wordt dit tabblad automatisch weergegeven. Hier kunnen de resultaten worden uitgelezen en gekopieerd voor verder gebruik.

Het tabblad is opgesplitst in twee delen: in de regels 3-102 worden de resultaten weergegeven voor uitstroombesluitingen op de waterlijn. De resultaten voor uitstroombesluitingen onder de waterlijn zijn - weergegeven in de rijen 107-206. In kolom E zijn de frequenties weergegeven voor het scenario "groot gat (1100 mm)" en in kolom G staan de resultaten voor het scenario klein gat (250 mm).

	A	B	C	D	E	G	H	I	J	K	L	M
1	Waterline											
2					1100 mm	250 mm				Frequencies calculated on: 2/18/2019		
3	Liquid	IBC1		4	0.00E+00	3.24E-09						
4				5	1.63E-08	3.28E-08						
5				6	4.92E-08	1.33E-07						
6				7	1.66E-07	9.79E-08						
7				8	1.21E-07	4.92E-08						
8				9	1.76E-07	7.76E-08						
9				10	2.28E-07	4.23E-08						
10				11	2.70E-07	9.87E-08						
11				12	2.70E-07	9.87E-08						
12				13	2.70E-07	2.03E-07						
13												
14	Liquid	IBC2		4	3.24E-09	6.25E-08						
15				5	4.92E-08	1.34E-07						
16				6	1.83E-07	2.77E-07						

**Figuur 11** Voorbeeld van resultaten in het tabblad "Output (frequencies)"

## 4 HANDLEIDING INVOER T.B.V. PERIODIEKE ACTUALISATIE VAN HET ENERGIEMODEL

Het voorgaande hoofdstuk beschrijft hoe het Energiemodel wordt gevuld en gerund. Hierbij werd verondersteld dat alle benodigde invoerwaarden beschikbaar zijn. In dit hoofdstuk wordt meer inhoudelijk beschreven hoe de benodigde invoerwaarden afgeleid kunnen worden voor een specifiek segment of een specifieke vaarweg. Het gaat hierbij om een volledige actualisatie van parameters in het Energiemodel, en dus niet uitsluitend over het actualiseren van de aantallen transporten van gevaarlijke stoffen. Een handleiding voor een dergelijke actualisatie wordt beschreven in /6/.

### 4.1 Energiespectrum totale zeescheepvaartverkeer

In paragraaf 3.3 werd beschreven in welk formaat de gegevens van het totale zeescheepvaartverkeer worden ingevoerd in het tabblad "Inputs". Ook werd beschreven hoe de massa van een schip bepaald kan worden uit data aangaande het totale zeescheepvaartverkeer op de vaarroute. In deze paragraaf wordt nader toegelicht hoe een dergelijke analyse zou kunnen worden aangepakt, met referentie naar het Protocol en eerdere studies.

De analyse dient, conform het Protocol, per segment het aantal passages van zeeschepen per jaar te geven per massa- en snelheidsklasse. Deze gegevens dienen te worden afgeleid op basis van historische gegevens van passages van zeeschepen op de vaarweg, bijvoorbeeld afkomstig van verkeersbegeleidingssystemen. Het Protocol schrijft niet in detail voor hoe een dergelijke analyse uitgevoerd dient te worden. Een inventarisatie van Rijkswaterstaat bij de verschillende havenbedrijven toonde aan dat de massa- en snelheidsklassen niet direct kunnen worden aangeleverd uit hun datasystemen.

De analyses die in het verleden zijn uitgevoerd, zijn gebaseerd op verschillende bronnen. Omdat de beschikbare gegevens verschillend waren voor elk van de vaarwegen, zijn de gehanteerde methodes uniek. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven van de gebruikte gegevens per vaarweg en is een referentie opgenomen naar de meest recente studies, waarin de analyse van gegevens is beschreven.

**Tabel 6 Overzicht van gebruikte gegevens voor afleiding energiespectrum in eerdere studies**

Vaarweg	Data	Periode	Beschrijving	Referentie
Noordzeekanaal	Turn Around Times (DataWarehouse - Port of Amsterdam)	Jan 2010-mrt 2013	Scheepsbewegingen zeescheepvaart op Noordzeekanaal	Dataverzameling Energiemodel Noordzeekanaal /7/
Vaarwegen Rotterdam	Scheepsbezoeken DataWarehouse - Port of Rotterdam	2007-2012	Scheepsbezoeken, onderverdeeld in scheepsreizen en trajecten (radarsectoren). Alleen voor relevante scheepstypes.	Dataverzameling DNV Energiemodel toepassing Rotterdam /8/
	Radargegevens	1 maand in 2013	Gemiddelde vaarsnelheden op 6 meetpunten	
Kanaal Gent-Terneuzen, Westerschelde	IVS90 radargegevens Westerschelde en Kanaal Gent-Terneuzen	2007-2012	Scheepvaartbewegingen uit radar, per radarsector, per massaklasse	Dataverzameling Energiemodel Westerschelde en Kanaal Gent-Terneuzen /9/
	AIS-data Kanaal Gent-Terneuzen	Jan-jun 2013	AIS-posities en snelheden op kanaal	
	IVS90	Jan-jun	Scheepvaartbewegingen	



	radargegevens Kanaal Gent- Terneuzen	2013	uit radar, per radarsector, per massaklasse	
Westerschelde	SRK radargegevens	1998-2002		Basic Data Westerschelde 2003 (AVIV) /10/

Grofweg kunnen in alle analyses 4 stappen worden onderscheiden:

1. Controleren van gegevens op volledigheid;
2. De koppeling van scheepsreizen of -bewegingen aan individuele segmenten;
3. De afleiding van scheepsmassa's;
4. De afleiding van scheepssnelheden per segment en de verdeling over massaklassen.

#### 4.1.1 Controle op volledigheid

Om te zorgen dat er geen significante aantallen scheepsbewegingen ontbreken in de geanalyseerde data, werden grofmazige checks uitgevoerd op de data. Zo werd het aantal bezoeken van schepen vergeleken met gerapporteerde aantallen scheepsbezoeken in de jaarverslagen van havens en met eerder geanalyseerde gegevens. Op het Noordzeekanaal bleek dat het aantal inkomende bewegingen niet altijd gelijk was aan het aantal uitgaande bewegingen. Op basis van een nadere analyse zijn de aangeleverde data aangevuld en gecorrigeerd voor de ontbrekende bewegingen.

#### 4.1.2 Koppeling scheepsreizen aan segmenten

Afhankelijk van de vaarweg en het formaat van de aangeleverde data kan het zeer eenvoudig of tamelijk complex zijn om individuele bewegingen van schepen te koppelen aan de verschillende segmenten. Op de Westerschelde en het Kanaal Gent-Terneuzen komen de radarsectoren uit de SRK-data overeen met de gedefinieerde segmenten; een nadere koppeling was hier daarom niet noodzakelijk. Op het Noordzeekanaal werd de koppeling gemaakt op basis van de bestemming van schepen in de haven. Per bestemming werd vastgesteld welke segmenten werden gepasseerd vanaf de zeeluis in IJmuiden. Op de Rotterdamse vaarwegen, waar naast ingaande en uitgaande bewegingen ook verhalende bewegingen<sup>1</sup> voorkwamen, is gekeken welke radarsectoren het schip doorkruiste. In sommige gevallen komen de radarsectoren overeen met de gedefinieerde segmenten. Waar dit niet het geval is, is in meer detail gekeken naar de bestemming van het schip in de haven en is met behulp van aannames vastgesteld welke segmenten werden gepasseerd.

#### 4.1.3 Afleiding van scheepsmassaklassen

Voor de Westerschelde en Kanaal Gent-Terneuzen werd in de aangeleverde SRK-radargegevens al automatisch berekend welke massaklasse het schip heeft. Voor de overige vaarwegen werd de massa berekend op basis van de lengte, breedte en actuele diepgang zoals deze per schip werden aangeleverd in de data, conform de formule in paragraaf 3.3.1.

#### 4.1.4 Afleiding van scheepssnelheden

Bij de afleiding van scheepssnelheden is gebruik gemaakt van een aantal methodes (in sommige gevallen gecombineerd):

<sup>1</sup> Bewegingen tussen verschillende bestemmingen in de haven, waarbij de haven niet wordt verlaten

- Berekening van de snelheid per beweging op basis van de afstand en verstreken tijd tussen het passeren van twee passagepunten (bijvoorbeeld radarsectoren) (Westerschelde, Noordzeekanaal, Rotterdam);
- Het gebruik van AIS-gegevens, welke de posities, vaarsnelheden en enkele hoofdkenmerken van het schip bevatten (Kanaal Gent-Terneuzen);
- Het gebruik van gemiddelde snelheden gemeten met behulp van radar op specifieke locaties (Rotterdam);
- Voor de vaarwegen in Rotterdam zijn de (indirect) afgeleide vaarsnelheden geverifieerd en aangepast tijdens een workshop met loodsen.

Voor de details van de gehanteerde methodes wordt verwezen naar de individuele rapporten.

## 4.2 Segment- en ongevalsgegevens

Onderstaand wordt beschreven hoe de invoer wordt verkregen voor het onderdeel "Segment information" in het tabblad "Inputs".

### 4.2.1 Ongevalsefrequentie

Voor het afleiden van de ongevals-frequentie op een vaarweg zijn casuïstische gegevens nodig, die per ongevalsgebied (zie verderop) dienen te worden geïnventariseerd. Met betrekking tot de analyse hiervan stelt het Protocol de volgende eisen:

- De SOS-database dient als eerste uitgangspunt voor de analyse, nagegaan dient te worden of er nog aanvullende gegevens beschikbaar zijn, bijvoorbeeld van de vaarwegbeheerder of relevant havenbedrijf.
- Voor de afleiding van de uitstroombrequenties dienen enkel de aanvaringen tussen twee schepen die resulteerden in een kop-flank aanvaring te worden beschouwd, daar alleen dit type ongeval kan resulteren in een uitstroming uit een ladingtank.
- Voor het risico van het vervoer van gevaarlijke stoffen per zeeschip zijn (conform het Protocol) alleen die ongevallen relevant welke een aanvaring tussen zeeschepen betroffen en welke vervolgens hebben geleid tot significante schade (schadeklasse 4 of 5).
- Als vuistregel kan worden uitgegaan van een periode van 5 jaar aan ongevalsgegevens. Hierbij dient wel rekening te worden gehouden met enerzijds de statistische betrouwbaarheid van de gegevens en de actualiteit ervan anderzijds.

De volgende stappen kunnen worden onderscheiden bij het uitvoeren van een analyse van ongevalsgegevens:

1. Verzamelen van ongevalsgegevens;
2. Selectie van relevante scheepsongevallen;
3. Berekenen totale ongevals-frequentie vaarweg;

Bepalen verdeling van de ongevals-frequentie over segmenten.

*Verzamelen van ongevalsgegevens:*

Allereerst dienen ongevalsgegevens opgevraagd te worden van de betreffende vaarweg, uit de SOS-database en aanvullende bronnen indien aanwezig. Houd hierbij rekening met de volgende suggesties:

- Zorg dat de periode van ongevalsgegevens aansluit op de gegevens die zijn geanalyseerd in eerdere studies, zodat een volledig historisch overzicht beschikbaar is van de ongevallen van de vaarweg;
- Vraag direct ook de ongevallen op betreffende ZV-BV aanvaringen en ongevallen waarbij uitsluitend binnenvaart betrokken was (beide niet relevant voor het Energiemodel), om tijd te besparen bij de analyse van alle gegevens.

In de eerdere studies is alleen voor het Noordzeekanaal aanvullende ongevalsdata gevonden, welke werd bijgehouden in het havenmanagementsysteem<sup>2</sup>.

In eerdere studies werden de volgende gegevens en periodes beschouwd in de analyse van ongevalsgegevens:

**Tabel 7      Overzicht van gebruikte gegevens en periodes voor analyse ongevalsgegevens in eerdere studies**

Vaarweg	Data	Periode
Noordzeekanaal	SOS-database	1996-2012
	Haven van Amsterdam	2010-2012
Vaarwegen Rotterdam	SOS-database	2004-2013
Kanaal Gent-Terneuzen	SOS-database	1996-2013
Westerschelde (update 2011)	SOS-database	1998-2008

Uit de tabel valt op te maken dat in voorgaande studies in alle gevallen gekozen is voor een periode van ten minste 10 jaar. Dit heeft te maken met het lage aantal zware ongevallen met zeeschepen op alle vaarwegen, waardoor een periode van 5 jaar niet tot betrouwbare resultaten zou leiden. Voor het Noordzeekanaal en Kanaal Gent-Terneuzen werd een zo lang mogelijke periode gekozen, aangezien het totaal aantal ongevallen op deze vaarwegen nog aanzienlijk lager ligt dan op de andere twee routes.

#### *Selectie van relevante ongevallen:*

Uit alle aangeleverde scheepsongevallen dienen die ongevallen geselecteerd te worden die relevant zijn in het kader van het Protocol. Hierbij zijn in de meest recente studies op het Noordzeekanaal, Rotterdamse vaarwegen en Kanaal Gent-Terneuzen de volgende criteria gehanteerd, in lijn met het Protocol:

- De coördinaten van het ongeval specificeren een locatie op één van de beschouwde segmenten;
- Het ongeval vond plaats op de vaarweg en niet in een havenbekken;
- De betrokken schepen waren alle “varend” ten tijde van het ongeval en niet afgemeerd of ten anker;
- Het betrof een ongeval van het type “schip-schip” en “kop-flank”; deze classificatie werd gecontroleerd middels de beschrijving van het ongeval.

#### *Totale ongevalsfrequentie vaarweg:*

Op basis van de selectie van relevante ongevallen kan berekend worden hoeveel ongevallen zich gemiddeld per jaar voordeden, waarbij de gevolgschade werd geclassificeerd als zijnde van schadeklasse 4 of 5.

<sup>2</sup> Zie “Berekeningen Energiemodel – Noordzeekanaal”

Omdat het aantal relevante ongevallen met een dergelijke gevolgschade doorgaans erg klein is (in de orde van 0 tot 5 ongevallen), dient conform het Protocol rekening te worden gehouden met de beperkte statistische betrouwbaarheid van dit gemiddelde. Dit is in eerdere studies gedaan door met behulp van de chi-kwadraatverdeling een betrouwbaarheidsinterval af te leiden voor de totale gemiddelde ongevalsfrequentie. Hierbij werd verondersteld dat het aantal ongevallen over een bepaalde periode de Poissonverdeling volgt en werd een betrouwbaarheidsmarge van 50% gehanteerd. Onderstaande tabel geeft voor een betrouwbaarheidsmarge van 50% de bovengrens van het betrouwbaarheidsinterval voor het werkelijke gemiddelde aantal ongevallen in de beschouwde periode, als functie van het aantal waargenomen ongevallen, conform de voorgestelde methode.

Indien één relevant scheepsongeval is waargenomen, kan volgens de tabel worden aangenomen dat de kans 50% is dat er zich in werkelijkheid gemiddeld maximaal 1.7 ongevallen voordoen in een periode gelijk aan de beschouwde periode. Deze waarde kan dan als bovengrens worden gekozen voor het totaalaantal ongevallen in de beschouwde periode en kan gebruikt worden om de gemiddelde frequentie per jaar te berekenen. Dit is de waarde die ingevuld wordt als "Total Accident Rate Waterway (for all ships)" in cel E25 van het tabblad "Inputs" van het Energiemodel; deze waarde is gelijk voor alle verschillende segmenten van de vaarweg.

**Tabel 8 Bepalen bovengrens aantal ongevallen o.b.v. chi-kwadraatverdeling**

Waargenomen aantal ongevallen	Bovengrens aantal ongevallen (50% marge)
0	1.4
1	1.7
2	2.7
3	3.7
4	4.7
5	5.7
6	6.7
7	7.7
8	8.7
9	9.7

In de meest recente studies op de vaarwegen Kanaal Gent-Terneuzen, Noordzeekanaal en Rotterdam (/11/, /12/, /13/) werd beschreven dat bovenstaande methode met name op korte vaarwegen met een lage scheepvaartintensiteit, zoals het Noordzeekanaal en Kanaal Gent-Terneuzen vaak zeer conservatieve resultaten oplevert. Om deze reden werd in deze studies een alternatieve methode voorgesteld om het totaal aantal ongevallen vast te stellen, op basis van een generieke ongevalsfrequentie per vaartuigkilometer. Op basis van de ongevallen op alle voor het Protocol relevante vaarwegen werd deze generieke frequentie vastgesteld op  $8.74E-08$  scheepsschades per vaartuigkilometer. In de genoemde studies werd de ongevalsfrequentie voor alle vaarwegen bepaald op basis van de beschreven methode.

#### *Frequentie per segment:*

Vervolgens dient de gemiddelde ongevalsfrequentie per jaar verdeeld te worden over de verschillende segmenten. Het Protocol schrijft niet voor hoe dit gedaan moet worden, maar noemt de methode van Hauer als mogelijkheid. Verder wordt aangegeven dat bij een klein aantal gevallen van schadeklasse 4 en 5, de selectie van ongevallen voor dit deel van de analyse uitgebreid mag worden met relevante ongevallen met lichtere gevolgschades. In de eerdere studies op het Noordzeekanaal en Kanaal Gent-Terneuzen (zie /3/, /5/) bleek echter het totaalaantal relevante ongevallen dusdanig klein (2 gevallen in 17 jaar en 1 geval in 18 jaar respectievelijk) dat de methode van Hauer geen betrouwbare resultaten opleverde. In deze gevallen is een alternatieve methode gebruikt, waarin de verdeling van ongevallen

gelijk werd genomen aan de verdeling van het aantal scheepsontmoetingen over de segmenten. Beide methodes worden hieronder nader toegelicht.

Volgens de methode van Hauer kan het verwachte aantal jaarlijkse ongevallen voor een 'locatie' (ofwel segment), waar gedurende k jaren  $\Sigma x$  ongevallen zijn geregistreerd, worden berekend middels de volgende formule:

$$\hat{T}_a = \Sigma x/k + \{\bar{x}/[k(s_x^2 - \bar{x} + \bar{x}/k)]\} (\bar{x} - \Sigma x/k)$$

Hierin zijn:

k        aantal opeenvolgende jaren waarin ongevallen zijn geregistreerd;

$\Sigma x$       totaal aantal ongevallen op de locatie gedurende de periode van k jaar;

Met de volgende formules worden de overige parameters bepaald:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k x_{ij}/rk$$
$$s_x^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^k (x_{ij} - \bar{x})^2/rk.$$

Hierin zijn:

r        aantal locaties;

$x_{i,j}$     aantal ongevallen in jaar i op locatie j.

Bij het toepassen van de methode van Hauer worden dus praktisch gezien de volgende stappen doorlopen:

1. Overzicht opstellen van het aantal ongevallen voor elk van de segmenten, voor elk van de jaren in de beschouwde periode;
2. Het bepalen van het gemiddelde aantal ongevallen per segment per jaar;
3. Het afleiden van de variantie  $s_x^2$  van de gemiddelde ongevalsfrequentie per segment per jaar;
4. Het bepalen van de gecorrigeerde gemiddelde ongevalsfrequentie per segment per jaar, op basis van het gemiddelde aantal ongevallen per segment per jaar en de variantie.

Een voorbeeldberekening met de methode van Hauer is opgenomen in Bijlage 2 van het "Achtergronddocument Protocol Risicoanalyse Zee- en Binnenvaart".

Hierbij moet worden opgemerkt dat, naast het uitbreiden van de selectie van het aantal ongevallen op basis van de schadeklasse, het ook zinvol is om de selectie uit te breiden met schip-schip aanvaringen anders dan het type "kop-flank".

De methode van Hauer is in het verleden gebruikt bij de verschillende Westerschelde studies en op de Rotterdamse vaarwegen. Bij zeer kleine aantallen ongevallen, zoals in eerdere studies op het Noordzeekanaal en Kanaal Gent-Terneuzen, levert de methode van Hauer echter geen betrouwbare resultaten. Daarom is in de studies voor deze vaarwegen een alternatieve methode voorgesteld en toegepast, gebaseerd op de verdeling van het aantal scheepsontmoetingen.

In nautische risicostudies wordt algemeen verondersteld dat de aanvaringsfrequentie direct gerelateerd is aan het aantal ontmoetingen tussen schepen. Het aantal ontmoetingen tussen schepen op een bepaald segment is functie van het aantal schepen, de scheepssnelheden op dat segment en de

segmentlengte. Het aantal ontmoetingen per scheepvaartbeweging over een segment kan als volgt worden gedefinieerd, uitgaande van een uniform verdeelde verkeersintensiteit:

$$N_{\text{encounter}} = \frac{N_{\text{movements}} * L_{\text{approach}}}{H * V}$$

Met  $N_{\text{movements}}$  het aantal scheepsbewegingen per jaar,  $L_{\text{approach}}$  de segmentlengte in nautische mijlen,  $H$  het totaal aantal uren in een jaar ( $365 * 24 = 8760$ ) en  $V$  de gemiddelde snelheid in knopen.

Op basis van het aantal ontmoetingen per segment kan dus ook het aantal verwachte aanvaringen tussen zeeschepen leidend tot klasse 4+5 schade worden bepaald. Analoog met de afgeleide verdeling kan de totale ongevalsfrequentie worden verdeeld over de verschillende segmenten. Deze aanpak gaat dus puur uit van het aantal ontmoetingen op elk van de segmenten en kijkt niet naar lokale factoren welke de werkelijke aanvaringsfrequentie kunnen beïnvloeden, zoals de aanwezigheid van obstakels of bochten. Dit werd in de eerdere studies niet problematisch geacht vanwege de afwezigheid van scherpe bochten en obstakels op het Noordzeekanaal en de gelijkmatige verdeling van bruggen en sluizen over de verschillende segmenten op het Kanaal Gent-Terneuzen. Op meer complexe vaarwegen, zoals in Rotterdam en op de Westerschelde, zou hier in meer detail naar moeten worden gekeken.

Het eindresultaat van deze stap in de analyse is een relatieve verdeling van de totale ongevalsfrequentie, waarbij de waarden van de verschillende segmenten optellen tot 1. De waarde per segment wordt ingevoerd in het Energiemodel in cel E24 ("Traject Accident Fraction") in het tabblad "Inputs".

Op de Westerschelde is onderscheid gemaakt tussen segmenten en ongevalsgebieden. Ter hoogte van Hansweert is ervoor gekozen om een apart ongevalsgebied te definiëren met een lengte van 3 km, dat overlapt met de segmenten 7 en 8.

## 4.2.2 Segmentlengtes

Indien de indeling in segmenten onveranderd blijft, kan gebruik worden gemaakt van de segmentlengtes zoals deze zijn gedefinieerd in eerdere studies. Deze zijn samengevat in Appendix A.

## 4.2.3 Transporten van gevaarlijke stoffen

In het tabblad "Inputs" is ten slotte de invoer van het aantal transporten van gevaarlijke stoffen per zeeschip over massaklassen en scheepstypes benodigd. Welke waarden hier worden ingevuld hangt af van de toepassing van het Energiemodel:

- Bij periodieke actualisatie van de basis-uitstroomfrequenties kan voor elke combinatie de waarde "1" worden ingevuld;
- Bij een volledige modellering van de vaarroute dienen hier het werkelijke aantal (geschatte) transporten per jaar te worden ingevuld.

Bij het voorziene gebruik van het Energiemodel zal het model zelf alleen worden gebruikt voor het afleiden van de basis-uitstroomfrequenties, op basis van één transport per combinatie van scheepsgegevens. De risico's behorend bij de werkelijke aantallen transporten worden dan op regelmatige basis doorgerekend middels een externe Excelsheet waarin de basis-uitstroomfrequenties worden vermenigvuldigd met het beschouwde aantal transporten per combinatie.

Echter, zoals onderstaand beschreven in paragraaf 4.3.3, is het voor het periodiek actualiseren van de correctiefactoren voor wereldwijde ongevallen wél benodigd om het Energiemodel te vullen met de daadwerkelijke verdeling van transporten over scheepstypes en massaklassen. Deze aantallen kunnen dan worden afgeleid conform de methode beschreven in de handleiding voor het gebruik van de externe Excelsheet /6/.



## 4.3 Factoren tabblad "Assumptions"

In deze paragraaf wordt de afleiding beschreven van die factoren in het tabblad "Assumptions", waarbij in eerdere studies waarden zijn afgeleid die specifiek zijn voor de beschouwde vaarweg. Dit betreft de volgende factoren:

- Number of ships laden;
- Correction visibility (per scheepstype);
- Correction worldwide accident statistics (per scheepstype).

Voor de overige factoren zijn in eerdere studies de waarden gehanteerd die worden voorgesteld in het Protocol.

### 4.3.1 Beladingsgraad totale zeescheepvaart

De wijze waarop de beladingsgraad van de totale zeescheepvaart, ten behoeve van de factor "Number of ships laden", afgeleid dient te worden is niet beschreven in het Protocol. Er wordt wel voorgesteld om een waarde van 70% aan te houden. Deze waarde is afkomstig uit de "Actualisatiestudie 2011 risico's transport gevaarlijke stoffen Westerschelde en prognoses 2015-2030" /14/ en is bepaald in overleg met maritieme experts specifiek voor de situatie op de Westerschelde.

In de eerdere studies op het Noordzeekanaal, Rotterdamse vaarwegen en Kanaal Gent-Terneuzen is de beladingsgraad geschat op basis van gegevens afkomstig van de relevante autoriteiten. Op basis hiervan werden de percentages in onderstaande tabel afgeleid.

**Tabel 9 Afgeleide beladingsgraden voor verschillende vaarwegen in eerdere studies**

Vaarweg	Beladingsgraad
Noordzeekanaal	53%
Vaarwegen Rotterdam	69%
Kanaal Gent-Terneuzen	62%
Westerschelde (update 2011)	70%

Voor de specifieke afleiding van deze percentages wordt verwezen naar de bijbehorende rapporten (/3/, /4/, /5/). Voor vervolgstudies wordt aanbevolen om na te gaan of de situatie op de specifieke vaarweg veranderd is met betrekking tot het aantal beladen transporten en vast te stellen of het noodzakelijk is om de eerder gebruikte percentages te herzien. Dit kan worden gedaan door data op te vragen die vergelijkbaar zijn met de in de eerdere studies gebruikte data.

### 4.3.2 Correctiefactor slecht zicht

Deze correctiefactor betreft eventuele reglementaire beperkingen voor de toegang van verschillende scheepstypes in geval van slecht zicht (zie paragraaf 3.3.3.3 van het Protocol). Op de Westerschelde is dit het geval voor gastankers; een maatregel die bekend staat als de "Artikel 25 maatregel". Voor deze vaarweg kan de correctievaarweg als volgt bepaald worden (Protocol, p. 32):

$$f_{mist} = 1 - \frac{Ongevallen_{mist}}{Ongevallen_{totaal}}$$

Waarbij  $f_{mist}$  de correctiefactor is,  $Ongevallen_{mist}$  het aantal ongevallen dat tijdens mist heeft plaatsgevonden en  $Ongevallen_{totaal}$  het totaal aantal ongevallen dat heeft plaatsgevonden op de vaarweg. In de Westerschelde studies van zowel 2003 als 2011 werd een correctiefactor bepaald van 70%. Gezien de sterke mate van verbondenheid met de Westerschelde is deze waarde overgenomen in de eerdere studies op het Kanaal Gent-Terneuzen voor gastankers. Deze factor kan van toepassing worden geacht op zowel gas- als LNG-tankers.



### 4.3.3 Correctie wereldwijde statistiek

Deze factor corrigeert de door het Energiemodel berekende kans op uitstroming, gegeven een kritisch aanvaringsscenario, zodat deze in lijn is met wereldwijde statistiek. Deze factor wordt bepaald door de ruwe uitvoer van het Energiemodel te vergelijken met casuïstiek en is specifiek voor elk type tanker (gastanker, olietanker, chemicaliëntanker, LNG-tanker). De correctiefactoren worden bepaald voor de **vaarweg als geheel**.


De conditionele kans op uitstroming in geval van een aanvaring is sterk afhankelijk van de relatieve verdeling van transporten van gevaarlijke stoffen over de verschillende massaklassen en soorten tankers. Zo zal het Energiemodel een hogere conditionele kans berekenen voor chemicaliëntankers op een vaarweg met een relatief hoog aandeel IBC3-tankers, met name als hier een groot deel van in de hogere massaklassen valt: in de hogere massaklassen is er relatief meer energie beschikbaar voor vervorming en minder voor verplaatsing van het aangevaren schip. Deze factor dient daarom periodiek bepaald te **worden voor de werkelijke verdelingen van transporten** met gevaarlijke stoffen over de massaklassen en **niét** op basis van 1 transport per combinatie van scheepstype en massaklasse.

Het proces om deze correctiefactoren te bepalen is als volgt:

1. Het Energiemodel wordt gerund met de volledige invoer, inclusief de werkelijke transportaantallen op de vaarweg en met uitzondering van de correctiefactoren "Correctie wereldwijde ongevallen" in het tabblad "Assumptions": hiervoor dient een waarde van "1" ingevuld te worden bij alle scheepstypes.
2. Op basis van de resultaten van het Energiemodel *voor alle segmenten* wordt de totale uitstroomfrequentie berekend over alle segmenten voor elk type tanker: dit is de som van de frequenties van alle uitstroomscenario's behorend bij het tankertype voor alle segmenten. Deze waarden zijn voor de individuele segmenten weergegeven in cellen K28:N28 van het tabblad "Inputs".
3. Op basis van de resultaten van het Energiemodel *voor alle segmenten* wordt berekend wat de frequentie van een aanvaring met schade van schadeklasse 4 of 5 is, per tankertype. Deze frequentie kan worden berekend op basis van het aantal ongevallen in deze categorie op het segment, het totaal aantal zeescheepvaartbewegingen op het segment, het aantal bewegingen van het beschouwde tankertype en de gehanteerde correctiefactoren. Deze waarden zijn voor de individuele segmenten weergegeven in cellen K27:N27 van het tabblad "Inputs".
4. Wanneer bovenstaande waarden zijn berekend voor alle segmenten van de vaarweg (op basis van de individuele Energiemodel files), kan voor de gehele vaarweg worden berekend wat de kans op uitstroming is, in het geval van een aanvaring met schadeklasse 4 of 5. De kansen per segment zijn weergegeven in de cellen K29:N29 van het tabblad "Inputs". Deze totale waarde voor de gehele vaarweg kan vervolgens worden vergeleken met de kans die is afgeleid op basis van wereldwijde statistiek. Deze waarden zijn afgeleid voor chemicaliëntankers, olietankers en gastankers, op basis van ongevalsgegevens uit de IHS Fairplay database (zie o.a. /3/). De berekende kansen zijn weergegeven in onderstaande tabel.

**Tabel 10      Conditionele kansen op uitstroming berekend op basis van IHS Fairplay ongevalsgegevens**

Type tanker	P uitstroming   serieuze aanvaring
Chemicaliëntankers	22.38%
Olietankers	24.74%
Gastankers	4.86%

- 
5. Per tankertype kan zodoende een correctiefactor worden bepaald voor de betreffende vaarweg. De laatste stap is om deze factor in te vullen in het tabblad "Assumptions" in combinatie met de gewenste invoer (de totale transportaantallen op de vaarweg of uitsluitend de basisfrequenties op basis van 1 transport per combinatie van scheepstype en massaklasse).

## 5 REFERENTIES

- /1/ DNV, "Protocol Zee- en Binnenvaart op vaarwegen met meer dan 10% zeevaart", (Rev. 1, 2011-10-31)
- /2/ DNV, "Achtergronddocument Protocol Risicoanalyse Zee- en Binnenvaart", (Rev. 1, 2011-10-31)
- /3/ DNV GL, "Berekeningen Energiemodel – Noordzeekanaal", (Rev. 5, 2014-10-06)
- /4/ DNV GL, "Berekeningen Energiemodel – Vaarwegen Rotterdam", (Rev. 4, 2014-10-06)
- /5/ DNV GL, "Berekeningen Energiemodel – Kanaal Gent-Terneuzen", (Rev. 3, 2014-08-29)
- /6/ DNV GL, "Procedure actualisatie transportaantallen risico's zeevaartroutes", (Rev. 1, 2020-02-10)
- /7/ DNV, "Dataverzameling Energiemodel Noordzeekanaal", (Rev. 1, 2013-09-18)
- /8/ DNV, "Dataverzameling DNV Energiemodel toepassing Rotterdam", (Rev. 1, 2013-07-17)
- /9/ DNV, "Dataverzameling DNV Energiemodel Westerschelde en Kanaal Gent-Terneuzen", (Rev. 1, 2013-08-29)
- /10/ AVIV, "Basic data Westerschelde 2003", (Project 03573, juli 2004)
- /11/ DNV GL, "Vuistregels Zeevaartroutes – Kanaal Gent-Terneuzen", (Rev. 0, 2015-06-03)
- /12/ DNV GL, "Vuistregels Zeevaartroutes – Noordzeekanaal", (Rev. 0, 2015-06-03)
- /13/ DNV GL, "Vuistregels Zeevaartroutes – Vaarwegen Rotterdam", (Rev. 0, 2015-06-03)
- /14/ DNV, "Actualisatiestudie 2011 risico's transport gevaarlijke stoffen Westerschelde en prognoses 2015-2030", Rapport nr. 1237G9T-13 (Rev. 4, 08-12-2011)

## APPENDIX A

Trajectlengtes per segment conform eerdere studies

Vaarweg	Segment	Trajectlengte (km)
Kanaal Gent - Terneuzen	2	1.98
	3	3.94
	4	5.63
	5	1.98
Noordzeekanaal	1	3.09
	2	6.91
	3	1.54
	4	2.94
	5	2.19
	6	1.11
	7 <sup>3</sup>	0.56
Vaarwegen Rotterdam	1	22.12
	2	4
	3	3.8
	4	11
	5	3.7
	6	26.1
	7	9.2
	8	4.8
Westerschelde	1	9.899
	2	7.354
	3	4.925
	4	2.937
	5	9.467
	6	10.105
	7a	6.617
	7b	1.500
	8a	1.486
	8b	3.639
	9	7.405
	10a	6.001
	10b	4.982
	12	12.041

<sup>3</sup> Tot dusver is het Energiemodel nog niet toegepast op dit segment vanwege het kleine aantal zeevaart transporten van gevaarlijke stoffen



## About DNV GL

DNV GL is a global quality assurance and risk management company. Driven by our purpose of safeguarding life, property and the environment, we enable our customers to advance the safety and sustainability of their business. We provide classification, technical assurance, software and independent expert advisory services to the maritime, oil & gas, power and renewables industries. We also provide certification, supply chain and data management services to customers across a wide range of industries. Operating in more than 100 countries, our experts are dedicated to helping customers make the world safer, smarter and greener.