

# De baten van kustverdediging voor buitendijks gebied

*Een schatting van de sociaal-economische baten van verbeterde  
kustverdediging voor buitendijks verstedelijkt kustgebied op basis van  
kentallen*



R.M. van Dam  
Maart 2007





# De baten van kustverdediging voor buitendijks gebied

*Een schatting van de sociaal-economische baten van verbeterde  
kustverdediging voor buitendijks verstedelijkt kustgebied op basis van  
kentallen*

Afstudeerverslag  
Enschede, 22 maart 2007

Auteur:

R.M. van Dam  
S0013773

Civiele Techniek, Afdeling WEM  
Universiteit Twente

Begeleiding:

Prof. dr. S.J.M.H. Hulscher  
Civiele Techniek, Afdeling WEM  
Universiteit Twente

Dr. ir. C.M. Dohmen-Janssen  
Civiele Techniek, Afdeling WEM  
Universiteit Twente

Ir. S.C. van der Biezen  
Afdeling Natte Infrastructuur  
Witteveen + Bos

Drs. D.J.F. Bel  
Afdeling omgevingskwaliteit  
Witteveen + Bos

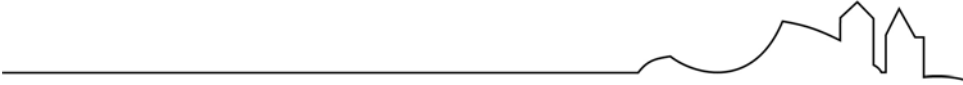
**Witteveen + Bos**

water  
infrastructuur  
milieu  
bouw



**Universiteit Twente**  
*de ondernemende universiteit*





---

## Samenvatting

### **Achtergrond**

In tegenstelling tot het achterland is het kustgebied op en voor de waterkering niet (volledig) beschermd tegen de gevolgen van stormvloed en die statistisch gezien vaker voorkomen dan eens per tienduizend jaar. Ondanks de veel grotere kans op stormschade zijn deze buitendijkse gebieden wel bebouwd en bevolkt. In de loop der jaren is de sociaal-economische waarde van deze buitendijkse verstedelijkte gebieden enorm toegenomen. Zoveel zelfs dat de economische waarde van de kustplaatsen het wellicht verantwoordt de gebieden, ondanks hun positie buiten de waterkering, van extra kustbescherming te voorzien.

In de besluitvorming dient aangetoond te worden dat de baten van dergelijke maatregelen de kosten van de aanleg en het onderhoud ervan overtreffen. De bestaande methodes nemen echter alleen kwantitatief de schade aan woningen, infrastructuur en bedrijven mee. De sociaal-economische waarden die moeilijk of niet met marktprijzen te kwantificeren zijn worden niet of slechts kwalitatief meegenomen. Dit leidt tot een structurele onderschatting van de sociaal-economische waarde van het kustgebied waardoor op basis van kwantitatieve gegevens onmogelijk een goede afweging van beleidsmaatregelen kan plaatsvinden.

### **Onderzoek**

Om inzicht te krijgen in de omvang van de onderschatting van de baten is een nieuwe methode opgesteld om de sociaal-economische waarden in het kustgebied vast te stellen. Daarvoor worden de baten gepresenteerd als het verlies aan sociaal-economische waarde over een planperiode van 100 jaar. Er is zowel gebruik gemaakt van bestaande methodieken om de schade als gevolg van duinafslag inzichtelijk te maken, als van nieuwe manieren om de economische waarde van de goederen en diensten voortgebracht door de kustzone te kunnen kwantificeren.

Een tweetal schademechanismen welke kunnen bijdragen aan de verwachte schade in de kustzone zijn geïntroduceerd. 1) golfoverslag met inundatie van de bebouwde zone tot gevolg, en 2) salt spray waarbij de corrosieve en verziltende werking van zeewater tot schade kan leiden. In combinatie resulteren de mechanismen in grotere schade dan aan de hand van duinafslag alleen verwacht zou worden.

Naar aanleiding van dit onderzoek zijn de onderstaande schadeposten toegevoegd bij het berekenen van de sociaal-economische baten van kustverdediging voor buitendijks kustgebied.

- 
- schade aan woningen, infrastructuur en bedrijven als gevolg van golfoverslag.
  - economische schade aan de toeristensector door een verkleining van het natuurareaal.
  - economische schade aan door een afname van de niet-gebruikswaarde van natuur.
  - economische schade aan de toeristensector door een afname van de aantrekkelijkheid van het strand.
  - economische schade aan woningen door een tijdelijke daling van huizenprijzen als gevolg van risicoperceptie.
  - economische schade door immateriële verliezen door tijdelijke en blijvende arbeidsongeschiktheid of overlijden ten gevolge van stormschade en psychologische druk.

Een tweetal versterkingsmaatregelen zijn voor Bergen aan Zee uitgewerkt om tot een kosten-batenanalyse te kunnen komen. Het betreft een zeewaartse duinuitbreiding waarbij het veiligheidsniveau ter hoogte de bouwgrens van circa 1/50 naar 1/4.000 respectievelijk 1/10.000 per jaar wordt verhoogd.

### **Resultaten**

De nieuwe methode is in staat resultaten van Nielen-Kiezebrink (2005) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005) (beide studies naar de economische baten van maatregelen voor Bergen aan Zee) te reproduceren. Wanneer de baten gekwantificeerd worden volgens de nieuwe methode, worden de sociaal-economische baten significant hoger gewaardeerd (orde van grootte een factor 1,2 tot 2,2 en meer). De belangrijkste baat van versterkingsmaatregelen voor Bergen aan Zee wordt gevormd door het voorkomen van een afname aan toeristische bestedingen. Deze post neemt maximaal 31 procent van de totale sociaal-economische baten voor zijn rekening. Voor Bergen aan Zee, de enige uitgewerkte case in dit onderzoek, varieert de verhouding tussen baten en kosten tussen de 0,2 als absolute ondergrens en 1,4 als bovengrens. In deze berekeningen is echter geen rekening gehouden met zeespiegelstijgingen in de komende honderd jaar.

### **Conclusie**

Met dit onderzoek is duidelijk gemaakt dat de sociaal-economische baten van kustverdediging uit meer dan alleen de voorkomen duinafslagschade aan vastgoed bestaat. Door golfoverslag als schademechanisme te introduceren en de bovenstaande schadeposten kwantitatief in de schadeberekening op te nemen, blijkt dat duinuitbreiding voor de kust van Bergen aan Zee niet per definitie een economisch onverantwoorde investering hoeft te zijn. De nieuwe methode zet daarbij de deur op een kier voor vervolgonderzoek naar de maatschappelijke en politieke bereidheid om het veiligheidsniveau in de kustplaatsen door duinuitbreiding te vergroten.



---

## Voorwoord

In mijn afstudeeronderzoek naar de sociaal-economische baten van kustverdediging heb ik een brug kunnen slaan tussen de harde techniek van waterkeren en het meer generalistische domein van de economische wetenschap. Voor wie mij wat beter kent zal het duidelijk zijn dat dit soort technisch-maatschappelijk verantwoorde vraagstukken mij aan het hart gaan. Het is dan ook niet verwonderlijk dat ik Witteveen+Bos hartelijk wil bedanken voor de ruimte die zij mij hebben geboden bij het invullen en bijsturen van de opdracht. Mijn dank gaat uit naar Stephan van der Biezen die mij, ondanks zijn overvolle agenda, van voldoende stof tot nadenken heeft kunnen voorzien. Diederik Bel wil ik bedanken voor de leuke gesprekken in Deventer en zijn adviezen op het gebied van economische waardering. Ook de dames 'op zolder' in Rotterdam mogen hun bijdrage aan mijn onderzoek niet onderschatten.

Hoewel mijn keuze om drie dagen in Rotterdam en twee dagen in Enschede te werken heeft geleid tot lange treinreizen en de daarbij horende vertragingen, kan ik met zekerheid zeggen dat deze joint venture een meerwaarde heeft gehad voor het voorliggende onderzoek. Als deeltijd interne afstudeerder werd ik voldoende betrokken bij de vakgroep Water Engineering & Management om mij ook hier als een vis in het water te voelen. Ik wil Marjolein Dohmen-Janssen bedanken voor haar enthousiasme in de wekelijkse begeleiding. Ik wil Suzanne Hulscher danken voor al het werk dat zij voor mij heeft verricht en in het bijzonder voor het schrijvers-ontmoedigingsbeleid wat zij heeft gevoerd. Zonder dit beleid was mijn verslag waarschijnlijk in boekvorm uitgekomen.

Beste huisgenoten, met lede ogen hebben jullie moeten aanzien hoe de mooiste kamer van het huis een half jaar lang, drie dagen in de week onbewoond bleef. Ik ben blij met jullie steun, interesse en gezelschap. Tevens wil ik mijn neef Yvo bedanken. Zonder zijn Rotterdamse gastvrijheid was het lang niet zo eenvoudig geweest mijn onderzoek uit te voeren zoals dat nu heeft plaatsgevonden.

Ik heb ervaren dat het zeer waardevol is iemand in je nabijheid te hebben die met een zelfde achtergrond naar je werk kan en ook wil kijken. Bij deze wil Laura bedanken voor haar kritische commentaar en haar steun door dik en dun.

Maart 2007,

Roelant van Dam







# Inhoudsopgave

|          |                                                    |           |
|----------|----------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INLEIDING .....</b>                             | <b>1</b>  |
| 1.1      | Achtergrond .....                                  | 1         |
| 1.2      | Kader .....                                        | 3         |
| 1.3      | Probleemstelling.....                              | 4         |
| 1.4      | Doelstelling .....                                 | 5         |
| 1.5      | Onderzoeksvragen.....                              | 5         |
| 1.6      | Afbakening .....                                   | 7         |
| 1.7      | Onderzoeksopzet.....                               | 8         |
| 1.8      | Leeswijzer .....                                   | 9         |
| <b>2</b> | <b>METHODIEK .....</b>                             | <b>11</b> |
| 2.1      | Kustverdediging voor buitendijks gebied .....      | 11        |
| 2.1.1    | Risicobeheersing .....                             | 11        |
| 2.1.2    | Verantwoording van versterkingsinvesteringen ..... | 12        |
| 2.2      | Buitendijks risico .....                           | 13        |
| 2.2.1    | Opbouw van het risico .....                        | 14        |
| 2.2.2    | Berekening van het stormrisico .....               | 17        |
| 2.3      | Monetaire evaluatiemethoden.....                   | 20        |
| 2.3.1    | Maatschappelijke kosten-batenanalyse .....         | 20        |
| <b>3</b> | <b>SCHADEMECHANISMEN.....</b>                      | <b>21</b> |
| 3.1      | Duinafslag .....                                   | 22        |
| 3.2      | Golfoverslag .....                                 | 23        |
| 3.3      | Salt spray .....                                   | 24        |
| <b>4</b> | <b>ECONOMISCHE STORMSCHADE .....</b>               | <b>25</b> |
| 4.1      | Directe schade .....                               | 25        |
| 4.1.1    | Huishoudens .....                                  | 25        |
| 4.1.2    | Directe schade aan bedrijven .....                 | 28        |
| 4.1.3    | Directe schade aan infrastructuur .....            | 28        |
| 4.1.4    | Schade aan overige bebouwing .....                 | 29        |
| 4.2      | Directe schade door bedrijfsuitval .....           | 29        |
| 4.3      | Indirecte schade door bedrijfsuitval.....          | 30        |



|          |                                                       |           |
|----------|-------------------------------------------------------|-----------|
| <b>5</b> | <b>ECONOMISCHE WAARDERING.....</b>                    | <b>32</b> |
| 5.1      | Inleiding .....                                       | 32        |
| 5.2      | Van fysieke effecten naar welvaartsbaten.....         | 33        |
| 5.2.1    | Kwantificeren en monetariseren .....                  | 33        |
| 5.3      | Overzicht economische waardering .....                | 34        |
| 5.4      | Natuur .....                                          | 34        |
| 5.4.1    | Exploitatie verblijfsrecreatie.....                   | 34        |
| 5.4.2    | Exploitatie van dagrecreatie.....                     | 35        |
| 5.4.3    | Recreatieve beleving .....                            | 35        |
| 5.4.4    | Woongenot door aanwezigheid van natuur en zee .....   | 35        |
| 5.4.5    | Niet gebruikswaarde van natuur .....                  | 36        |
| 5.4.6    | Intrinsieke waarde van natuur .....                   | 37        |
| 5.5      | Water en strand .....                                 | 38        |
| 5.5.1    | Exploitatiemogelijkheden voor verblijfsrecreatie..... | 38        |
| 5.5.2    | Exploitatie van dagrecreatie.....                     | 39        |
| 5.5.3    | Recreatieve beleving van water en strand.....         | 40        |
| 5.6      | Bodem .....                                           | 40        |
| 5.6.1    | Schoon grondwater door zandfiltering .....            | 40        |
| 5.7      | Cultuurhistorisch Landschap.....                      | 41        |
| 5.7.1    | Recreatieve beleving .....                            | 41        |
| 5.8      | Risicoperceptie.....                                  | 41        |
| 5.8.1    | Tijdelijke waardedaling onroerend goed.....           | 42        |
| <b>6</b> | <b>IMMATERIËLE ECONOMISCHE SCHADE .....</b>           | <b>44</b> |
| 6.1      | Overlast en kosten van evacuatie .....                | 44        |
| 6.2      | Geestelijke en lichamelijke gezondheid .....          | 45        |
| 6.3      | Economische waarde mensenleven .....                  | 46        |
| <b>7</b> | <b>CASESTUDY BERGEN AAN ZEE.....</b>                  | <b>48</b> |
| 7.1      | Bergen aan Zee.....                                   | 48        |
| 7.1.1    | Verantwoorden van de keuze Bergen aan Zee .....       | 48        |
| 7.1.2    | Gebiedsbeschrijving.....                              | 49        |
| 7.2      | Schademechanismen Bergen aan Zee.....                 | 50        |
| 7.2.1    | Duinafslag Bergen aan Zee .....                       | 50        |
| 7.2.2    | Golfoverslag Bergen aan Zee .....                     | 53        |
| 7.2.3    | Salt spray .....                                      | 54        |
| 7.3      | Risico huishoudens en infrastructuur .....            | 54        |
| 7.3.1    | Risico duinafslag .....                               | 55        |
| 7.3.2    | Risico golfoverslag.....                              | 57        |
| 7.3.3    | Tijdelijke waardedaling onroerend goed.....           | 57        |



|          |                                                       |           |
|----------|-------------------------------------------------------|-----------|
| 7.4      | Bedrijven .....                                       | 59        |
| 7.4.1    | Risico duinafslag en golfoverslag .....               | 59        |
| 7.5      | Risico meerwaarde natuur .....                        | 60        |
| 7.5.1    | Dagrecreatie en betalingsbereidheid (WTP) .....       | 60        |
| 7.5.2    | Verblijfsrecreatie en betalingsbereidheid (WTP) ..... | 61        |
| 7.5.3    | Niet gebruikswaarde van natuur .....                  | 61        |
| 7.5.4    | Overzicht .....                                       | 61        |
| 7.6      | Risico meerwaarde water en strand.....                | 62        |
| 7.6.1    | Dagrecreatie en betalingsbereidheid (WTP) .....       | 62        |
| 7.6.2    | Verblijfsrecreatie en betalingsbereidheid (WTP) ..... | 62        |
| 7.7      | Risico bodem en landschap .....                       | 63        |
| 7.7.1    | Gezuiverd drinkwater.....                             | 63        |
| 7.7.2    | Landschap en cultuurhistorie .....                    | 63        |
| 7.8      | Immateriële schade .....                              | 64        |
| 7.8.1    | Overlast bij evacuatie .....                          | 64        |
| 7.8.2    | Geestelijke en lichamelijke gezondheid.....           | 64        |
| 7.8.3    | Risico van dodelijke slachtoffers .....               | 65        |
| 7.9      | Economische groeiscenario's .....                     | 66        |
| 7.10     | Overzicht .....                                       | 68        |
| 7.11     | Analyse.....                                          | 72        |
| 7.12     | Validatie .....                                       | 73        |
| 7.12.1   | Vastgoedwaarde .....                                  | 73        |
| 7.12.2   | Contante baten .....                                  | 74        |
| <b>8</b> | <b>KUSTBESCHERMING BERGEN AAN ZEE.....</b>            | <b>75</b> |
| 8.1      | De versterkingsmaatregelen .....                      | 76        |
| 8.2      | Aanlegvolumes.....                                    | 76        |
| 8.3      | Onderhoudsvolumes .....                               | 77        |
| 8.3.1    | Dwarstransport .....                                  | 77        |
| 8.3.2    | Langstransport .....                                  | 78        |
| 8.4      | Kosten .....                                          | 78        |
| <b>9</b> | <b>RESULTATEN.....</b>                                | <b>80</b> |
| 9.1      | De baten van kustverdediging .....                    | 81        |
| 9.1.1    | Veiligheidsniveau van bebouwing naar 1/10.000 .....   | 81        |
| 9.1.2    | Veiligheidsniveau van bebouwing naar 1/4.000.....     | 82        |
| 9.2      | Verhouding tussen baten en kosten.....                | 85        |
| 9.2.1    | Oude methodes .....                                   | 85        |
| 9.2.2    | Nieuwe methode .....                                  | 86        |



|           |                                                     |            |
|-----------|-----------------------------------------------------|------------|
| <b>10</b> | <b>DISCUSSIE EN CONCLUSIES .....</b>                | <b>89</b>  |
| 10.1      | Discussie.....                                      | 89         |
| 10.1.1    | Discussie duinafslag .....                          | 89         |
| 10.1.2    | Discussie golfoverslag .....                        | 90         |
| 10.1.3    | Discussie salt spray .....                          | 92         |
| 10.1.4    | Ontwikkelingen in het onderzoeksgebied .....        | 92         |
| 10.1.5    | Dubbeltelling van risicoperceptie .....             | 93         |
| 10.1.6    | Economische waarde .....                            | 94         |
| 10.1.7    | Verdisconteren van toekomstige kosten en baten..... | 95         |
| 10.1.8    | Overige Nederlandse kustplaatsen .....              | 95         |
| 10.1.9    | Toepassing in buitenlandse projecten .....          | 96         |
| 10.2      | Conclusies .....                                    | 97         |
| 10.2.1    | Algemeen .....                                      | 97         |
| 10.2.2    | Conclusies casestudy Bergen aan Zee .....           | 99         |
| <b>11</b> | <b>AANBEVELINGEN .....</b>                          | <b>102</b> |



**BIJLAGEN**

**BIJLAGE A   LITERATUUR .....105**

**BIJLAGE B   INTERNET BRONNEN .....109**

**BIJLAGE C   GERAADPLEEGDE PERSONEN .....110**

**BIJLAGE D   BEGRIPPEN EN DEFINITIES .....111**

**BIJLAGE E   MONETAIRE EVALUATIEMETHODEN .....113**

**BIJLAGE F   VERDISCONTEREN .....115**

**BIJLAGE G   INDEXATIE.....117**

**BIJLAGE H   COMMISSIE POELMANN .....118**

**BIJLAGE I   AFBAKENING ONDERZOEKSGBIED .....119**

**BIJLAGE J   INVLOEDSSFEER DUINAFSLAG.....120**

**BIJLAGE K   GOLFOVERSLAG EN SALT SPRAY .....123**

**BIJLAGE L   HUISHOUDEN EN INFRASTRUCTUUR.....128**

**BIJLAGE M   BEDRIJVEN IN BERGEN AAN ZEE.....129**

**BIJLAGE N   ONDERBOUWING VAN DE SCHADEFACTOR.....130**

**BIJLAGE O   NIET GEBRUIKSWAARDE VAN NATUUR .....136**

**BIJLAGE P   KWALITEIT VAN HET STRAND .....138**

**BIJLAGE Q   VERSTERKINGSMAATREGELEN .....140**

**BIJLAGE R   BEREKENING VERWACHTE DUINAFSLAG.....142**

**BIJLAGE S   SCHADE BIJ VEILIGHEIDSNIVEAU 1 / 4.000.....144**

**BIJLAGE T   SLACHTOFFER- EVACUATIEMETHODE.....147**

**BIJLAGE U   OVERZICHTSKAART BERGEN AAN ZEE.....154**



# 1

## Inleiding

### 1.1

#### Achtergrond

Nederland leeft met het water en vecht tegen het water. De gunstige ligging aan de Noordzee en de rivierendelta hebben Nederland een enorme economische welvaart bezorgd. Dezelfde ligging maakt het land kwetsbaar voor overstromingen. Sinds mensenheugenis veroorzaken overstromingen vanuit zee leed en economische schade. Gaandeweg is Nederland zich gaan wapenen tegen de zee. Dit gevecht legt een aanzienlijk beslag op onze middelen. Zolang de balans tussen uitgaven aan bescherming en inkomsten uit economische activiteiten echter positief blijft uitvallen, zullen op de scheidslijn van land en zee economische activiteiten ontplooid blijven worden.

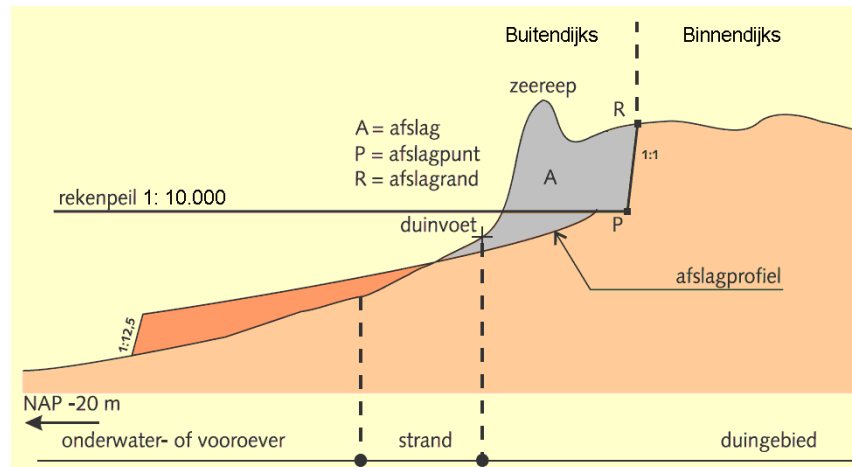
Nederland wordt tegen overstromingen vanuit zee beschermd door een keten van dijken, duinen en kunstwerken. In de Wet op de Waterkering (Wow) is vastgelegd dat binnen deze kering een minimaal veiligheidsniveau dient te worden gehandhaafd. Of de keringen dit niveau garanderen wordt getoetst aan de hand van de vijfjaarlijks herziene hydraulische randvoorwaarden (HR). Deze voorwaarden beschrijven per kustvlak de stormcondities die gemiddeld gezien een overschrijdingskans hebben gelijk aan de veiligheidsnorm van het achterland (Schierck, 1998). Voor de provincies Noord- en Zuid-Holland is deze norm 1/ 10.000 per jaar, voor minder dichtbevolkte gebieden bedraagt deze 1/ 4.000 of 1/ 2.000 per jaar. De zwaarste storm die de kering gegarandeerd moet kunnen keren wordt de maatgevende of normstorm genoemd.

Het buitendijkse verstedelijkte gebied vormt een aandachtspunt in onze kustverdediging. Dit zijn de kustplaatsen die historisch zo gegroeid zijn dat ze geheel of gedeeltelijk buiten de zeekering liggen. Hierdoor zijn ze extra kwetsbaar voor stormen waartegen het achterland wel beschermd blijft. Bewoners van deze gebieden krijgen zodoende vaker te maken met stormschaad. Figuur 1.1 toont de opbouw van de kustzone en de scheidslijn tussen binnen- en buitendijks gebied zoals deze in dit onderzoek gehandhaafd wordt.

**Figuur 1.1**

Het onderzoeksgebied is het verstedelijkte kustgebied waar stormschade optreedt tijdens stormen met een herhalingsijd van minder dan 10.000 jaar.

Bron: RIKZ, Nielen-Kiezebrink, 2005



*Buitendijks gebied is het gebied waarvoor geen wettelijke veiligheidsnorm is vastgesteld. Dit zijn de gebieden op en zeewaarts van de zeekering (RIKZ, Nielen-Kiezebrink, 2005).*

De overheid is niet verplicht een veiligheidsniveau te handhaven in het buitendijks gebied. Hetgeen een logisch gevolg is van het feit dat de gebieden buiten de wettelijk bepaalde beschermingszone liggen. Echter, deze kustplaatsen vormen wel een belangrijke toeristische attractie en vertegenwoordigen een significante economische en culturele waarde (Poelmann, 2005). Dit kan leiden tot de onwenselijke situatie dat in een economisch actief en interessant gebied niet het veiligheidsniveau wordt gehandhaafd wat gezien de verwachte schade tot een sociaal-economisch optimum leidt.

In haar advies aan de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat concludeert de commissie Bescherming en Ontwikkeling van Buitendijks Gebied in Kustplaatsen (Poelman, 2005) dat de economische belangen in het kader van "good governance", ondanks het ontbreken van een wettelijke plicht, een vast veiligheidsniveau rechtvaardigen. Zie verder ook Bijlage H. Hiermee staat de deur open voor versterkingsmaatregelen ten behoeve van de buitendijkse verstedelijkte gebieden. Dit sluit echter niet uit dat alleen dan tot een versterking wordt overgegaan indien de schade die wordt voorkomen door versterking opweegt tegen de aanleg- en onderhoudskosten. Figuur 1.2 toont de kustplaatsen langs de Nederlandse kust waar aanzienlijke economische belangen buitendijks liggen.

**Figuur 1.2**

*In de risicozones bevinden zich veel functies binnen het invloedsgebied van zware stormen.*

*Bron: Nielen-Kiezebrink (2005)*



## 1.2

### Kader

Dit verslag beschrijft een methode om voor de buitendijkse verstedelijkte gebieden het sociaal-economisch risico van zeer zware stormen te bepalen. De methode kan dienen als beslissingsondersteunend instrument wanneer wordt overwogen om over te gaan tot het beschermen van deze kustplaatsen. Voor een economisch verantwoorde kustversterking dient de schade, die als gevolg van het ontbreken van de versterking wordt verwacht, minimaal op te wegen tegen de aanleg- en onderhoudskosten.

Dergelijke kosten-batenanalyses zijn in het verleden reeds uitgevoerd voor een aantal kustplaatsen. Hierbij blijft de batenanalyse vrijwel beperkt tot het inschatten van de voorkomen vastgoedschade aan woningen en bedrijven. Deze berekeningen tonen aan dat versterkingskosten vaak een factor twee tot vijf groter zijn dan de verwachte schade met als gevolg dat versterkingsprojecten als onrendabel worden gezien (Nieuwenhuijzen en Planteijdt, 2005). De gevolgen voor bewoners persoonlijk, voor directe omwonenden, recreanten en bijvoorbeeld natuur worden echter niet besproken, laat staan economisch gewaardeerd. Juist deze elementen vertegenwoordigen in de buitendijkse gebieden een aanzienlijke waarde en dienen voor een goede afweging kwantitatief opgenomen te worden in de kosten-batenanalyse.



Tot nu toe wordt bij het waarderen van buitendijkse verstedelijkte gebieden de economische waarde van het gebied systematisch onderschat. Als gevolg hiervan wordt ook het stormrisico, de jaarlijks te verwachten schade ten gevolge van zeer zware stormen, ondergewaardeerd. Deze onderwaardering kan leiden tot de (sociaal-economisch) ongewenste situatie dat er gemiddeld gezien jaarlijks meer schade optreedt in de buitendijkse kustgebieden dan dat het jaarlijks kost om deze schade te voorkomen dan wel aanzienlijk te verminderen.

De huidige aanpak schiet op twee fronten tekort.

- Bij het beoordelen van kustversterkingsprojecten doormiddel van een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) wordt onvoldoende aandacht besteed aan tal van sociaal-economische gevolgen van zeer zware stormen. De huidige analyses beperken zich veelal tot schade aan woningen en bedrijven en laten de meerwaarde voor het toerisme, natuurwaarden en tal van andere economisch waardeerbare effecten buiten beschouwing.
- De tweede tekortkoming zit in de wijze waarop schade wordt veroorzaakt. In risicostudies van onder andere Nielen-Kiezebrink (2005) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005) wordt primair gekeken naar de gevolgen van duinafslag. Hoewel duidelijk is dat dit schademechanisme tijdens een zware storm de belangrijkste veroorzaker van schade zal zijn, kan niet uitgesloten worden dat er schade optreedt aan de hand van een tweede of derde mechanisme, zoals inundatie door golfoverslag en verzilting door saltspray. Hoe deze mechanismen zich verhouden tot duinafslag, wat de ruimtelijk verdeling van de bijhorende invloedssfeer is en in welke mate zij schade aanrichten in de kustzone is nog onbekend.



## 1.4

### Doelstelling

#### **Hoofddoelstelling**

De baten van kustverdediging voor het buitendijkse verstedelijkte gebied langs de zandige kust inzichtelijk maken door de sociaal-economische waarde van het gebied in kaart te brengen en mogelijke schademechanismen in de risicoberekening op te nemen met als doel een methode op te stellen om een zo transparant en volledig mogelijke beoordeling van kustversterkingsprojecten voor buitendijks verstedelijkt gebied mogelijk te maken.

De sociaal-economische waarde van, voor de kustzone kenmerkende, functies wordt zo specifiek mogelijk gekwantificeerd en gemonetariseerd (in geld uitgedrukt) zodat de relaties tussen fysieke projecteffecten van kustverdediging en de resulterende welvaartsveranderingen zo nauwkeurig mogelijk zijn in te schatten.

#### **Subdoelstelling**

De meerwaarde van de nieuwe methode inzichtelijk te maken door het uitvoeren van een kosten-batenanalyse voor aanvullende kustverdediging ter bescherming van het deels buitendijks gelegen Bergen aan Zee.

## 1.5

### Onderzoeksvragen

In deze paragraaf worden de onderzoeksvragen geformuleerd om de doelstellingen uit paragraaf 1.4 te behalen. Daarbij zijn subdoelstelling gesteld voor verdere detaillering van het onderzoek. De vragen zijn opgedeeld in drie categorieën. Methode, analyse en conclusies.

#### **Methode**

1. Welke processen spelen zich af in de kustzone gedurende een stormvloed en dragen bij of kunnen bijdragen aan de stormschade in het buitendijkse gebied?
  - a) Wat is het invloedsgebied van deze schademechanismen en met welke frequentie treden deze mechanismen op?
  - b) Wat is het aandeel in de schade per mechanisme?



2. Hoe is de sociaal-economische waarde van het buitendijkse kustgebied opgebouwd?
  - a) Welke functies aanwezig in de kustzone bepalen de sociaal-economische waarde van het buitendijkse gebied?
  - b) Hoe kunnen deze functies vertaald worden naar een sociaal-economische waarde?
3. Wat is de verwachte welvaartsvermindering als gevolg van stormschade in het buitendijks verstedelijkt gebied?
  - a) Hoe worden de sociaal-economische waarden aangetast door de schademechanismen?
  - b) Hoe kan het aantal slachtoffers en gewonden worden als gevolg van een zware storm worden bepaald?

### **Analyse**

4. Wat leert een vergelijking tussen de batenraming op grond van de huidige methoden en een batenraming op grond van de toegevoegde elementen over de geldigheid en het onderscheidend vermogen van de nieuwe aanpak aangaande stormschade in buitendijks gebied??
  - a) Op welke wijze zijn de oude methodes te vergelijken met de nieuw ontwikkelde methode?
  - b) Hoe wordt in het buitenland omgegaan met indirect te monetariseren welvaartseffecten van kustverdediging?
  - c) Welke criteria worden gebruikt bij het beoordelen van de geldigheid van de (deel)resultaten van de methode aangaande het bepalen van stormschade in buitendijks gebied?
  - d) Welke aannames dienen te worden gedaan om de sociaal-economische baten van kustverdediging te kunnen kwantificeren?

### **Conclusies**

5. Welke elementen dienen op grond van deze analyse aan de huidige methode toegevoegd te worden zodat de welvaartseffecten in buitendijks gebied ten gevolge van bescherming tegen schade door een superstorm in voldoende mate gekwantificeerd kunnen worden?
  - a) Wat zijn de baten van kustverdediging voor Bergen aan Zee?
  - b) Hoe verhouden de baten zich ten opzichte van de kosten van mogelijke beschermingsvarianten (rendement)?
  - c) (Onder welke omstandigheden) is kustverdediging voor buitendijks gebied economisch rendabel?
  - d) Welke gevolgen voor het kustbeleid kunnen de resultaten van dit onderzoek teweegbrengen?

***Fysische mechanismen***

Voor dit onderzoek is een macro analyse van de schademechanismen in de kustzone voldoende. Duinafslag wordt beschreven aan de hand van afslagberekeningen welke resulteren in afslaglijnen. Naast duinafslag zijn, golfoverslag en salt spray geïdentificeerd als mogelijke veroorzakers van schade in het onderzoeksgebied. Omdat deze mechanismen niet eerder in schadeberekeningen zijn opgenomen wordt aan deze mechanismen oppervlakkig gerekend om orde van grote schattingen te kunnen verrichten. Diepgaand onderzoek blijft achterwege.

***Onderzoeksgebied***

Het onderzoeksgebied betreft de buitendijkse verstedelijkte gebieden. In dit onderzoek worden als buitendijkse gebieden aangeduid die gebieden die fysiek getroffen worden door de schademechanismen tijdens stormvloed met een overschrijdingskans groter dan de veiligheidsnorm. De achterliggende gedachte hierbij is dat de primaire kering gegarandeerd bescherming biedt tegen stormen met een overschrijdingskans groter dan de veiligheidsnorm. Bij stormvloed met een overschrijdingskans kleiner dan de veiligheidsnorm is de veiligheid van het achterland niet meer te garanderen. Een doorbraak van de Noord- of Zuid-Hollandse primaire kering resulteert in zodanig veel schade dat de bijkomende buitendijkse schade verwaarloosd mag worden (VNK, 2005). Zie ook Bijlage I, afbakening van het onderzoeksgebied. De meerwaarde van dit onderzoek is dus alleen dan relevant wanneer het achterland niet overstroomt.

***Zeespiegelstijging***

Door de verwachte zeespiegelstijging zal het veiligheidsniveau in de kustzone de komende decennia afnemen. De exacte gevolgen daarvan voor het economisch rendement van kustverdedigingsprojecten zijn tot op heden echter moeilijk te kwantificeren. Het risicovergroterende effect wordt zodoende in eerste instantie niet in de methode opgenomen. De gevolgen hiervan worden wel besproken.



## 1.7

### Onderzoeksopzet

Er wordt een inventarisatie gemaakt van de functies van de kustzone alsmede van de goederen en diensten die de kustzone voortbrengt. Aan de hand van bestaande, gevestigde standaardmethoden van onder andere Barendregt en Huizinga (2004) en Briene et al. (2002) en met behulp van diverse waarderingsmethoden waaronder Ruijgrok et al. (2006) wordt de sociaal-economische waarde van de risicozone in kaart gebracht. Daarnaast wordt een aantal niet eerder meegenomen economische gevolgen van stormschade geïntroduceerd welke met behulp van vuistregels en kentallen worden gemonetariseerd.

Er wordt onderzocht of het buitendijkse gebied tijdens zware stormen met andere schademechanismen dan duinafslag geconfronteerd kan worden. Daarvoor worden een tweetal processen nader bekeken: golfoverslag en salt spray. Onderwerp van studie zijn de ruimtelijke verdeling van de invloedssfeer als functie van de stormintensiteit en de fysieke gevolgen van de mechanismen.

#### **Casestudy**

Aan de hand van een casestudy wordt de bijdrage van de geïntroduceerde elementen bestudeerd. De jaarlijks te verwachte stormschade in Bergen aan Zee bij de huidige staat van de zeewering zal als uitgangspunt dienen voor de beoordeling van een tweetal versterkingsvarianten. De meerwaarde van de vernieuwde methode zal mede worden bediscussieerd door het economisch rendement van de versterkingen te vergelijken met rendementscijfers van reeds uitgevoerde studies.

Hoewel dit onderzoek zich richt op het opstellen van een algemene methode voor het berekenen van de sociaal-economische baten van kustverdediging in het buitendijkse verstedelijkte gebied zal door het verslag heen naar Bergen aan Zee gerefereerd worden.

Tenslotte wordt de hernieuwde methode besproken waarbij aandacht uit zal gaan naar de relevantie van de individuele toevoegingen.



## 1.8

### Leeswijzer

Hoofdstuk 2 bespreekt de betekenis en de opbouw van het risico als gevolg van de positie buiten de primaire kering. Een eerste opzet wordt gegeven voor een methodiek voor risicoberekeningen met meerde schademechanismen.

Hoofdstuk 3 beschrijft de schademechanismen voor de casestudy Bergen aan Zee.

Hoofdstuk 4 kwantificeert de economische schade aan huishoudens, infrastructuur en bedrijven. Hierbij wordt sterk geleund op de methode van Briene et al. (2002).

Hoofdstuk 5 vormt de voornaamste uitbreiding op de huidige risicoberekening. De economische waardering van welvaartseffecten zonder marktprijs wordt in dit hoofdstuk gekwantificeerd.

Hoofdstuk 6 biedt ruimte voor het kwantificeren en monetariseren van immateriële schade.

Hoofdstuk 7 behandelt de casestudy Bergen aan Zee. Dit kustplaatsje aan de Noord-Hollandse kust loopt een aanzienlijk risico als gevolg van duinafslag. De huidige rendementsberekening tonen als gevolg van structurele onderschattingen geen goed beeld van het nut van kustverdediging.

Hoofdstuk 8 behandelt de aanleg- en onderhoudskosten van een tweetal beschermingsmaatregelen voor Bergen aan Zee.

Hoofdstuk 9 vergelijkt de kosten en baten met elkaar en geeft zodoende de resultaten van het onderzoek weer.

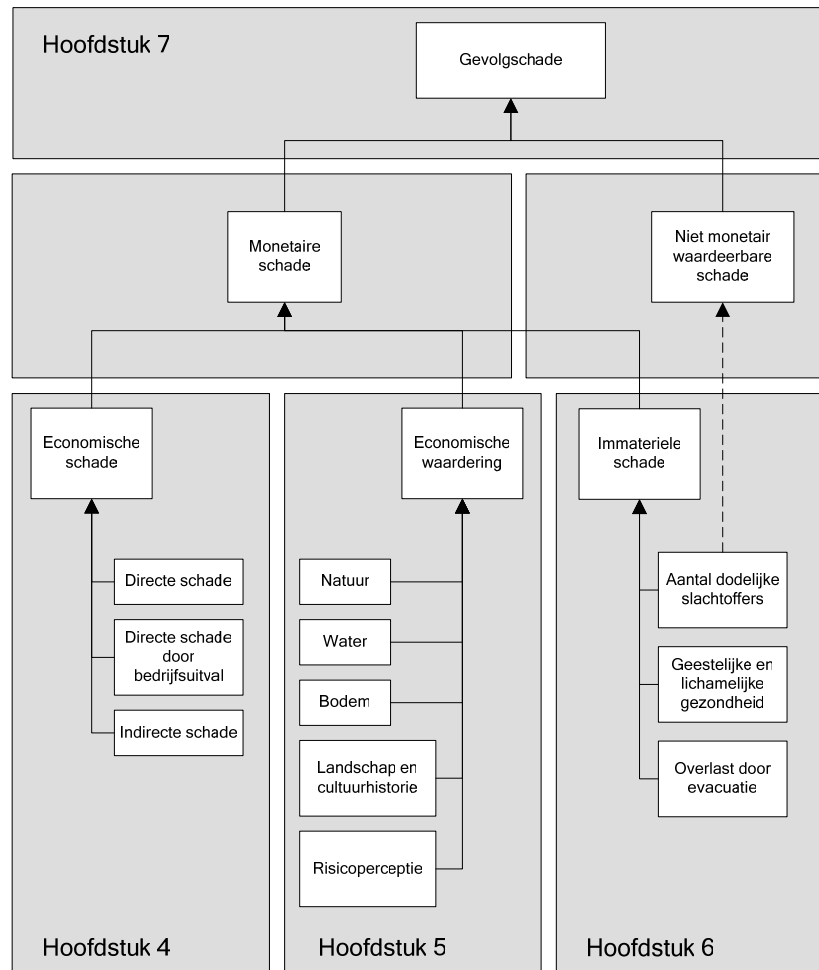
Hoofdstuk 10 geeft ruimte voor een discussie en de conclusies. De resultaten worden geïnterpreteerd en de consequenties van enkele aannames op het eindresultaat passeren de revue.

Hoofdstuk 11 geeft op basis van ervaringen uit het onderzoek, de conclusies en de discussie een aantal aanbevelingen aan de lezer mee. Zo kunnen vervolgstappen gezet worden om de sociaal economische baten van kustverdediging voor buitendijks gebied nog beter te benaderen.

Figuur 1.3 toont de onderverdeling van de gevolgschade van zeer zware stormen in het kustgebied. Hoofdstuk 4 beschrijft de economische schade zoals die in de huidige methodes wordt meegenomen in de risicoberekeningen. Hoofdstuk 5 en 6 presenteren de aanvulling aan de gevolgschade van de risicoberekening door invulling te geven aan het kwantificeren en monetariseren van welvaartsveranderingen ten gevolge van zeer zware stormen.

**Figuur 1.3**

*Schematische weergave van de opbouw van stormschade. De huidige monetaire schadeberekening wordt uitgebreid met de economische waardering van projecteffecten waar geen directe marktprijs voor bestaat. Niet monetaire schade, per definitie niet in geld uit te drukken, kan als PM worden meegenomen.*





## 2

## Methodiek

### 2.1

### Kustverdediging voor buitendijks gebied

Door het versterken van zandige waterkeringen neemt de kans op schade af. Voor buitendijks verstedelijkt gebied echter bieden het landwaarts versterken en consolideren van de zandige waterkering geen bijdrage aan het verkleinen van de kans op schade omdat het betreffende gebied zich voor of op de kering bevindt (zie Figuur 1.1). Strand- en vooroeversuppleties of een zeewaartse versterking kunnen de afslaglijn in deze gebieden wel verder terugdringen en zodoende de kans op schade verkleinen.

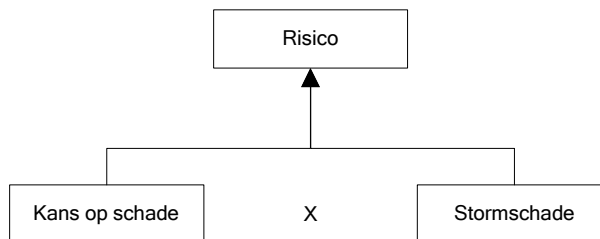
#### 2.1.1

#### Risicobeheersing

Risico wordt gedefinieerd als de kans van optreden maal het gevolg. Het risico representeert in deze studie het jaarlijks te verwachte gevolg. Voor risico in de kustzone komt dit neer op de gemiddelde jaarlijks te verwachte stormschade.

**Figuur 2.1**

*Het stormrisico is het product van de kans op schade en het gevolg van deze schade.*



Aan de hand van de bovenstaande Figuur 2.1 wordt de opbouw van het risico uitgewerkt. In de volgende hoofdstukken worden de processen achter de kans op schade door stormen nader toegelicht en alsmede de wijze waarop de gevolgschade zo volledig mogelijk in kaart gebracht kan worden.

Risico kan op twee manieren worden verkleind. Dit is mogelijk door of de kans op overstromingen te verkleinen door fysieke maatregelen aan de kustwering te treffen, of door de gevolgen (schade en slachtoffers) in te perken. Een combinatie van beide maatregelen is ook denkbaar.



### 2.1.2

### Verantwoording van versterkingsinvesteringen

De gemiddelde verwachte jaarlijkse stormschade (risico) wordt gezien als een jaarlijkse kostenpost behorende bij het heersende veiligheidsniveau in de kustzone. Het verhogen van het veiligheidsniveau voorkomt stormschade wat als baat van de beschermingsmaatregelen gezien wordt. Er hoeft immers een kleinere reservering voor herbouw of compensatie gemaakt te worden.

*De reductie van de verwachte jaarlijkse stormschade, het stormrisico, door middel van investeringen in de waterkering is de jaarlijkse baat ten opzichte van niets doen.*

#### Voorbeeldberekening

Ter illustratie wordt in de onderstaande tekstbox voor een dijkkring de baat van kustversterking berekend. Gekozen is voor een binnendijkse situatie omdat de risicoberekening hierdoor eenvoudiger wordt. Het hele dijkkringgebied heeft, in tegenstelling tot het buitendijkse kustgebied dezelfde kans op schade: de faalkans van de kering.<sup>1</sup>

*Voorbeeldberekening economische baat van versterking van een dijkkringgebied.*

|                            |                                        |
|----------------------------|----------------------------------------|
| <i>Kans op overstromen</i> | <i>gebied A: 1 / 500 per jaar</i>      |
| <i>Economische waarde</i>  | <i>gebied A: 100 miljoen euro</i>      |
| <i>Overstromingsrisico</i> | <i>gebied A: 200.000 euro per jaar</i> |

*Met een versterking van de waterkering voor 100 jaar (levensduur) verkleint de kans op overstromen tot gemiddeld eens in de 4.000 jaar.*

|                            |                                       |
|----------------------------|---------------------------------------|
| <i>Kans op overstromen</i> | <i>gebied A: 1 / 4.000 per jaar</i>   |
| <i>Economische waarde</i>  | <i>gebied A: 100 miljoen euro</i>     |
| <i>Overstromingsrisico</i> | <i>gebied A: 25.000 euro per jaar</i> |

*De jaarlijkse economische baat van de versterkte kering is 175.000 euro. Uitgaande van een discontovoet van 4% (zie Bijlage F) levert de kering over de planperiode van 100 jaar gezien nu een beschermingsbaat tegen overstroming op van ongeveer €4.550.000*

*Zolang de investering aan de kering minder bedraagt dan 4,55 miljoen euro is deze economisch verantwoord.*

<sup>1</sup> De kans dat de topgebeurtenis (het falen van de kering) plaatsvindt is overigens niet zo eenduidig te bepalen. Meerdere faalmechanismen spelen hierbij een rol en de onderlinge afhankelijkheid is niet altijd bekend. De studie Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) heeft tot doel deze faalkansen per dijkkringgebied inzichtelijk te maken.

In deze paragraaf wordt het risico in buitendijks gebied besproken. Daarbij wordt bedoeld op het risico van de fysieke effecten in het buitendijkse gebied welke optreden ten gevolge van zeer zware stormen.

Voor buitendijks gebied is de kans op schade en daarmee het risico minder eenvoudig te berekenen dan voor binnendijks gebied. Niet alleen treedt er stormschade op bij het falen van een kering, ook stormen, waarvan de kans van optreden groter is dan de gestelde veiligheidsnorm van het achterland, kunnen in het buitendijks gebied schade tot gevolg hebben. Bouwwerken en functies in de duinen kunnen immers al aangetast worden zonder dat het duin zijn kerende functie verliest. Hoe groot de schade is hangt af van de schademechanismen en de bebouwing in en de functies van het betreffende gebied.

Per onderzoeksgebied dient bekeken te worden welke mechanismen tijdens een zware storm schade kunnen aanrichten. In dit onderzoek worden naast duinafslag (paragraaf 3.1) ook golfoverloop (paragraaf 3.2) en salt spray (paragraaf 0) nader bekeken omdat deze mogelijk schade veroorzaken in Bergen aan Zee.

De invloedssfeer van de schademechanismen hangt direct af van de intensiteit van een storm. Hoe intenser de storm des te groter de impact op de kustzone. De verwachte schade op een specifieke locatie in het dwarsprofiel is afhankelijk van het ter plaatse maatgevende schademechanisme en de kans dat het mechanisme optreedt.

***Herhalingstijd***

*De herhalingstijd van een storm is de gemiddelde periode voordat de storm in intensiteit wordt geëvenaard of overtroffen. Hoe zwaarder de storm des te langer, statistisch gezien, de herhalingstijd. De herhalingstijd en diens reciproque, de overschrijdingskans per jaar, zijn zodoende een maat voor de intensiteit van een storm.*

***Het maatgevende mechanisme***

Op een specifieke locatie kan gedurende een storm maar één mechanisme tot schade leiden. Dit is het maatgevende mechanisme. Valt een locatie binnen de invloedssfeer van duinafslag dan overtreft dit eventuele schade als gevolg van golfoverslag en salt spray. Golfoverslag overtreft op zijn beurt de gevolgen van salt spray. De (effectieve) invloedssfeer van een mechanisme is zodoende gedefinieerd als het gebied waar het betreffende mechanisme maatgevend is.

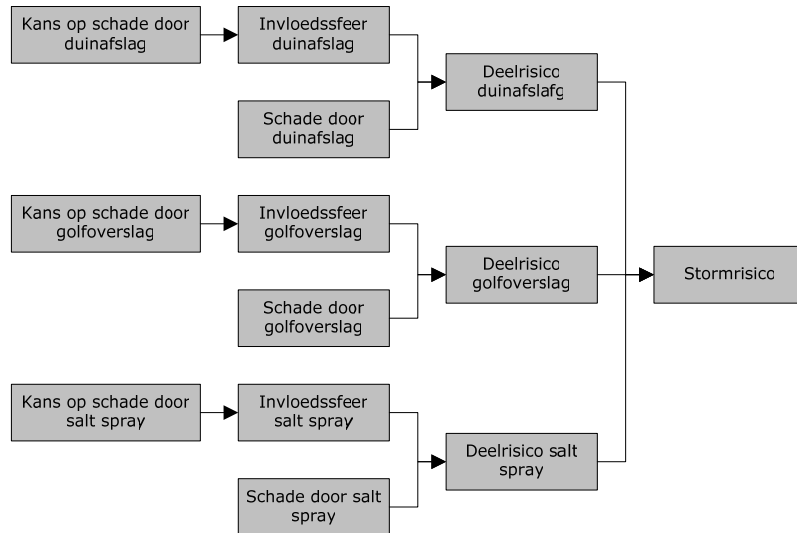
### 2.2.1

### Opbouw van het risico

Figuur 2.2 toont de opbouw van het (storm)risico in Bergen aan Zee.

**Figuur 2.2**

*Schematisch overzicht van het risico in buitendijkse gebied. Het risico is een functie van drie deelrisico's als gevolg van het mogelijk optreden van de schade mechanismen in de buitendijkse kustzone.*



Voor de risicoberekening zijn een drietal elementen onmisbaar. De overschrijdingskans per mechanisme, de waarde van het gebied en een schadefunctie welke per de schade aan de aanwezige waarde bepaald afhankelijk van het maatgevende schademechanisme.

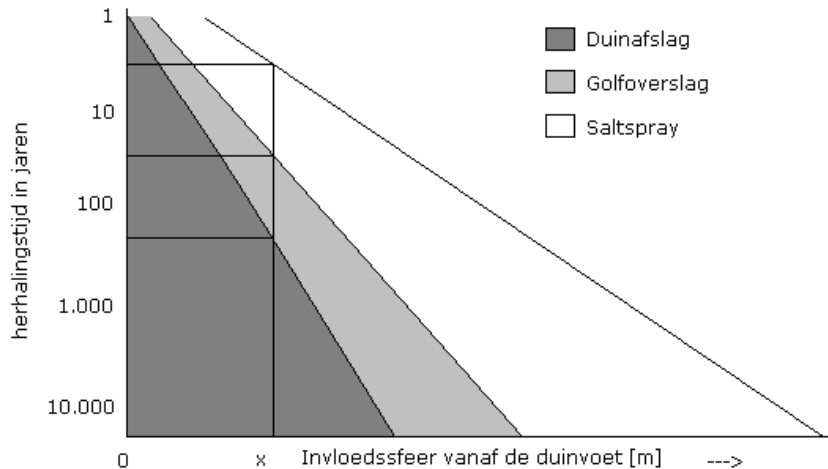
#### **Invloedssfeer schademechanismen**

De relatie tussen de invloedssfeer en de kans van optreden van de individuele schademechanismen moet bekend zijn. Uit deze relatie is op te maken tot welk punt de invloed van een mechanisme landwaarts reikt gegeven een bepaalde herhalingstijd. De invloedssfeer van de schademechanismen is afhankelijk van de stormzwaarte en het kust- en duinprofiel.

Figuur 2.3 schematiseert de overschrijdingskansen van de individuele schademechanismen in relatie tot de landwaartse postie. Als uitgangspunt wordt de invloedssfeer van duinafslag gekozen. De invloedssfeer van golfoverslag bevindt zich per definitie landwaarts van de afslagzone. Hoever deze zone reikt is sterk afhankelijk van lokale omstandigheden als de hoogte van het maaiveld, oplopende of aflopende bodem, het percentage verharding en de aanwezigheid van obstakels. De invloedssfeer van salt spray is afhankelijk van de hoeveel waterdeeltjes (door golfbreking en turbulentie) in de lucht en de windsterkte. In Bijlage J en Bijlage K wordt een schatting gemaakt van de invloedssfeer van de schademechanismen.

**Figuur 2.3**

*Geschematiseerde invloedssfeer van de individuele schade mechanismen. Bij gelijke stormintensiteit zullen golfoverslag en salt spray verder landinwaarts reiken dan duinafslag.*



In een zandige kust is duinafslag het primaire schademechanisme. Het poreuze karakter van duinzand zorgt voor snelle infiltratie van eventueel oplopende golven. Door het verharde oppervlak in verstedelijkt gebied speelt golfoverslag hier mogelijk een prominentere rol dan tot nu toe verwacht.

*De invloedssfeer van salt spray bereikt locatie x bij stormen met een herhalingstijd van meer dan 3 jaar. Bij stormen met een herhalingstijd van 40 jaar en meer overheerst het schademechanisme golfoverslag. Bij stormen met een herhalingstijd van gemiddeld 300 jaar of meer is duinafslag maatgevend.*

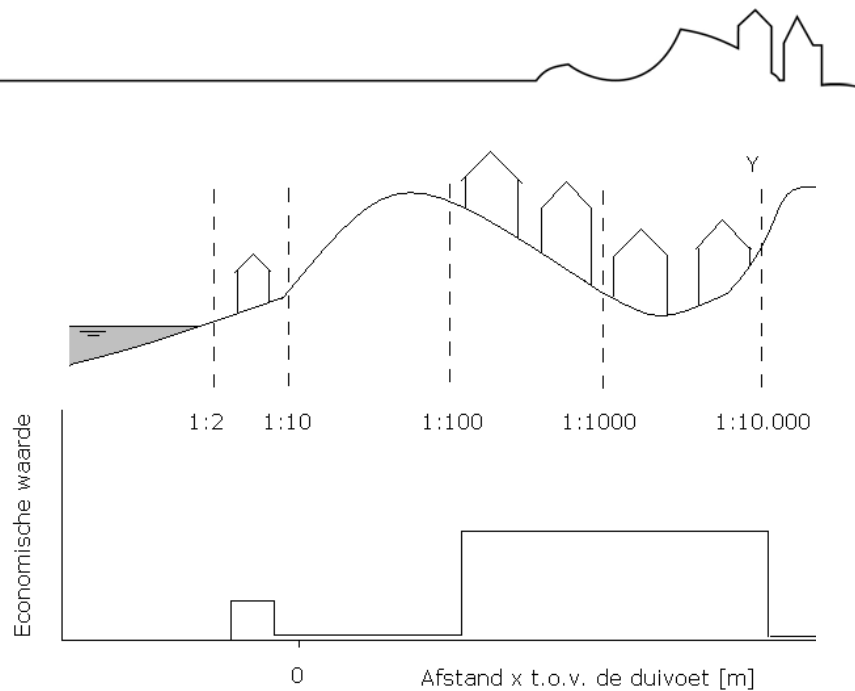
*Voor locatie x is de kans op schade jaarlijks  $1/3$ ; waarvan  $(1/3 - 1/40 = 37/120)$  door salt spray,  $(1/40 - 1/300 = 13/600)$  door golfoverslag en  $1/300$  door duinafslag.*

### **Sociaal-economisch waardeprofiel kustgebied**

Een waardeprofiel toont de grootte van de aanwezige sociaal-economische waarden en waar deze zich bevinden. Idealiter is dit profiel een 2-dimensionaal GIS-bestand met een zo hoog mogelijke resolutie met meerdere gebruikslagen. Zo zijn verschillende functies te onderscheiden waardoor functieafhankelijke schadeberekeningen gemaakt kunnen worden. Iedere functie (wonen, infrastructuur, natuur etc.) wordt immers op een andere wijze aangetast door een schademechanisme. Figuur 2.4 illustreert een globaal waardeprofiel van een kustplaats.

**Figuur 2.4**

Positie van contourlijnen in een kustgebied (boven). Opbouw van het sociaal-economische waardeprofiel (onder). Hoe hoger het gewenste detail, des te meer informatie over woningprijzen en ruimtelijke inrichting benodigd is.

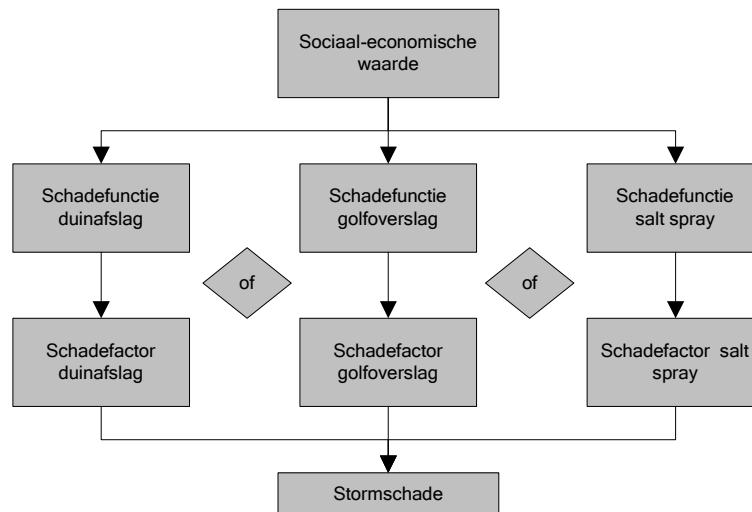


### Schadefuncties mechanismen

Ten derde moet het effect van de individuele schademechanismen op de aanwezige sociaal-economische waarden bekend zijn. Dit is de vertaalslag van de aanwezige sociaal-economische waarde in de kustzone naar de schade als gevolg van het optredende mechanismen. Dit effect komt in schadeberekeningen tot uiting door gebruikmaking van een schadefunctie ten opzichte van de maximale schade. Waarbij de maximale schade wordt gelijkgesteld aan de waarde van het gebied (bij totale vernieling is de restwaarde van het gebied nul). Omwille van de eenvoud van de berekeningen wordt de schadefunctie per schademechanisme vervangen door een schadefactor  $\gamma_{\text{mechanisme}}$  (zie Bijlage N).

**Figuur 2.5**

Vereenvoudiging van de schadeberekening. Economische waarde op een locatie wordt aangetast door één van de mechanismen. Om hydrodynamische berekeningen te vermijden, vervangt een vaste schadefactor de schadefunctie. Zie ook Bijlage N.



## 2.2.2

### Berekening van het stormrisico

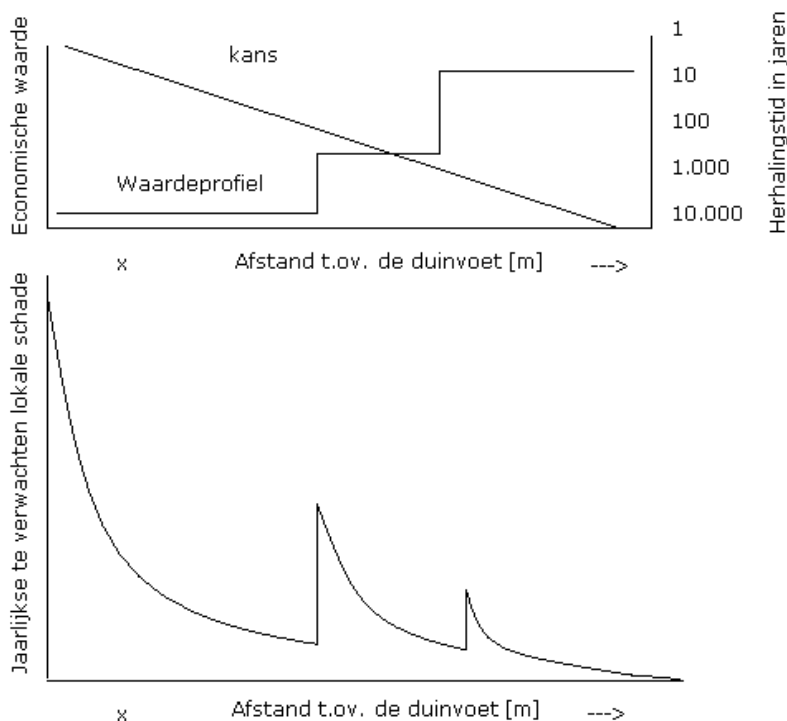
Bij de berekening van de risico's per schademechanisme wordt de economische schade per mechanisme vermenigvuldigd met de kans dat die schade optreedt. Een sommatie van het deelrisico over alle herhalingstijden van 1 tot 10.000 jaar (per definitie de grens van het onderzoeksgebied) geeft het totale risico. Deze aanpak heeft als nadeel dat het economische waardeprofiel en daarmee indirect de economische schade wel uitstekend als een eenduidige functie van de landwaartse afstand tot de kustlijn te definiëren is, maar niet eenduidig als functie van de herhalingstijd.

Een sommatie van de deelrisico's over de landwaartse coördinaat  $x$  ligt daarom meer voor de hand. De overschrijdingskansen van de schademechanismen is uit te drukken als een functie van  $x$ . Het risico per mechanisme is te berekenen door de kans op schade op locatie  $x$  door een specifiek mechanisme te vermenigvuldigen met de schade door dat mechanisme op locatie  $x$  (Vrijling et al., 2002).

Figuur 2.6 toont de deelrisicoberekening voor het schademechanisme duinafslag. Hierbij wordt een schadefactor van 1 gehanteerd. De schade als gevolg van duinafslag is gelijk aan de sociaal-economische waarde van het gebied.

**Figuur 2.6**

*De afslagkans uitgezet tegen de afstand tot de duinvoet wordt vermenigvuldigd met het waardeprofiel van een kustzone. (Boven) Dit levert het deelrisico op (oppervlak onder de onderste figuur). Door sommatie van risico's per mechanisme wordt het totale risico berekend.*



Het risico per schademechanisme kan berekend worden aan de hand van de volgende vergelijking (Vrijling et al., 2002).

$$Risico = \int_0^n P(x) * \gamma * W(x).dx \quad (1)$$

Waarbij:

$P(x)$  = de functie van de kans op voorkomen per mechanisme.

$W(x)$  = de economische waarde van het kustgebied als functie van de afstand tot de duinvoet.

$n$  = de uiterste landwaartse locatie tot waar het schademechanisme reikt bij een maatgevende (eens per 10.000 jaar) storm.

$\gamma$  = de schadefactor afhankelijk van schademechanisme.

Zodat  $\gamma * W(x)$  de schade op locatie  $x$  door schademechanisme  $\gamma$  weergeeft.

Vanaf waar een schademechanisme maatgevend is, is afhankelijk van de locatie tot waar het overheersende mechanisme reikt. Voor golfoverslag is die ondergrens het punt tot waar duinerosie maatgevend is. Voor salt spray is de ondergrens het punt tot waar golfoverslag of duinerosie reikt.

Hieruit volgt het totale risico:

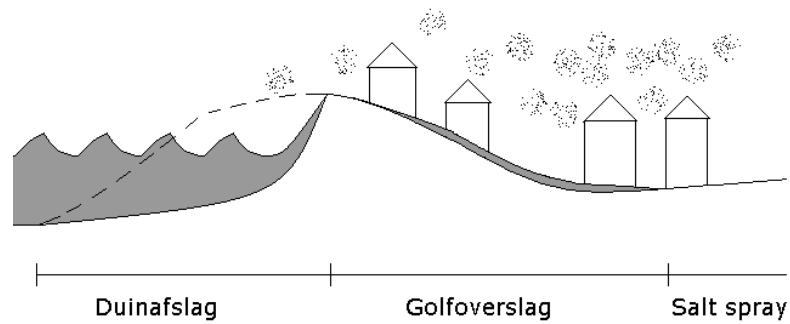
$$Risico_{totaal} = Risico_{afslag} + Risico_{oploop} + Risico_{saltspray} \quad (2)$$

Uitwerken aan de hand van vergelijking (1) levert:

$$\begin{aligned} Risico_{afslag} &= \int_0^{afslagnorm} P_{afslag}(x) * \gamma_{afslag} * W(x).dx \\ Risico_{oploop} &= \int_0^{oploopnorm} P_{oploop}(x) * \gamma_{oploop} * W(x).dx - \\ &\int_0^{afslagnorm} P_{afslag}(x) * \gamma_{oploop} * W(x).dx \\ Risico_{saltspray} &= \int_0^{saltspraynorm} P_{saltspray}(x) * \gamma_{saltspray} * W(x).dx - \\ &\int_0^{oploopnorm} P_{oploop}(x) * \gamma_{saltspray} * W(x).dx \end{aligned} \quad (3)$$

**Figuur 2.7**

Domein van de drie schademechanismen tijdens een zeer zware storm.



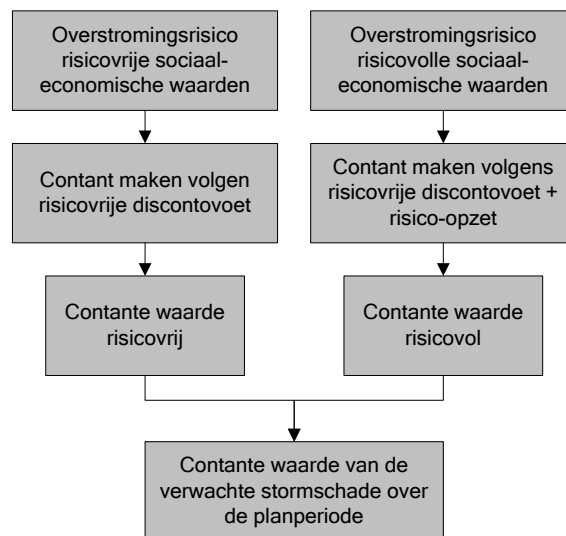
### **Differentiatie bij contant maken van het risico**

Schadeposten waarvan de (prijs)ontwikkeling onderhevig is aan marktwerking (vastgoedwaarde etc) zorgen op de langere termijn voor een grote mate van onzekerheid in de risicoberekening. Bij het contant maken van het jaarlijkse risico's (zie ook Bijlage F) wordt deze onzekerheid verrekend met een risico-opzet. Hiervoor is een discontovoet  $r$  vastgesteld. Risicovrije waarden (weinig onzekerheid in de prijsontwikkeling) worden verdisconteerd met een discontovoet van 4%, risicovolle objecten met een discontovoet van 7%. Dit leidt tot een tweedeling van de risicoberekening op basis van risico-opzet. Enerzijds het risico als gevolg van schade aan risicovrije objecten en functies, anderzijds het risico als gevolg van schade aan risicovolle objecten en functies. Dit pleit voor aparte waardefuncties  $W_{risicovol}(x)$  en  $W_{risicovrij}(x)$ .

**Figuur 2.8**

Berekening van de contante waarde van de stormschade. Jaarlijkse verwachte schade (risico) wordt contant gemaakt aan de hand van discontovoet behorende bij de onzekerheid in de prijsontwikkeling.

Eijgenraam et al. (2000) en Ruijgrok et al. (2006)





## 2.3

### Monetaire evaluatiemethoden

Monetaire evaluatiemethoden dienen ertoe inzicht te verschaffen in de kosten van beleidsmaatregelen en in de effecten die door de betreffende maatregelen worden teweeggebracht (Hellendoorn, 2001). Op basis daarvan kan een afweging tussen kosten en effecten, en daarmee tussen concurrerende beleidsmaatregelen, plaatsvinden. Kenmerkend voor de monetaire methoden is dat de effecten zoveel mogelijk in geld worden uitgedrukt. Monetaire methoden kunnen daarom slechts dan effectief worden gehanteerd indien de projecteffecten in voldoende mate gemonetariseerd kunnen worden. In Bijlage E wordt verder ingegaan op de verschillende monetaire evaluatiemethoden.

#### 2.3.1

##### Maatschappelijke kosten-batenanalyse

De kosten-batenanalyse (KBA) is de primaire monetaire evaluatiemethode van beleidsmaatregelen. Bij een KBA wordt gestreefd naar een systematische weergave van in financiële termen uitgedrukte effecten (kosten en baten) van alternatieve projecten of beleidsmaatregelen. Deze weergave geschiedt in balansvorm. De kosten van het project worden afgewogen tegen de effecten van een project of maatregel. Bij een maatschappelijke benadering wordt gesproken van een sociaal-economische of maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA).

##### ***Nulsituatie, Pro memorie***

Om de kosten en baten van een project vast te stellen, wordt als regel een referentiesituatie in beschouwing genomen. In dit scenario wordt “huidig beleid” gecontinueerd, worden autonome ontwikkelingen meegenomen maar vindt geen projectuitvoering plaats. Dit noemt men de nulsituatie. In de besluitvormingsfase worden voor de beoordeling projectalternatieven met elkaar en met de nulsituatie vergeleken.

Posten die niet in geld kunnen of worden uitgedrukt, worden wel genoemd maar blijven buiten de cijfermatige analyse. Dit worden Pro Memorie posten (PM-posten) genoemd.

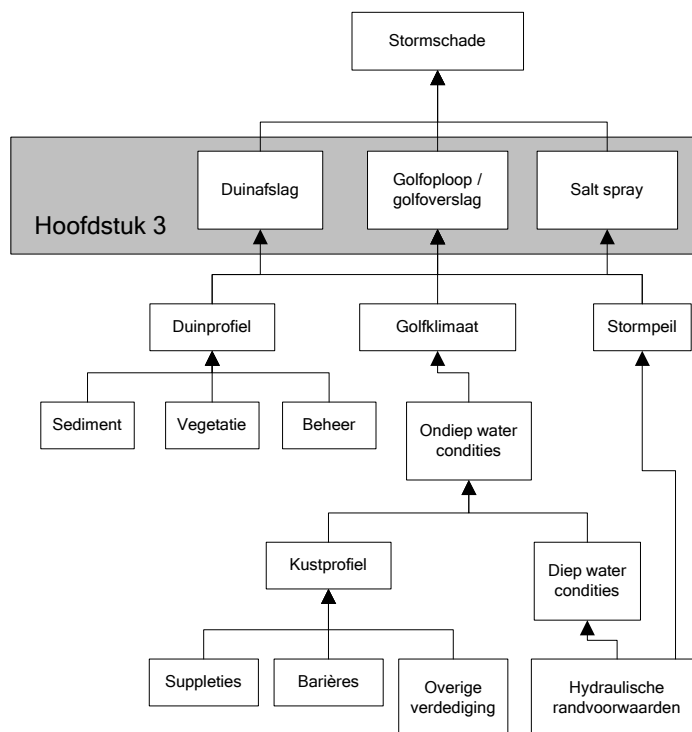
Voor risicoberekeningen moet inzichtelijk gemaakt worden welke processen en mechanismen tijdens een storm aandeel hebben in een mogelijke stormschade in het buitendijkse gebied. Van belang is inzicht te verkrijgen in de reikwijdte, de kans op en de gevolgen van deze processen. Aan de hand hiervan kan immers een inschatting gemaakt worden van de (economische) gevolgen voor het buitendijks gebied. In dit hoofdstuk wordt een inventarisatie van mogelijke schademechanismen gemaakt.

Naast duinafslag worden een tweetal andere schademechanismen geacht van invloed te kunnen zijn op verwachte schade op of voor de kering van. Figuur 3.1 toont een overzicht van de schademechanismen inclusief de belangrijkste parameter waarvan zij afhankelijk zijn.

**Figuur 3.1**

*Opbouw van drie schademechanismen in de kustzone.*

*De figuur toont tevens de achterliggende parameters (Ter info.).*



### 3.1

### Duinafslag

In dit onderzoek wordt gebruikt gemaakt van duinafslagcontourlijnen voor Bergen aan Zee van Klein en Koningsveld (2005). De afslagberekeningen zijn uitgevoerd in DUROSTA van WL | Delft Hydraulics.

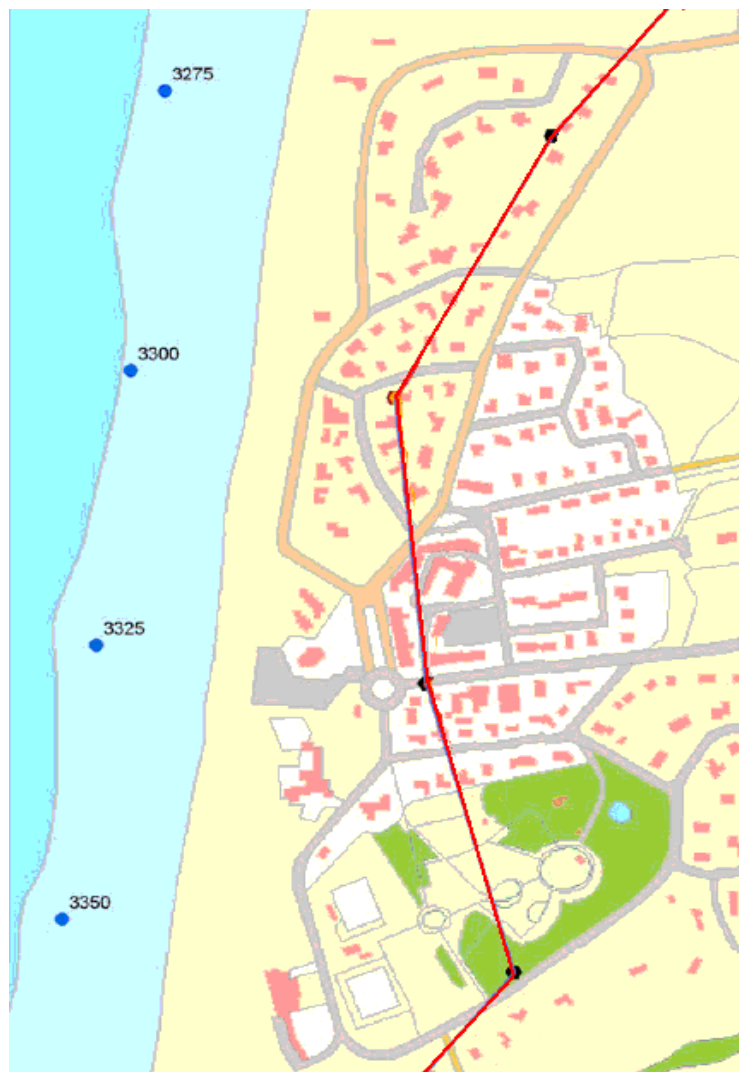
#### **Normafslagzone**

Figuur 3.2 toont de verwachte duinafslag bij een storm met een herhalingsstijd van 10.000 jaar ter hoogte van Bergen aan Zee. Wanneer wordt uitgegaan van een minimaal veiligheidsniveau van 1/10.000 in het binnendijks gebied, kan de afslaglijn uit Figuur 3.2 dienen als begrenzing van het binnendijks gebied. Alle bebouwing zeewaarts van de lijn heeft een grotere kans op stormschade door duinafslag dan eens per 10.000 jaar.

**Figuur 3.2**

*De afslagcontourlijn voor 1/10.000 jaar bij Bergen aan Zee. Per raai wordt de duinafslag een ontwerpstorm berekend. Deze afslagpunten leveren tezamen een overzicht van de afslagzone behorende bij een overschrijdingskans van 1/10.000.*

*Bron: Klein en Koningsveld, 2005.*



## 3.2

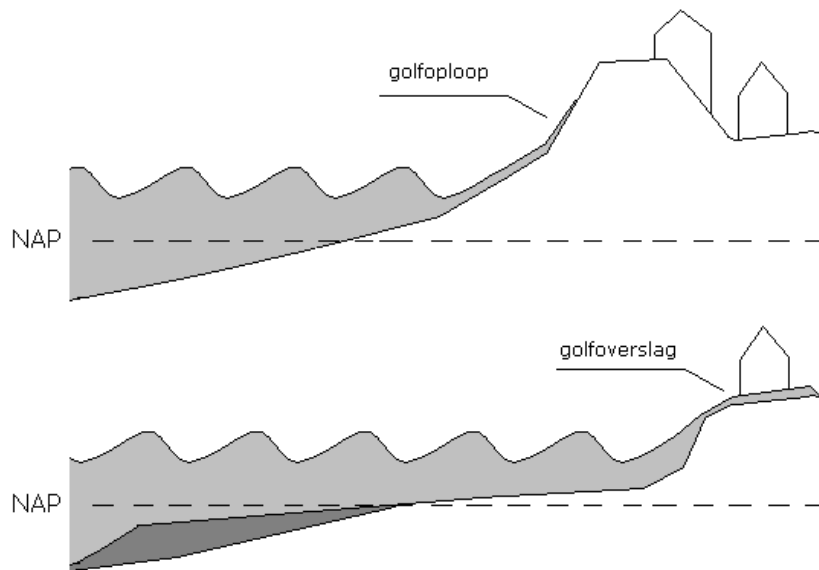
## Golfoverslag

Onder golfoploop wordt het mechanisme verstaan waarbij als gevolg van golfslag een waterfilm tegen een talud oploopt. In situaties met hoogwater en grote golfhoogtes kan deze waterfilm lokaal uitgroeien tot een sterke waterstroom welke ver boven het waterpeil reikt. Golfoverslag is het gevolg van golfoploop tot boven de kruinhoogte. De relevantie van dit mechanisme voor het duingebied is moeilijk in te schatten omdat golven wellicht breken op het steile glijvlak wat wordt veroorzaakt door duinerosie.

Lokale overstroming door golfoverslag nabij het afslagpunt hebben minder desastreuze gevolgen dan volledige duinafslag. De gevolgschade is meer overeenkomstig met de schade bij dijkdoorbraak: afhankelijk van stroomsnelheden en de maximale waterstand. Verder landinwaarts zijn de gevolgen door bijvoorbeeld erosie kleiner omdat de stroomsnelheid afneemt. De waterdiepte neemt af of toe al naar gelang hoe het duingebied is ingericht.

**Figuur 3.3**

*Schematische weergave van het schademechanisme golfoploop en golfoverslag. Golfoverloop speelt vaak pas een rol van betekenis bij lage boulevards of duintoppen.*



Overslag is te verwachten bij relatief lage duinrijen en boulevards of wanneer de duintophoogte als gevolg duinafslag is verlaagd (zie Figuur 3.3). De schade is afhankelijk van zowel het gemiddelde debiet als van het maximale overslagvolume per golf. De hoge stroomsnelheden achter of op de kering kunnen erosieschade veroorzaken.

*Golfoploop en golfoverslag zijn onderling zo afhankelijk dat in het vervolg naar het schademechanisme golfoploop en golfoverslag wordt verwezen met golfoverslag.*

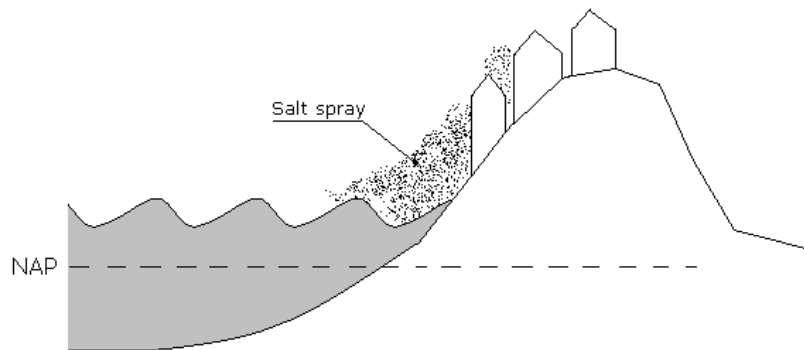
### 3.3

### Salt spray

Gedurende een storm zal zout water in de vorm van salt spray landinwaarts geblazen worden. De hoge mate van turbulentie tijdens de storm vergroot de concentratie zoute waterdeeltjes in de atmosfeer. In combinatie met de landinwaartse verplaatsing van de waterlijn wordt het effect van salt spray in het bebouwde gebied vergroot. De corrosieve werking van zout tast bebouwing, voertuigen, elektronica en elektronische installaties aan. Tevens tast de zoute spray vegetatie en landbouwgronden aan. Deze vorm van verzilting kan langdurige gevolgen voor de plantgroei in het gebied hebben. Uiteraard is de invloed van salt spray alleen van belang in gebieden waar geen golfoverslag of duinafslag plaatsvindt omdat deze mechanismen een veel groter effect op de omgeving hebben. Salt spray wordt meegenomen in deze analyse omdat het invloedsgebied ervan reikt tot ver buiten het daadwerkelijke overstromingsgebied. Hoe langer de storm duurt, des te meer zout water landinwaarts terechtkomt, des te meer schade als gevolg van de salt spray.

**Figuur 3.4**

*Schematische weergave van het schademechanisme salt spray in de buitendijkse zone*



Figuur 1.3 toont in de opbouw van de stormschade een tweedeling tussen economische schade enerzijds en economische waardering anderzijds. In de huidige methoden is het risico slechts gebaseerd op economische schade door directe (fysieke) schade aan bebouwing en infrastructuur en directe en indirecte schade door bedrijfsuitval. Briene et al. (2002) geven een goede handreiking voor het bepalen van deze economische directe en indirecte schade door toedoen van overstromingen. De methode is weliswaar opgesteld voor de schadeberekening van een overstroming binnen de dijkringen, maar met de nodige aanpassingen is ook de stormschade in buitendijks gebied te benaderen.

*De basis voor de benadering van economische schade in het buitendijkse gebied ligt bij de Financiële onderbouwing kengetallen hoogwaterschade (Briene et al. (2002). De methode is aangepast zodat kan worden omgegaan met de omstandigheden die voorkomen in de kustzone tijdens zeer zware stormen.*

## 4.1

### Directe schade

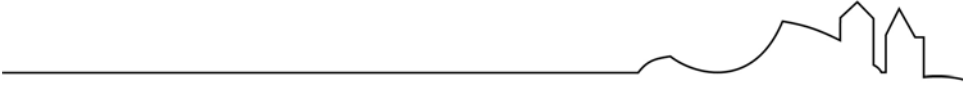
De directe schade is opgebouwd uit de volgende vier onderdelen.

- Schade aan huishoudens (grond, opstalschade, inboedelschade en schade aan voertuigen).
- Schade aan bedrijven (horecaondernemingen, winkels, hotels en overige bedrijven).
- Schade aan infrastructuur (wegen, riolering en straatmeubilair).
- Schade aan overige bouwwerken (kerken, overheidsgebouwen, gemalen, vuurtorens etc.).

#### 4.1.1

##### Huishoudens

De directe economische schade aan huishoudens bestaat uit de schade aan de woning, eventueel verlies van grond door duinafslag, de verloren inboedel en een verwachte gemiddelde schadepost ten gevolge van schade aan voertuigen.



---

## **Woning en grond**

Voor huishoudens kan een indeling gemaakt worden naar woningtype. Voor dit onderzoek wordt het aantal te onderscheiden typen teruggebracht tot drie, om de methode overzichtelijk en zo eenvoudig mogelijk te houden (zie Tabel 4.1).

Om plaatselijke variaties in de huizenprijzen te kunnen weergeven zonder de berekeningen overmatig complex te maken wordt in de typering van de woningen onderscheid gemaakt in de economische waarde (laag, midden en hoog). Tevens wordt aangegeven of de begane grond onderdeel is van de woning. Voor woningen zonder begane grond treedt pas schade op wanneer de woning instort, nadien gesloopt moet worden of de waterdiepte als gevolg van overstroming groter is dan circa 2,5 meter. Met deze opsplitsing wordt voorkomen dat woningen gesitueerd op de eerste of tweede verdieping in een schadeberekening worden meegenomen terwijl hier niet altijd aanleiding toe is.

De maximale schade aan woningen wordt bepaald aan de hand van de Financiële Onderbouwing Kentallen Hoogwaterschade (Briene et al, 2002). Het betreft de herbouwwaarde van de woning. Er vindt een reductie plaats van de schade met de grondprijs omdat er vanuit wordt gegaan dat het kavel na de overstroming nog in bezit is. Echter in het geval van schade door duinafslag moet er vanuit gegaan worden dat ook de grond verloren gaat. Tabel 4.1 toont de gemiddelde herbouwwaarde van woningen naar woningtype.

## **Inboedel**

De gemiddelde waarde van inboedel bedraagt circa 75.000 euro (prijspeil 2006) per huishouden. Deze waarde is afkomstig van de inboedelmeter<sup>2</sup> en weerspiegelt de gemiddelde inboedel van een huishouden met een gemiddeld inkomen. Dit komt neer op circa 35% van de herbouwwaarde van een woning

## **Voertuigen**

De schade aan voertuigen wordt als een toevoeging per huishouden gepresenteerd. De gemiddelde vervangingswaarde per voertuig is naar schatting 10.000 euro. Deze schatting is gedaan op basis van de gemiddelde nieuwwaarde, de jaarlijkse afschrijving en de ouderdomsverdeling van het Nederlandse wagenpark (BOVAG-RAI). Op elke duizend inwoners in de kustgebieden zijn gemiddeld 432 voertuigen in bezit. (Gemeente Zandvoort 426, gemeente Bergen 432 en gemeente Zijpe 437 bron: gemeente op maat<sup>3</sup>).

---

<sup>2</sup> <http://www.plannersonline.nl/wonen/inboedelmeterfront.html>

<sup>3</sup> <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/nederland-regionaal/nederland-regionaal/publicaties/gemeente-op-maat/gemeente-op-maat/default.htm>

Per huishouden, dat in de kustregio bestaat uit gemiddeld 2 personen, is  $2 * 0.432 = 0.864$  voertuig aanwezig. Er wordt verondersteld dat tijdens de storm 25% van de voertuigen nog aanwezig is in het gebied (Briene et al. 2002) Deze voertuigen raken onherstelbaar beschadigd indien de waterstand hoger is dan 1 meter of wanneer schade optreedt aan de woning. Indien de woning beschadigd is, zijn de omstandigheden lokaal zodanig dat de voertuigen ook beschadigen. Zout water is immers funest voor zowel de motor, de bekleding, de elektronica als voor de carrosserie. Bij overstroming bedraagt de schade aan voertuigen per huishouden gemiddeld  $10.000 \text{ euro} * 0,25 * 0,864 = 2160 \text{ euro}$ .

*Tabel 4.1: Indeling herbouwwaarde woningen (prijspeil 2006), gebaseerd op Briene et al, 2000. Geïndexeerd naar 2006 <sup>4</sup>*

| Type  | Woningtype                                   | Waarde [€]          | Verklaring                                                              |
|-------|----------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| I     | Economische waarde hoog                      | 451.000<br>130.000* | Vrijstaande woning, bungalow, boerderijwoning                           |
| II a  | Economische waarde middel                    | 235.000<br>66.000*  | Twee onder een kap, rijtjeshuis/ één gezinswoning, luxe appartement     |
| II b  | Economische waarde middel, geen begane vloer | 235.000             | Luxe appartementen, etage woning                                        |
| III a | Economische waarde laag                      | 140.000<br>34.000*  | Flatwoning, bejaardenwoning, appartement, studentenwoning, woonwagen    |
| III b | Economische waarde laag, geen begane vloer   | 140.000             | Flatwoning, bejaardenwoning, appartement, studentenwoning, etage woning |

\* Grondwaarde wordt opgeteld bij de schade indien deze ook verloren gaat als gevolg van duinafslag.

<sup>4</sup> <http://www.kadaster.nl/>



#### 4.1.2

#### Directe schade aan bedrijven

Voor de waardering van de directe schade aan bedrijven wordt gebruik gemaakt van de jaarlijkse afschrijvingen en de afschrijvingstermijn om een schatting van de vervangingswaarde te maken. Voor de meeste bedrijfssectoren kan een afschrijvingstermijn van circa 4 tot 5 jaar worden aangehouden. Hieruit volgt per sector per arbeidsplaats een directe schade (Briene et al., 2002). Om onderscheid te kunnen maken tussen verschillende branches worden de bedrijven in een aantal categorieën opgesplitst.

Tabel 4.4 toont de deelsectoren zoals die zijn opgesteld door het Nederlands Economisch Instituut (Briene et al., 2002). In de tabel zijn de directe schade, de directe schade door bedrijfsuitval en de indirecte schade door bedrijfsuitval per arbeidsplaats opgenomen.

#### 4.1.3

#### Directe schade aan infrastructuur

Onder infrastructuur valt het totaal aan onroerende voorzieningen. Dit betreft onder andere straatverlichting, wegen, tram-, metro- en spoorlijnen, vliegvelden, bruggen, viaducten, kanalen, riolering, het aardgas-, elektriciteits- en communicatienetwerk. In het buitendijks gebied is slechts een deel van deze voorzieningen aanwezig. De belangrijkste componenten zijn wegen, waterleidingen, riolering en elektriciteitsvoorzieningen. De schade is, zoals voor alle componenten geldt, sterk afhankelijk van de aard van de schademechanismen. In het afslaggebied geldt 1 als schadefactor. Buiten deze zone treedt een bepaalde fractie van de maximale schade op, afhankelijk van de lokale omstandigheden (zie Bijlage N).

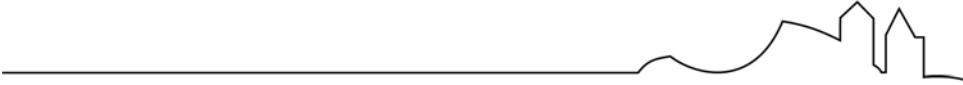
#### Schade aan wegen

De directe schade aan wegen is afhankelijk van het type weg en de wegbreedte. Tabel 4.2 toont de berekening van de directe schade aan weginfrastructuur.

*Tabel 4.2: Directe schade weginfrastructuur (prijspeil 2006)*

|            | Breedte<br>[m] | min. kosten<br>per m <sup>2</sup> [€] | max. kosten<br>per m <sup>2</sup> [€] | gem. kosten<br>per meter [€] |
|------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Rijkswegen | 24             | 46                                    | 63                                    | 1308                         |
| Autowegen  | 15             | 46                                    | 63                                    | 818                          |
| Overige    | 7-8            | 30                                    | 42                                    | 270                          |

Bron: Briene et al. (2002)



De indirecte schade aan wegen wordt verwaarloosd omdat het buitendijkse gebied vrijwel geen doorgaande wegen kent. Eventueel reistijdverlies is dan ook nihil.

#### **Schade aan riolering, en overige leidingen**

Bij duinafslag en sterke erosie komen riolering en andere bekabeling bloot te liggen. De schade die hierbij optreedt wordt benaderd door de aanlegkosten. Het valt buiten de scope van dit onderzoek om de precieze omvang van het rioolnet en overige leidingen in het buitendijks gebied in kaart te brengen. Om die reden wordt aangenomen dat de lengte ongeveer het dubbele is van de totale weglengte in het getroffen gebied. Tabel 4.3 toont de kosten voor het aanleggen van riolering en overige leidingen en bekabeling.

*Tabel 4.3: Schade aan riolering en overige leidingen prijspeil (2006)*

|                           | Kosten per meter<br>[€] | Kosten per<br>meter weg<br>[€] |
|---------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Riolering diameter 500 mm | 70                      | 140                            |
| Gas- en waterleiding      | 50                      | 100                            |
| Elektriciteitsleiding     | 30                      | 60                             |
| Totaal                    | 150                     | 300                            |

Bron: <http://www.bouwkostenonline.nl/>

#### **4.1.4**

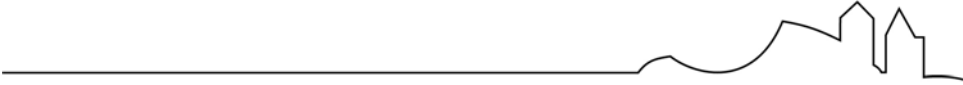
#### **Schade aan overige bebouwing**

Onder overige bebouwing kunnen alle bouwwerken geschaard worden welke geen woning zijn en niet onder één van de categorieën bedrijven geschaard kunnen worden. Aangezien de waarde van deze groep sterk kan variëren, wordt hier geen benadering gegeven. Voor individuele gevallen kan de verzekeringswaarde uitkomst bieden. Bij bouwwerken als molens, kerken, kastelen en landhuizen dient ook rekening gehouden te worden met de cultuurhistorische waarde die de gebouwen kunnen vertegenwoordigen. Deze waarde wordt in het hoofdstuk economische waardering verder uitgewerkt.

#### **4.2**

#### **Directe schade door bedrijfsuitval**

De directe schade door bedrijfsuitval kan voor het merendeel van de sectoren bepaald worden aan de hand van de toegevoegde waarde per arbeidsplaats. In Briene et al. (2002) wordt uitgegaan van een bedrijfsuitval gedurende een tweetal maanden. Hierbij wordt echter uitgegaan van een binnendijkse overstroming met relatief lage



stroomsnelheden en een vlot herstel. Indien het bedrijf gevestigd is in of zeer nabij de afslagzone moet gerekend worden met een langere periode van bedrijfsuitval. Dit geldt zeker voor de horecabranche gezien diens grote afhankelijkheid van toerisme. Het aantal bezoekers van de kustzone zal in de door overstroming getroffen gebieden gedurende een deel van de herbouw periode afnemen. Gezien het feit dat een dergelijke overstroming niet lokaal zal zijn, (grote delen van de Nederlandse kust zullen gelijktijdig door de storm geteisterd worden) zal er geen of geen volledige verschuiving van inkomsten optreden. De directe schade ten gevolge van bedrijfsuitval wordt verdubbeld ten opzichte van de kengetallen uit Briene et al. (2002). Dit om de langere herstelperiode van het getroffen gebied te benadrukken. Tabel 4.4 toont de directe schade door bedrijfsuitval per arbeidsplaats.

### 4.3

#### **Indirecte schade door bedrijfsuitval**

Indirecte schade door bedrijfsuitval treedt op indien bedrijven buiten het getroffen gebied omzet verliezen doordat een deel van hun toegevoegde waarde voortkomt uit leveringen aan bedrijven in het getroffen gebied of toeleveranciers hebben in het getroffen gebied. De toeleverende bedrijven zullen op de langere termijn op zoek gaan naar vervangende toeleveranciers en markten.

De indirecte schade wordt berekend met een categorie afhankelijke multiplier. Een maat voor de afhankelijkheid van en de verwevenheid met andere branches. De grootte van de multiplier is slechts bij benadering bekend en dient dan ook met voorzichtigheid te worden gehanteerd. Omdat het buitendijkse / getroffen gebied relatief klein is wordt de multiplier gehalveerd ten opzichte van de door Briene et al. (2002) gebruikte waarde. Dit weerspiegelt het feit dat er buiten het getroffen gebied weinig bedrijven zijn die voor hun afzet grotendeels afhankelijk zijn van het de vraag vanuit buitendijkse gebied.

Tabel 4.4: Maximale schade per arbeidsplaats per categorie.

| Categorie                       | Directe schade door verlies van kapitaalgoederen [€] | Directe schade door bedrijfsuitval [€]* | Indirecte schade door bedrijfsuitval [€]** |
|---------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------|
| Nutsbedrijven                   | 620.000                                              | 326.000                                 | 112.000                                    |
| Bouw                            | 10.000                                               | 90.000                                  | 26.000                                     |
| Handel, horeca                  | 20.000                                               | 15.000                                  | 3.500                                      |
| Banken, verzekering             | 90.000                                               | 28.000                                  | 7.000                                      |
| Transport, communicatie         | 75.000                                               | 22.400                                  | 6.400                                      |
| Overheid (incl. scholen, e.d.)  | 60.000                                               | 18.400                                  | 2.200                                      |
| Zorg en overige dienstverlening | 20.000                                               | 12.600                                  | 3.400                                      |

\* Verdubbeld ten opzichte van Briene et al. (2002)

\*\* Gehalveerd ten opzichte van Briene et al. (2002)

De categorieën Industrie en Delfstoffenwinning worden in de studie buiten beschouwing gelaten omdat deze niet aanwezig zijn in het studiegebied en / of te gevarieerd zijn om doormiddel van een gemiddelde waarde te worden vertegenwoordigd. Een verdere uitsplitsing van de categorie Industrie zoals Briene et al. (2002) dit doen valt buiten de scope van dit onderzoek. Een dergelijke schadebepaling aan de hand van arbeidsplaatsen vereist wel dat hier voldoende gedetailleerde gegevens over bekend zijn.



## 5

## Economische waardering

### 5.1

### Inleiding

Figuur 1.3 toont op de opbouw van de stormschade. De economische waardering vormt daarbij de belangrijkste uitbreiding op de huidige methodiek voor het bepalen van de sociaal-economisch waarde van en schade in de verstedelijkte buitendijkse kustgebieden. Deze posten worden in de huidige studies hooguit als kwalitatieve schadepost opgenomen (Pro Memorie).

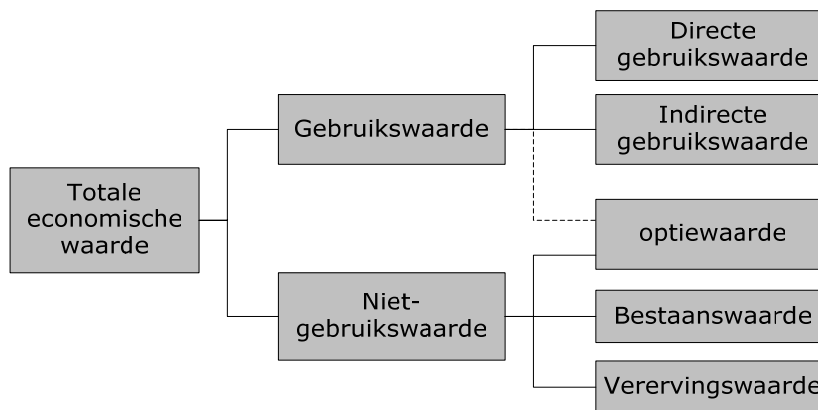
#### **Water, natuur, bodem en cultuurhistorisch landschap**

In opdracht van het Ministerie van Landbouw Natuur en Voedselveiligheid is de Leidraad Overzicht Effecten van Infrastructuurprojecten (Eijgenraam et al., 2000) aangevuld met een Leidraad voor een kwantitatieve beoordeling van de economische waarde van natuur, water, bodem en cultuurhistorisch landschap (Ruijgrok et al., 2004a). De economische waardering van water, natuur, bodem en cultuurhistorisch landschap manifesteert zich op verschillende niveaus. Figuur 5.1 geeft een overzicht hoe zij aan de (im)materiële welvaart bijdragen.

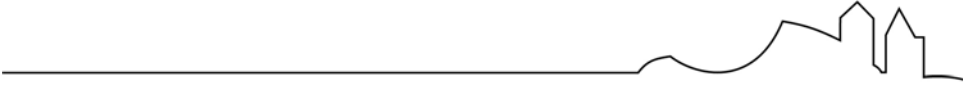
**Figuur 5.1**

*Overzicht van de wijze waarop natuur, water, bodem en landschap de mens van (im)materiële welvaart voorziet.*

*Bron: Ruijgrok et al. (2004a).*



De directe gebruikerswaarde heeft betrekking op goederen die voortkomen uit de natuur en het milieu: opbrengsten uit houtkap, visopbrengst, een mooie wandeling, woongenot en waterrecreatie. Op indirecte manier wordt geprofiteerd van diensten wanneer bijvoorbeeld nutriëntenzuivering door natuur leidt tot schoon viswater.



De niet gebruikswaarde is opgedeeld in een drietal componenten. De bestaanswaarde is de welvaart die mensen ontleen aan de wetenschap dat bepaalde natuur bestaat zonder dat zij daar zelf gebruik van hoeven te maken. Het voortbestaan van bepaald (exotische) diersoorten is hier een goed voorbeeld van. De optiewaarde is de waarde die de mens hecht aan de mogelijkheid van toekomstig gebruik door de huidige generatie. De verervingswaarde is de waarde die de mens hecht aan de mogelijkheid van gebruik door toekomstige generaties.

### ***Risicoperceptie ten gevolge van overstroming***

Na aanzienlijke stormschade in de kustzone wordt het zichtbaar dat wonen in een kustplaats concrete risico's met zich mee kan brengen. Daarnaast is de omgeving voor korte of langere tijd minder aantrekkelijk als gevolg van de schade aan wegen, woningen, tuinen en dergelijke. Hierdoor neemt de vraag naar huizen in de kustzone af (Bin and Polasky, 2003). De dalende vraag naar woningen in de kustzone doet de huizenprijzen afnemen.

## **5.2**

### **Van fysieke effecten naar welvaartsbaten**

Het fysieke effect van kustverdediging betreft het zeewaarts terugdringen van duinafslag en het uitblijven of verminderd optreden van stormschade. De economische waarde van goederen en diensten (welvaartsbaten) voortgekomen uit natuur, water, bodem en cultuurhistorisch landschap die door de aanwezigheid van kustverdediging beschermd blijven, worden in deze paragraaf opgeteld bij de economische baten van de verhoogde veiligheid uit hoofdstuk 4.

#### **5.2.1**

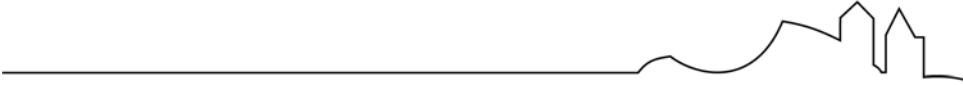
### **Kwantificeren en moneteriseren**

Om uitspraken te kunnen doen over de welvaartseffecten van kustverdediging dienen de fysieke effecten ervan gekwantificeerd te worden. Er vindt een schatting plaats op basis vuistregels of waar mogelijk op basis van locatie-specifieke gegevens.

Voor het moneteriseren van welvaartseffecten zijn verschillende methoden beschikbaar. Voor een uitgebreide uitleg van de waarderingsmethoden wordt verwezen naar hoofdstuk 4 van de Aanvulling op de Leidraad OEI (Ruijgrok, 2004a).

### ***Lokaal of nationaal***

Er wordt aangenomen dat als gevolg van een zeer zware storm langs de gehele Noordzeekust duinafslag plaatsvindt. Lokale schade en het daaraan verbonden welvaartsverlies in een kustplaats wordt zodanig niet gecompenseerd door een stijging van bezoeken en bestedingen in



andere bestemmingen in de kustzone omdat deze met gelijksoortige schade kampen.

### ***Omzet en winst***

Welvaartsveranderingen als gevolg van een daling of stijging in omzet die gerelateerd is aan diensten voortgebracht door natuur, water, bodem en landschap worden gemonetariseerd door middel van de winst op het product. De ondernemer maakt immers ook minder kosten voor inkoop. Ter illustratie: in de recreatiesector bedraagt de winst circa 10% van de omzet (Wijnen et al, 2002).

## **5.3 Overzicht economische waardering**

Paragrafen 5.4 tot en met 5.8 geven inzicht in de totstandkoming van de economische waardering van de kustzone. Daarbij wordt eerst de dienst of het goed dat voortkomt uit de aanwezigheid van natuur, water, bodem of landschap beschreven alvorens een manier wordt gepresenteerd om de waarde te kwantificeren en te monetariseren. In hoofdstuk 7 worden de posten concreet ingevuld wordt aan de hand van de casestudy Bergen aan Zee. Voor paragraaf 5.4 tot 5.7 is gebruik gemaakt van het kentallenboek van Ruijgrok et al. (2006). De terminologie is gehandhaafd zodat deze methode als toevoeging van het kentallenboek kan dienen.

## **5.4 Natuur**

Aan de aanwezigheid van natuur ontleen mensen zowel door direct als indirect gebruik welvaart (zie Figuur 5.1). Natuur brengt goederen en diensten voort welke zorgen voor een vergroting van de sociaal-economische welvaart van het gebied.

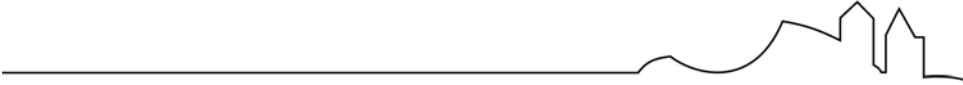
### **5.4.1 Exploitatie verblijfsrecreatie**

#### ***Kwantificering***

Door het aantal overnachtingen te koppelen aan het oppervlakte natuurgebied kan de verandering van het aantal overnachtingen als functie van het natuurareaal worden benaderd. Daarbij wordt aangenomen dat 10% van de overnachtingen direct gerelateerd kan worden aan de aanwezigheid van natuur (relevante overnachtingen).

#### ***Monetarisering***

Hiervoor wordt de winst van de gemiddelde uitgave per overnachting gebruikt. Voor de gemeente Bergen bedraagt de gemiddelde uitgave per verblijfsbezoeker 35 euro voor accommodatie en circa 45 euro aan



eten, drinken en overig (Amsterdam Leisure Consultancy, 2003). Omdat in Bergen aan Zee verhoudingsgewijs veel overnachtingen in hotel plaatsvinden (t.o.v. het studiegebied) wordt aangenomen dat 80 euro per overnachting een ondergrens is. Een overnachting in een hotel kost circa 70 euro per persoon. De bovengrens van de uitgaven per overnachting bedraagt circa 105 (70 + 45) euro.

#### 5.4.2

#### Exploitatie van dagrecreatie

##### ***Kwantificering***

Door het aantal dagtochten te koppelen aan het oppervlak natuurgebied kan de verandering van het aantal dagtochten als functie van het natuurareaal worden benaderd. Ruijgrok et al. (2006) nemen aan dat circa 10% van de bezoekers van de kustzone komt voor natuur en niet voor het strand

##### ***Monetarisering***

Uit onderzoek onder bezoekers van de kustzone blijkt dat dagrecreanten gemiddeld € 22,82 per dag uitgeven aan eten, drinken, winkelen en uitgaan (Amsterdam Leisure Consultancy, 2003).

#### 5.4.3

#### Recreatieve beleving

Natuurgebieden die toegankelijk zijn voor publiek leveren recreatief genot op. Dit genot staat los van bestedingen tijdens het bezoek.

##### ***Kwantificering***

Zie exploitatie van dagrecreatie.

##### ***Monetarisering***

De betalingsbereidheid (Willingness To Pay, WTP) voor een bezoek aan een natuurgebied is een indicatie voor de baat van recreatieve beleving. Deze bestaat uit reistijd- of reiskostenwaardering of bijvoorbeeld parkeerkosten en toegangsprijzen van natuurparken. Voor kustnatuur is een betalingsbereidheid gemeten van circa euro 1,20 per bezoek (Ruijgrok, 2000).

#### 5.4.4

#### Woongenot door aanwezigheid van natuur en zee

Wonen in een natuurlijke omgeving nabij de zee wordt aantrekkelijker gevonden dan wonen in een niet-natuurlijke omgeving in het achterland. Dit resulteert in een hogere marktprijs voor huizen in de nabijheid van natuur en zee. Bij het berekenen van de economische schade aan woningen dient de meerwaarde van deze elementen



---

meegenomen te worden indien niet met de werkelijke huizenprijzen wordt gerekend maar met niet-locale gemiddelde prijzen.

Wonen in de nabijheid van natuur en wonen in de nabijheid van de zee worden onder één noemer besproken omdat de onderlinge afhankelijkheid erg groot is.

### **Kwantificering**

Het aantal huizen dat in de kustzone beïnvloed wordt door de verbeterde kustverdediging.

### **Monetarisering**

De baat woongenot wordt gemonetariseerd door de meerwaarde van een woning grenzend aan natuur en zee ten opzichte van een gelijksoortige woning niet grenzend aan natuur en zee te bepalen. Van Leeuwen (1997) stelt de meerwaarde van lokaal en regionaal groen op de huizenprijs op circa 14%. Luttik en Zijlstra (1997) vinden een waardestijging van maximaal 28% voor woningen in de nabijheid van water. Omdat het om een maximum waarde gaat wordt aangenomen dat woningen in de kustzone door het gecombineerde effect van natuur en water gemiddeld 25% duurder zijn dan op landelijk niveau verwacht mag worden.

### **Figuur 5.2**

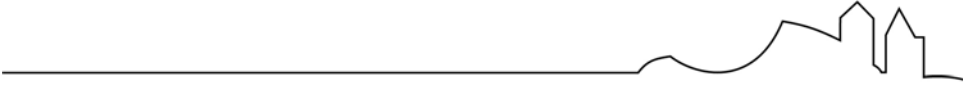
*Het is goed vertoeven in de nabijheid van zee, strand en duinen. Luttik en Zijlstra (1997) vinden voor woningen in de nabijheid van natuur en water een marktprijs welke gemiddeld 28% hoger ligt dan voor gelijksoortige woningen niet in de nabijheid van water en natuur.*



### **5.4.5**

#### **Niet gebruikswaarde van natuur**

Mensen ontleen welvaart aan de wetenschap dat natuur- en biodiversiteit bestaat, ook als er door hen geen gebruik van gemaakt wordt. Uit onderzoek van Ruijgrok (2000) blijkt dat men vooral geld over heeft voor natuur in de nabije omgeving. In haar studie stelt Ruijgrok een straal van circa 10 kilometer voor waarbinnen huishoudens bereid zijn geld te betalen voor niet-gebruik.



### **Kwantificeren**

Het aantal huishoudens per hectare natuurgebied dat binnen een straal van 10 km geld over heeft voor het behoud van natuur in de kustzone, vermenigvuldigd met de verwachte verandering van het aantal hectares natuurgebied (zie ook Bijlage O, Niet gebruikswaarde van natuur).

### **Monetariseren**

Uit onderzoek, zie Bijlage O, blijkt dat huishoudens gemiddeld een eenmalig bedrag tussen de 10 en 20 euro over hebben voor het behoud van of de aanleg van nieuwe natuur zonder dat zij de intentie hebben gebruik te gaan maken van deze natuur.

## **5.4.6**

### **Intrinsieke waarde van natuur**

De totale waarde van natuur bestaat uit een drietal componenten (zie Figuur. E.1). De financiële waarde betreft de verdiensten aan natuur door bijvoorbeeld de houtkap en jacht. De financiële waarde valt binnen de economische waarde waar ook indirecte welvaartsstromen onder vallen. Hierbij kan gedacht worden aan de waardering van een mooie wandeling of schone lucht. De intrinsieke of ecologische waarde van natuur behelst het welzijn van plant en dier. Aangezien deze niet participeren in de economische markt kan hun waardering per definitie niet in geld worden uitgedrukt.

Dit betekent niet dat de intrinsieke waarde van natuur geen invloed kan hebben op de besluitvorming. Met een kwalitatieve omschrijving van de gevolgen van een bepaalde ingreep kunnen de gevolgen per alternatief vergeleken worden. Er wordt in deze situatie gesproken van Pro Memorie posten. Met de bescherming van de kuststrook ter hoogte van Bergen aan Zee door middel van een duinuitbreiding wordt ruim 17 hectare duinareaal gecreëerd (zie Figuur 9.1). Dit gebied wordt slechts doorsneden door enkele duindoorgangen waardoor het naast een uitstekend wandelgebied dienst zal doen als habitat voor de vele dier- en plantsoorten die het duingebied rijk is.

## 5.5

### Water en strand

Aan de aanwezigheid van water ontleen mensen economische welvaart in de vorm van goederen en diensten voortgebracht door water en strand. De verwachte schade aan de kustzone heeft effect op het aantal bezoekers dat jaarlijks naar de kustzone toekomt. Het verkleinen van de verwachte schade beperkt zodoende de welvaartsafname.

**Figuur 5.3**

*De invloed van stormschade op de aantrekkelijkheid van het buitendijks gebied. In 1921 werd Voorne geconfronteerd met aanzienlijke duinafslag bij ondermeer de boulevard en de tramlijn het moesten ontgelden.*



#### 5.5.1

#### Exploitatiemogelijkheden voor verblijfsrecreatie

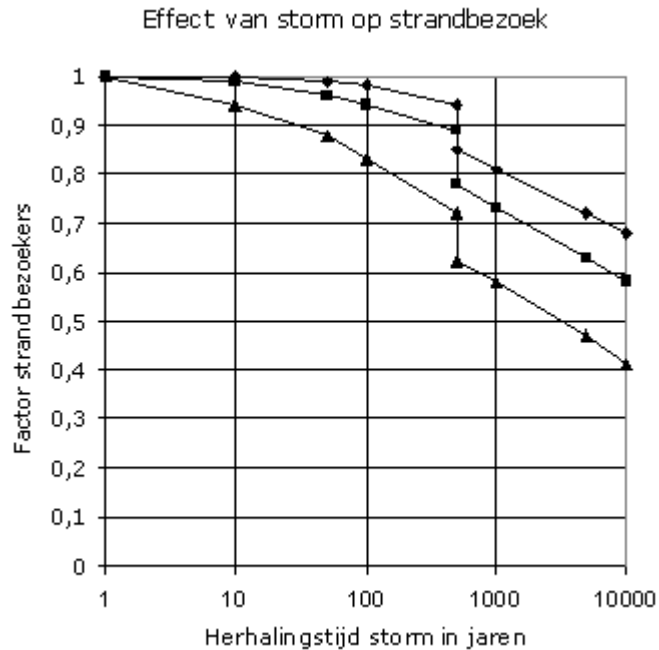
##### **Kwantificering**

Ruijgrok et al. (2006) schat het jaarlijkse aantal aan water gerelateerde overnachtingen in de Noordzee badplaatsen op 90% van het totale aantal overnachtingen in de kustzone. Het aantal bezoeken wordt gerelateerd aan de bereikbaarheid, de kwaliteit en de sfeer op en rond het strand (Abma en Berkers, 2006). Des te zwaarder de kustzone wordt getroffen des te minder badgasten dat jaar verwacht zullen worden. Bijlage P, de kwaliteit van het strand, presenteert een methode voor het schatten van het aantal badgasten bij stormschade.

**Figuur 5.4**

Effect van stormschade op de aantrekkelijkheid van het strand. Het verlies van logies, voorzieningen, accommodaties en rondslingerend puin etc. op het strand maakt het strand tijdelijk minder aantrekkelijk.

Een drietal scenario's geven het effect van stormschade weer op het aantal bezoekers in het jaar van optreden van de storm.



*Tabel 5.1: aantrekkelijkheid strand en zee bij drie scenario's*

| Scenario | Factor aantal bezoekers |
|----------|-------------------------|
| Laag     | 0,999                   |
| Middel   | 0,990                   |
| Hoog     | 0,960                   |

### **Monetarisering**

Zie de exploitatiemogelijkheden verblijfsrecreatie voor natuur.

## **5.5.2**

### **Exploitatie van dagrecreatie**

#### **Kwantificering**

Het aantal dagtochten wordt gekoppeld aan de aantrekkelijkheid van de kustzone. Deze is afhankelijk van de verwachte stormschade. Figuur. P.1 uit Bijlage P toont de verwachte afname van het bezoekersaantal als functie van de stormintensiteit uitgedrukt in de herhalingstijd.

#### **Monetarisering**

De gemiddelde winst op uitgaven per persoon per dagbezoek. Uit onderzoek onder bezoekers van de kustzone blijkt dat dagrecreanten gemiddeld € 22,82 per dag uitgeven aan eten, drinken, winkelen en uitgaan.



### 5.5.3

#### Recreatieve beleving van water en strand

Strand en zee bereikbaar voor recreatie levert welvaart op voor de bezoekers. Ook indien gedurende het bezoek geen aankopen worden gedaan.

##### **Kwantificering**

Zie de kwantificering van de exploitatie van dagrecreatie.

##### **Monetarisering**

De baat kan gemonetariseerd worden op basis van wat mensen over hebben voor een dagje zwemmen. Op basis van reiskosten en de betalingsbereidheid vinden Ruijgrok et al. (2006) een prijskaartje van euro 4,50 per bezoek.

## 5.6

### Bodem

De bodem brengt goederen en diensten voort die de welvaart kunnen doen veranderen. Voor de kustzone moet hier primair gedacht worden aan de zuiverende werking van zandbodems. Een versterking van de kustverdediging verkleint het verwachte verlies aan duinareaal.

#### 5.6.1

##### Schoon grondwater door zandfiltering

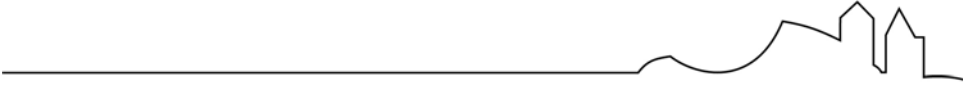
Zandgronden zuiveren hemelwater en ingebracht oppervlaktewater waardoor schoon grondwater ontstaat. Drinkwaterbedrijven gebruiken de filterende werking van de duinen om een grote kwaliteitsslag te behalen alvorens zij het water zuiveren tot drinkwaterkwaliteit. De duinen vormen daarmee een wezenlijk onderdeel van het zuiveringsproces. Bij ontbreken of verkleinen van zandgronden is een drinkwaterbedrijf (deels) aangewezen op duurdere installaties om alsnog de vereiste waterkwaliteit te halen.

##### **Kwantificering**

De verandering van het aantal (potentiële) kubieke meters water dat gezuiverd kan worden door infiltratie. Als ondergrens wordt alleen uitgegaan van natuurlijke infiltratie door neerslag. Circa 50% van de neerslag valt in de periode met weinig tot geen evapotranspiratie. Dit leidt jaarlijks tot een infiltratie van circa  $797 \text{ mm} \cdot 0.5 = \text{circa } 400 \text{ mm}$  per vierkante meter (Bron: KNMI).

##### **Monetarisering**

Uit de studie 'Water in zicht' (VEWIN, 2001), blijkt dat de productiekosten van drinkwatermaatschappijen aangewezen op oppervlaktewater 24% hoger liggen dan de productiekosten van



bedrijven die werken met grondwater. Dit komt overeen met een kostenbesparing van circa € 0,36 op € 1,55 <sup>5</sup> per m<sup>3</sup> geproduceerd drinkwater. Zodoende levert één m<sup>2</sup> duin een besparing van 0,14 euro.

## **5.7 Cultuurhistorisch Landschap**

### **5.7.1 Recreatieve beleving**

Het behouden van cultureel erfgoed, zichtbare archeologische en cultuurhistorische monumenten, levert de baat recreatieve beleving. De maatschappelijke waarde van een object kan afgeleid worden van de betalingsbereidheid en het aantal jaarlijks bezoekers. De (WTP) van bezoekers kan afgeleid worden uit de reiskosten die gemaakt worden om het monument te bezoeken of de prijs die voor een bezoek betaald wordt. Omdat het onmogelijk is voor elk bezocht object te bepalen hoeveel reistijd opgeofferd is of hoeveel reiskosten gemaakt zijn, worden een onder- en een bovengrens vastgesteld.

#### ***Kwantificering***

Het aantal bezoekers dat specifiek voor de cultuurhistorische monumenten komt is niet van tevoren vast te stellen en slechts te achterhalen met behulp van locatiespecifieke gegevens

#### ***Monetarisering***

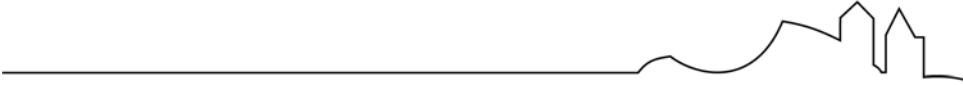
De bovengrens van de waarde van een bezoek aan een cultuurhistorisch of archeologisch monument wordt gelijk gesteld aan de gemiddelde toegangsprijs voor een alternatief bezoek met een toegangsprijs. Hierbij kan gedacht worden aan (archeologische) musea of tentoonstellingen. Als ondergrens wordt de gemiddelde kilometerprijs van auto, bus/ tram/ trein (19 cent /km, Belastingdienst, 2006) vermenigvuldigd met de gemiddelde afgelegde afstand per persoon per dag voor recreatie (Stichting Recreatie, 2003). Hieruit volgt een bovengrens van circa 5 euro per persoon en een ondergrens van circa 0,19 euro/ km x 5,12 km = 0,97 euro.

## **5.8 Risicoperceptie**

Onder risicoperceptie wordt verstaan de wijze waarop mensen aankijken tegen het risico voor henzelf van een storm. Momenteel is het veiligheidsniveau zodanig dat (grootschalige) stormschade zelden

---

<sup>5</sup> Productiekosten per kubieke meter drinkwater (Jaarverslag PWN 2005)



plaatsvindt. Als gevolg hiervan neemt de perceptie van het risico onder de bewoners, bezoekers en gebruikers van het kustgebied af. Het risico ten gevolge van zware stormen leidt hierdoor niet tot prijsremmingen van vastgoed of bijvoorbeeld de gemoedsrust en kwaliteit van het leven.

### 5.8.1

#### **Tijdelijke waardedaling onroerend goed**

Met de waardedaling van onroerend goed wordt bedoeld op het drukkende effect van een overstroming op de vastgoedprijzen. In navolging van een overstroming in het kustgebied waarbij schade is opgetreden aan historisch veilig gewaande huizen, verandert de kijk op de veiligheid in het gebied. Bewoners en potentiële kopers wordt het eens te meer duidelijk dat wonen nabij de kust wel degelijk risico's met zich meebrengt. Het aanbod aan huizen zal verhoudingsgewijs stijgen en de vraag naar woningen in dit gebied zal dalen. Met als gevolg dat de marktwaarde van deze woningen daalt. Het totale woonkapitaal in het gebied neemt af.

Hier staat wel tegenover dat het aantal woningen als gevolg van de overstroming kan afnemen wat een schaarste en dus een prijsstijging met zich mee kan brengen. De verwachting is echter dat wonen in buitendijks gebied in het algemeen (tijdelijk) minder aantrekkelijk gevonden zal worden.

#### **Kwantificeren**

Aantal huizen dat geen fysieke schade aan een stormvloed overhoudt maar door de gebeurtenis als minder aantrekkelijk wordt gezien. Er wordt gekozen voor de woningen tot 100 meter landwaarts van de invloedszone mits aanzienlijke schade is opgetreden in het gebied.

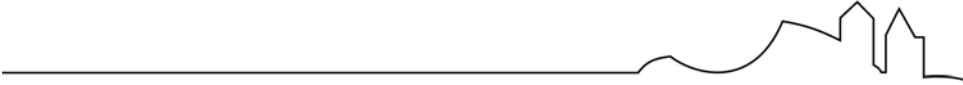
#### **Monetariseren**

Bin en Polasky (2003) onderzochten het effect van overstromingen op de prijzen van omringende woningen. Zij vonden daarbij een waardedaling van circa 10%. Uit onderzoek van Lamond en Proverbs (2006) blijkt echter dat stormschade 3 tot 5 jaar na dato vrijwel geen effect meer heeft op de woningwaarde.

*"In het algemeen zijn de mensen geneigd, naarmate de tijd verstrijkt, overstromingsrisico's te vergeten."*

*Bron: Lamond en Proverbs (2006)*

Na deze periode stijgen de huizenprijzen weer tot hun oude waarde. Omdat de waardestijging verder in de toekomst ligt dan de waardedaling wordt de eerste minder zwaar gewogen. Verdisconteerd naar het heden treedt zodoende een nettoverlies op. Tabel 5.2 toont het waardeverlies van een woning als gevolg van een 0 tot 5 jaar



durende prijsdaling van 10%. De discontovoet bedraagt, inclusief 3% risico-opslag, 7% per jaar.

*Tabel 5.2: Waardeverlies als gevolg van tijdelijke woningprijsdaling.*

| Jaren | Verhouding afname en toename huizenprijzen | Verlies als percentage van de woningwaarde |
|-------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 0     | 100 : 100                                  | 0,0 %                                      |
| 1     | 100 : 93                                   | 0,7 %                                      |
| 2     | 100 : 87                                   | 1,4 %                                      |
| 3     | 100 : 82                                   | 2,3 %                                      |
| 4     | 100 : 76                                   | 3,1 %                                      |
| 5     | 100 : 71                                   | 4,0 %                                      |

Het gemiddelde economische verlies op de huizenmarkt als gevolg van een tijdelijke prijsdaling bedraagt circa 2% van de betreffende vastgoedwaarde.





## 6

## Immateriële economische schade

Naast de materiele economische schade (hoofdstuk 4) en de waardering van welvaartseffecten zonder marktprijs (hoofdstuk 5) is onderscheid te maken in de immateriële economisch waardeerbare schade. Het betreft hier overlast van de evacuatie, de gevolgen van (een afname van) de geestelijke en lichamelijke gezondheid en het economische verlies wanneer dodelijke slachtoffers zijn te betreuren.

### 6.1

#### Overlast en kosten van evacuatie

De evacuatie van de kustzone kost geld. Zowel de organisatie ervan als de inzet van materieel en personeel. Denk ook aan gederfde inkomsten door het gedwongen sluiten van hotels, horeca, winkels en overige bedrijven (gederfde inkomsten). Daarnaast zorgt een evacuatie voor de nodige stress en overlast bij de evacués.

##### ***Kwantificeren***

Het aantal mensen dat geëvacueerd wordt. Het gaat alleen om bewoners en niet om bezoekers van het gebied omdat deze geen emotionele band hebben met de gebied. Gedacht kan worden aan een volledige evacuatie van het buitendijks gebied of alleen die woningen en bedrijven die direct schade oplopen.

##### ***Monetariseren***

Eijgenraam (2005) stelt de immateriële schade per inwoner op circa 5.000 euro (prijspeil 2000). Deze schatting is gebaseerd op Belgisch onderzoek van Grinwis en Duyck (2001) naar 'niet-tastbare' gevolgen van een overstroming.

## 6.2

### Geestelijke en lichamelijke gezondheid

De gevolgen van de stormschade worden vergeleken met de gevolgen van de vuurwerkramp in Enschede in mei 2000. Hieruit komt naar voren dat het verliezen van woning, huisraad, naasten en of familieleden maar ook de ramp op zich, ernstige psychologische klachten kan veroorzaken bij getroffen en betrokkenen (Kamp en Van der Velden, 2001). Hiervoor werd door het RIVM en het Instituut voor psycho Trauma onder ruim 4.000 getroffen en betrokkenen van de vuurwerkramp een onderzoek verricht.

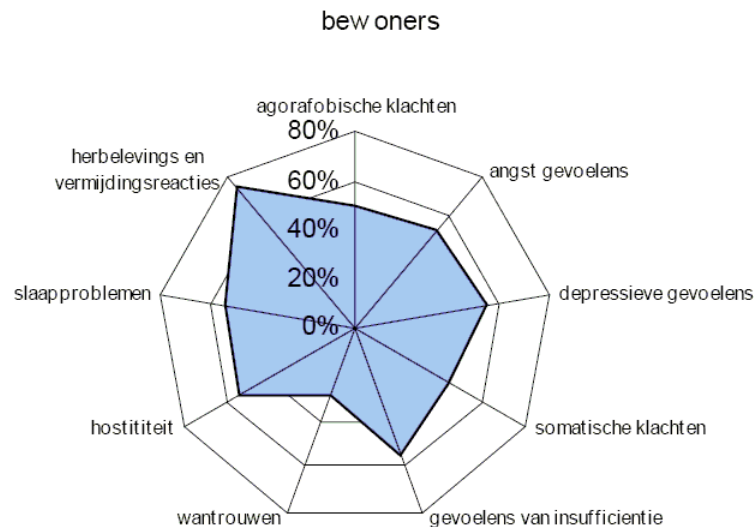
#### **Kwantificeren**

Uit het onderzoek kwam naar voren dat ruim 50 procent van de ondervraagden leidt aan één of meerdere psychologische of emotionele problemen. De symptomen variëren van slaapproblemen en herbeleving tot concentratiestoornissen en depressiegevoelens. Onder de getroffen is het aantal personen dat in de ziektewet zit ruim verdubbeld (van 4% naar 10%) ten opzichte van voor de ramp.

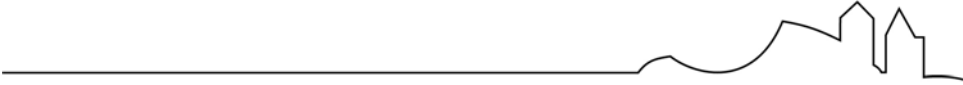
**Figuur 6.1**

*Geestelijke gezondheid van de bewoners van het rampgebied in Enschede. Ruim 50 procent van de bewoners kampt met psychologische of emotionele problemen die het dagelijks functioneren kunnen beïnvloeden.*

*Bron: Kamp en Van der Velden (2001)*



De vuurwerkramp kan niet één op één vergeleken worden met een overstroming van verstedelijkt buitendijks gebied. Zo zullen de meeste bewoners door een tijdige evacuatie niet aanwezig zijn als hun huis verloren gaat. Er zullen waarschijnlijk minder doden en veel minder gewonden vallen. Een overstroming komt ook niet volledig als een verrassing. De verschillen in oorzaak kunnen hun invloed hebben op de verwerking en impact van een dergelijke ramp. Daar staat tegenover dat de kans op een tweede, derde en vierde overstroming blijft bestaan, wat de situatie wellicht weer dreigender maakt.



Toch zijn er voldoende overeenkomsten waardoor iets gezegd kan worden over de geestelijke gezondheid als gevolg van een overstroming. Mensen verliezen op grote schaal hun huis en bezittingen. Voor langere tijd is hun grond niet toegankelijk of herkenbaar terug te vinden wat het verwerkingsproces mogelijk bemoeilijkt. Als gevolg van een overstroming krijgt een significant deel van de bewoners te kampen met psychologische en of emotionele problemen. Een deel van de getroffensten zal als gevolg van een zeer zware storm in de ziekte wet terechtkomen.

#### **Monetariseren**

Een verzuimende werknemer kost gemiddeld 275 euro per werkdag, dit bedrag is samengesteld uit directe en indirecte kosten<sup>6</sup> als productieverlies en vervanging kosten.

### **6.3**

#### **Economische waarde mensenleven**

Dat een mensenleven van onschatbare waarde is of niet in geld valt uit te drukken zijn veel gehoorde uitspraken als het gaat om het waarderen van een mensenleven. Toch toont het alledaagse leven de waarde of in ieder geval een bovengrens aan de waarde van een mensenleven. Voorbeelden hiervan zijn terug te vinden in beslissingen in de medische en farmaceutische wereld, in verzekeringspremies, investeringen in verkeersveiligheid en bij de ontwikkeling van beschermende kleding voor militairen op het slagveld. Aan de hand van onderzoek en diverse surveys is de 'Value Of Statistical Life' (VOSL) in 2001 vastgesteld op circa 2,2 miljoen euro. Waarvan 450.000 euro voor schade door consumptieverlies en 1,75 miljoen euro voor de intrinsieke waardering. Denk ook aan pijn, leed, verdriet en verlies van levensvreugde van de nabestaanden (De Blaeij, 2003).

#### **Kwantificeren**

Het aantal dodelijke slachtoffers als gevolg van een storm. is afhankelijk van het aantal aanwezige bewoners en bezoekers tijdens de storm. In Bijlage T, Slachtoffer- evacuatiemethode, wordt aandacht besteed aan het schatten van het aantal slachtoffers.

#### **Monetariseren**

Een deel van de waarde van een mensenleven wordt meegenomen in de berekening van economische schade. De Blaeij (2003) raamt dit op circa euro 450.000 per dodelijk slachtoffer. Dit bedrag representeert niet de volledige waardering van een mensenleven maar slechts de

---

<sup>6</sup> [http://www.ohcbv.nl/sociale\\_wetgeving/index.htm](http://www.ohcbv.nl/sociale_wetgeving/index.htm)



impact op de economie als gevolg van het wegvallen van een consument uit het economisch systeem.

Het expliciet vermelden van deze waarde zal naar alle waarschijnlijkheid veel weerstand oproepen. Het lijkt immers onethisch om de waarde van een mensenleven naast materiële schade op de balans te zetten. Het dient dan ook te worden benadrukt dat het hier gaat om de economische waardering van een mensenleven en niet om de totale waardering waartoe ook de intrinsieke waarde behoort. De intrinsieke waarde, of het verlies ervan heeft echter geen invloed op de economische welvaart en kan zodoende per definitie niet meegenomen worden in een economische analyse.

Het aantal verwachte slachtoffers of het aantal vermeden slachtoffers moet kwalitatief meegenomen worden in het beslissingsproces. Net als de intrinsieke waarde van natuur kunnen dodelijke slachtoffers als Pro Memorie post worden opgevoerd.

Daarnaast verschuift door het opnemen van het aantal dodelijke slachtoffers de besluitvorming van een economische naar een politieke afweging waar de intrinsieke waarde wel gewicht heeft.



In dit hoofdstuk wordt de in dit onderzoek opgezette methode toegepast op de kustplaats Bergen aan Zee (zie Bijlage U). Aan de hand van de casestudy wordt getracht inzicht te krijgen in de baten van kustverdediging voor buitendijks verstedelijkt gebied. In welke mate wordt een afname van de welvaart voorkomen of neemt de welvaart toe wanneer door investeringen in de kustverdediging de kans op afslag en overige schademechanismen in de kustzone afneemt? Tevens wordt de casestudy gebruikt om de methode als zodanig te toetsen (zie paragraaf 7.12 voor validatie).

Het uitgangspunt van dit hoofdstuk vormt de berekening van de verwachte schade als gevolg van stormen met een overschrijdingstijd tot 10.000 jaar over een periode van circa 100 jaar indien geen verhoging van het veiligheidsniveau in Bergen aan Zee wordt gerealiseerd. Er dient daarbij vermeld te worden dat de gevolgen van zeespiegelstijging op het veiligheidsniveau in Bergen aan Zee niet worden meegenomen. De consequenties daarvan worden in de discussie en aanbevelingen behandeld. Alhoewel het resultaat van dit hoofdstuk zal dienen als nulsituatie voor de kosten-batenanalyse is hier in feite dus geen sprake van omdat niet alle autonome ontwikkelingen worden meegenomen.

### **7.1 Bergen aan Zee**

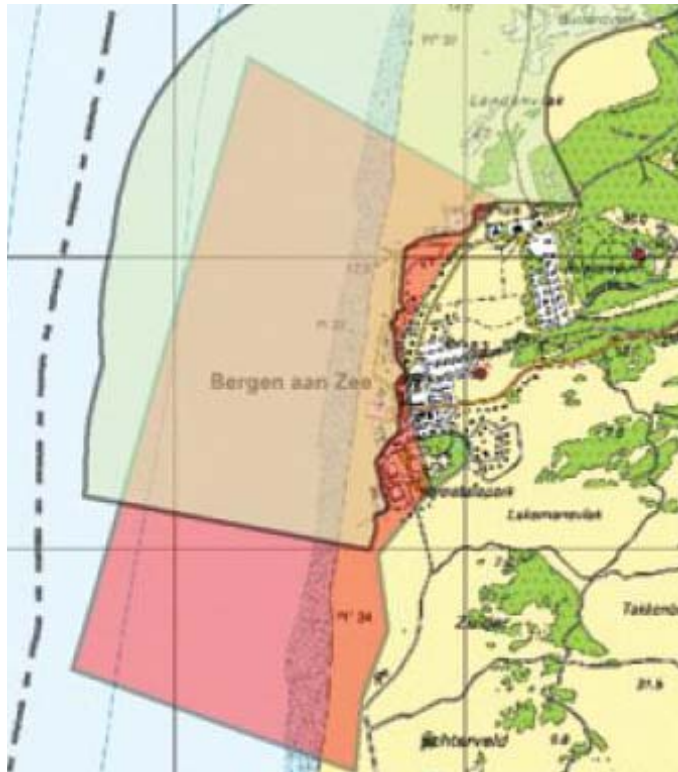
#### **7.1.1 Verantwoorden van de keuze Bergen aan Zee**

Allereerst komt Bergen aan Zee in aanmerking als casestudy omdat deze kustplaats is aangewezen als risicozone (RIKZ, Nielen-Kiezebrink, 2005). Er bevindt zich een spanningsveld tussen de ruimtelijke ontwikkelingen en de invloedssfeer van schademechanismen. Een groot deel van de bebouwing bevindt zich in de normaflslagzone waarbij de normaflslag tot buiten de grenzen van het buitendijkse gebied reikt. Het binnendijkse gebied voldoet dus niet geheel aan de veiligheidsnorm gesteld door de Wet op de Waterkering. Figuur 7.1 illustreert de risicozone en het veiligheidsprobleem. Dit maakt van Bergen aan Zee een prioritaire zone waar op relatief korte termijn investeringen in de veiligheid moeten geschieden.

**Figuur 7.1**

*Bergen aan Zee (NH). Buitendijks gebied (groen) en de normaflslagzone (rood) aan de hand van afslagberekeningen van Klein en Koningsveld (2005). Een aanzienlijk deel van het bebouwde gebied ligt binnendijks waarbij het veiligheidsniveau van eens per 10.000 jaar niet gehaald wordt. De duinaflslag varieert tussen de 122 en 226 meter.*

*Bron: RIKZ, Nielen-Kiezebrink, 2005*



Ten tweede zorgen de natuurlijke omgeving en de recreatieve functie van Bergen aan Zee voor een aanzienlijke sociaal-economische meerwaarde van het gebied. Deze meerwaarde wordt in de huidige kosten-batenanalyses echter niet gekwantificeerd waardoor de werkelijke waarde van het gebied niet volledig benut wordt voor het verantwoorden van investeringen in kustverdediging (zie Nielen-Kiezebrink (2005) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005)).

Daarbij is Bergen aan Zee met circa 500 inwoners (CBS StatLine, 2006) één van de kleinere kustplaatsen. Dit vereenvoudigt de casestudy zodat deze in dit onderzoek is in te passen.

Tenslotte is de primaire kering ter hoogte van Bergen aan Zee voldoende breed om de veiligheid van het achterland volledig te garanderen. Hierdoor wordt het benaderen van de buitendijkse baten niet vertroebeld door een verhoging van de veiligheid van het achterland en daarbij horende stijging van de welvaart.

### **7.1.2**

#### **Gebiedsbeschrijving**

Bergen aan Zee ligt in het Noord Hollandse Duinreservaat Bergen aan Zee. Het dorp telt circa 500 permanente bewoners verspreid over ongeveer 250 woningen. Vrijwel alle huizen zijn vrijstaand. Aan de noordkant (Engelse Park) en de zuidkant bevinden zich luxueuze



woningen. De bouwgrens ligt ongeveer 35 meter landwaarts van de duinvoet. Uit interpolatie van de afslagberekeningen blijkt dat de overschrijdingskans van de bouwgrens circa 1/30 per jaar bedraagt. Vlak aan de bouwgrens staan een vijftal hotels en ook het Noordzee aquarium is op en in de eerste duintoppen gevestigd. Figuur. U.1 geeft een gedetailleerder overzicht van Bergen aan Zee en de normaflslag zoals deze in Figuur 7.1 is weergegeven.

## 7.2

## Schademechanismen Bergen aan Zee

### 7.2.1

### Duinaflslag Bergen aan Zee

Duinaflslag is voor Bergen aan Zee het maatgevende schademechanisme. Figuur 7.1 toont dat circa 50% van de bebouwing in Bergen aan Zee binnen de afslagzone van de maatgevende storm ligt. Aan de hand van afslagberekeningen is de relatie tussen de verwachte duinaflslag en de herhalingstijd in jaren opgesteld. Figuur 7.2 toont deze relatie voor raai 3325 en 3350. Uit de figuur is op te maken dat gemiddeld gezien eens in de 30 a 50 jaar duinaflslag raakt tot aan de bouwgrens. De knik 50 meter landwaarts van de bouwgrens illustreert de overgang naar een lager duinprofiel: per strekkende meter duinaflslag hoeft minder zand afgeslagen te worden waardoor de afslag sneller landinwaarts trekt. De overschrijdingsfrequentielijnen geven de positie weer van de afslagrand bij een bepaalde overschrijdingskans.

#### **Transformatie tot homogene afslagzone**

Ter vereenvoudiging van de risicoberekening wordt gewerkt met één overschrijdingsfrequentielijn. De afslagzone wordt daarvoor geschematiseerd als een rechthoek waarin de afslagkans over de gehele lengte langs de kust van Bergen (circa 1.250 meter) gelijk is. De vereenvoudiging vindt plaats op basis van de maximale respectievelijk minimale berekende normaflslag. Figuur 7.3 toont de schematisatie van deze ondergrens- en bovengrensscenario's.

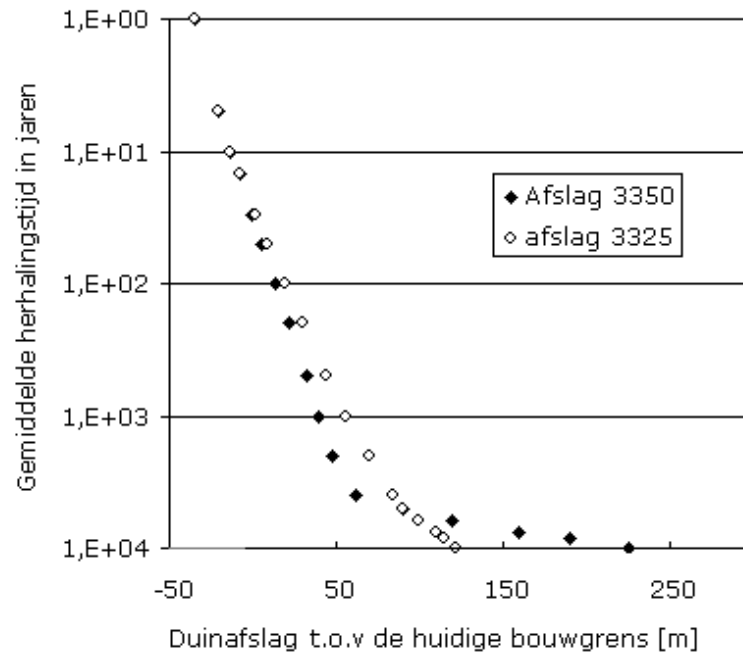
*122 of 226 meter duinaflslag.*

*Het bovengrensscenario gaat uit van duinaflslag tot maximaal 226 landinwaarts van de bouwzone zoals plaatsvindt ter hoogte van raai punt 3350. Het ondergrensscenario gaat uit van 122 meter duinaflslag zoals plaatsvindt ter hoogte van raai punt 3325.*

*Deze benaming staat los van het feit welk scenario het hoogte risico met zich meebrengt.*

**Figuur 7.2**

Overschrijdings-frequentielijn voor Bergen aan Zee ter hoogte van raai punt 3325 en 3350 gebaseerd op de afslagberekeningen van Klein en Koningsveld (2005). De normafslag reikt tot 122 respectievelijk 226 meter landwaarts van de bouwrens. Het onderlinge verschil is te verklaren door het verschil in de vorm van het duinprofiel.



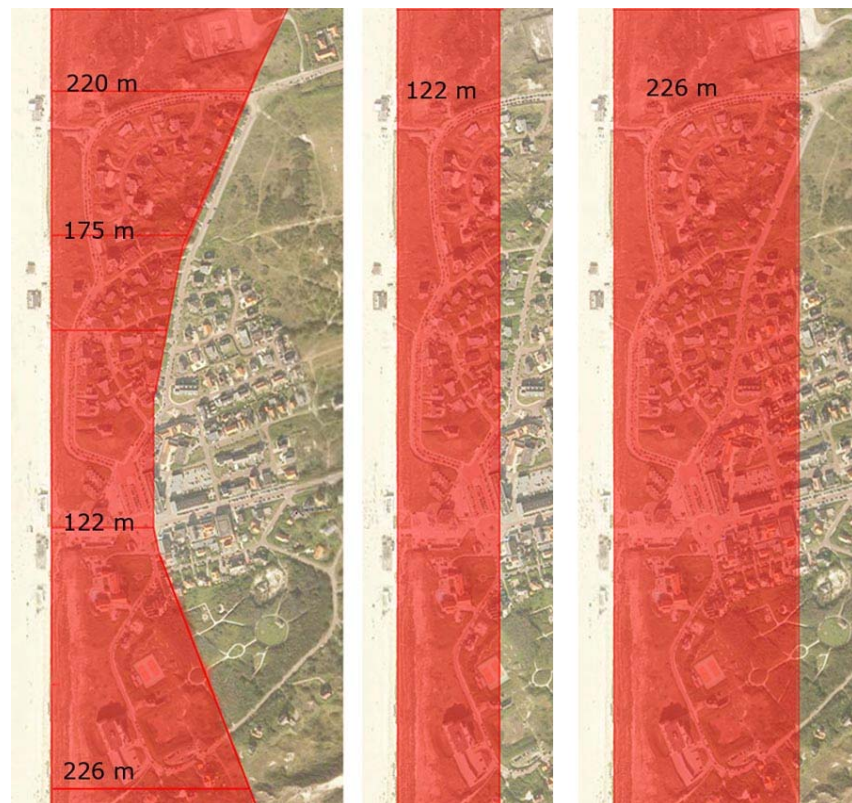
**Figuur 7.3**

Boven- en ondergrens scenario's voor duinafslag.

Links: Gebaseerd op Figuur 7.1 met per raai aparte overschrijdings-frequentielijnen.

Midden: Afslagzone gebaseerd op raai 3325, de ondergrens van de optredende afslag

Rechts: Afslagzone gebaseerd op raai 3350, de bovengrens van de optredende afslag .



Op basis van Figuur 7.2 worden in de kustzone overschrijdings-frequentielijnen ingetekend. Figuur 7.4 en Figuur 7.5 tonen de frequentielijnen en staan aan de basis van de risicoberekening van Bergen aan Zee.



**Figuur 7.4**

*Homogene afslagzone tot 122 meter landwaarts van de bouwgrens.*

*De frequentielijnen tonen de jaarlijkse gemiddelde overschrijdingskansen van duinafslag. De 1:1 lijn ligt aan de duinvoet, circa 35 meter zeewaarts van de bouwgrens.*

*Gebaseerd op afslagberekeningen van raai 3325.*

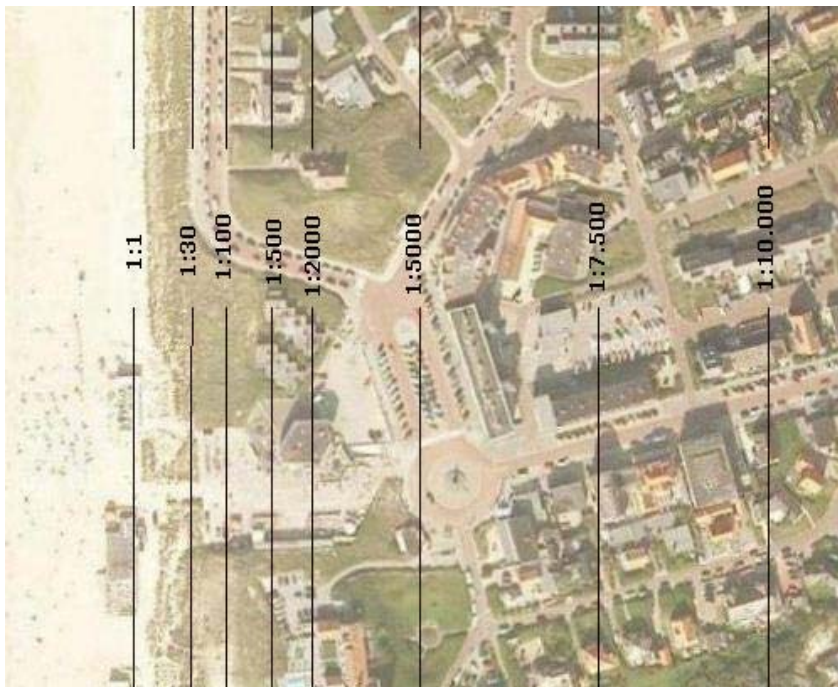


**Figuur 7.5**

*Homogene afslagzone tot 226 meter landwaarts van de bouwgrens.*

*De overschrijdings-frequentielijnen tonen de jaarlijkse gemiddelde overschrijdingskansen van duinafslag. De 1:1 lijn ligt aan de duinvoet, circa 35 meter zeewaarts van de bouwgrens.*

*Gebaseerd op afslagberekeningen van raai 3350.*





### 7.2.2

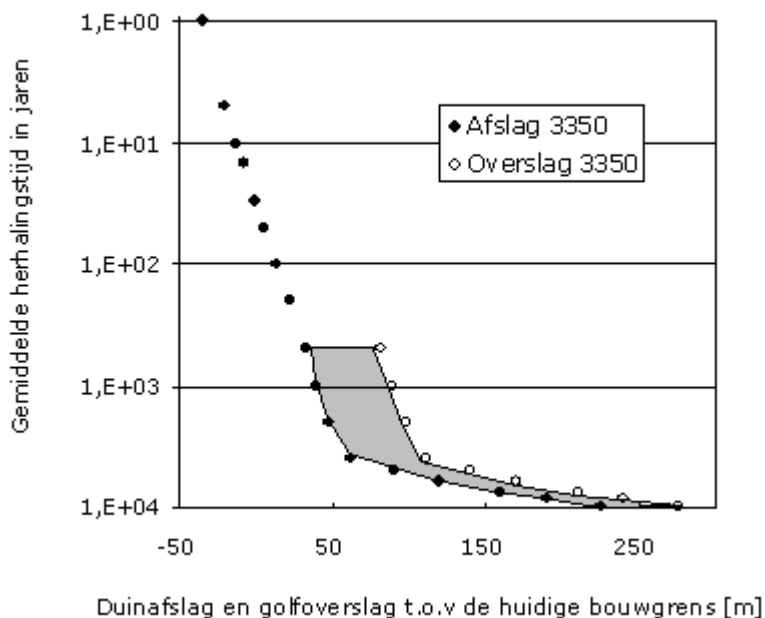
#### Golfoverslag Bergen aan Zee

Golfoverslag speelt als schademechanisme voor Bergen aan Zee een rol van betekenis wanneer de toppen van de eerste duinenrij afgeslagen zijn (zie Figuur 3.3). De kans dat duinafslag tot voorbij de duintop van de eerste duinrij reikt en golfoverslag op kan treden kan uit Figuur 7.4 en duinprofielen van Bergen aan Zee geschat worden op circa 1/500 per jaar. Het achterliggende kustgebied in Bergen aan Zee ligt lager en heeft een aflopend talud richting de dorpskern. De aanwezige verharding in de dorpskern verhindert snelle infiltratie van het inkomende zeewater. Er kan daarom niet uitgesloten worden dat naast duinerosie golfoverloop en overslag plaatsvindt.

Als uitgangspunt voor de golfoverslag wordt de positie van de afslagrand genomen. Op basis van de benadering van de invloedssfeer in Bijlage K wordt uitgegaan van een zone van gemiddeld circa 50 meter landwaarts van de afslagrand waar schade optreedt ten gevolge van erosie, inundatie en zoutinwerking. Bijlage N behandelt de schadefactor (de verhouding tussen schade en de aanwezige waarde) in deze zone. Figuur 7.6 toont voor de maximale normafslag de overschrijdingslijn van golfoverslag.

**Figuur 7.6**

Bij stormen met een gemiddelde herhalingsstijd boven de 500 jaar treedt tevens schade op door golfoverslag. De invloedssfeer strekt zich circa 50 meter landwaarts van de afslagrand uit. De zone is weergegeven door het gearceerde vlak.





### 7.2.3

#### **Salt spray**

Het huidige duinbeleid is er op gericht de biodiversiteit in de kustzone te maximaliseren. Hiervoor is het belangrijk dat eindvegetatie als loofbomen en hoog struikgewas geen kans krijgen. De zilte zeewind en salt spray dragen hier door verzilting significant aan bij. Salt spray wordt in de regio Bergen aan Zee waar de duinreep breed is niet als negatief of als schademechanisme ervaren. De corrosieve werking op voertuigen en woningen is in verband met neerslag tijdens de storm verwaarloosbaar. Zie Bijlage N voor verdere uitleg.

## 7.3

### **Risico huishoudens en infrastructuur**

In deze paragraaf wordt de jaarlijks te verwachte schade aan huishoudens en infrastructuur berekend. Hiervoor wordt de gemiddelde waarde van Bergen aan Zee per strekkende meter bepaald. De onderbouwing daarvan is terug te vinden in Bijlage L. Duinafslag zorgt voor 256.000 tot 426.000 euro schade per strekkende meter landwaartse schade.

#### ***Grondverlies***

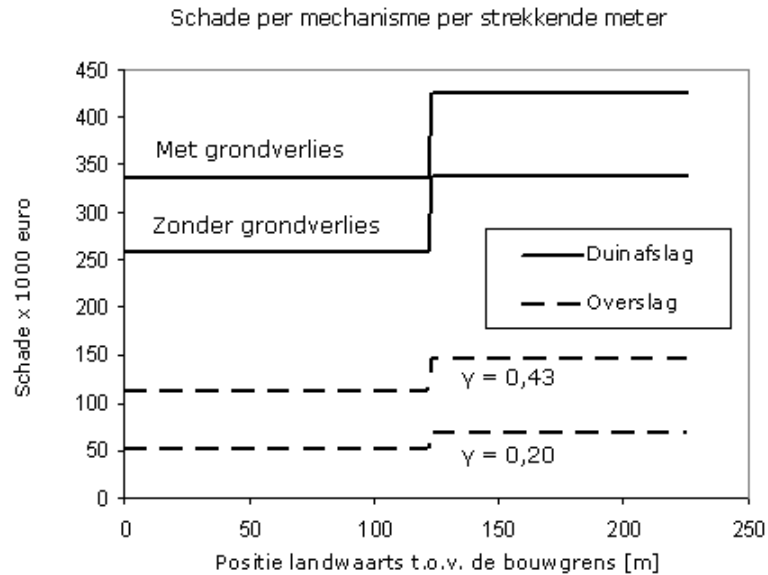
De herbouwwaarde en inboedelwaarde geven tezamen geen volledige schatting van de schade door duinafslag. Hierbij gaat immers ook het kavel zelf verloren. Na de storm kan het kavel op een onbebouwbare plaats liggen. Hetgeen tot aanvullende zandsuppleties of verplaatsing van het kavel verplicht. Het onderscheid (wel of niet meenemen van extra uitgaven door grondverlies) is aangebracht om de risicoberekeningen te kunnen vergelijken met berekeningen van Nielen-kiezebrink (2005) waarbij geen rekening is gehouden met grondverlies. Figuur 7.7 toont de maximale en minimale schade per mechanisme per strekkende meter.

#### ***Differentiatie***

In de casestudy is onderzocht in hoeverre het detailniveau van de waardefunctie  $W(x)$  invloed heeft op de verwacht schade. 122 meter landwaarts van de bouwgrens (samenvallend met de afslagzone volgens raai 3325) is een overgang van extensief naar intensief bebouwd gebied te onderscheiden. Deze sprong in waarde is opgenomen in de waardefunctie van Figuur 7.7. Wanneer rekening wordt gehouden met de waardesprong, wordt gesproken van (waarde)differentiatie.

**Figuur 7.7**

*Ruimtelijke verdeling van de optredende schade per schademechanisme per strekkende meter. De schade is berekend aan de hand van de waarde per huishouden en infrastructuurwaarde in Bergen aan Zee. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de zone 0-122 meter en de zone 122 tot 226 meter omdat de woningdichtheid landwaarts toeneemt.*

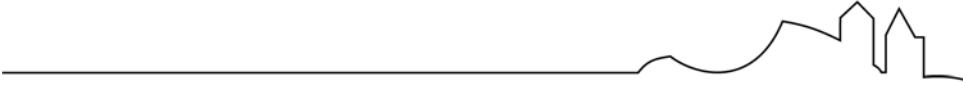


### 7.3.1

#### Risico duinafslag

De ondergrens voor de 1/10.000 jaar normafslag reikt circa 122 meter landwaarts van de bouwgrens. In deze zone vertegenwoordigen luxe woningen meer dan 55% van het woningaanbod. Door de relatief ruime percelen en de ruimtelijke plaatsing ligt de economische waarde per strekkende meter toch lager dan in de 122 tot 226 meter zone tot waar de bovengrens van duinafslag reikt. Hier liggen de woningen dichter opeen en is met 63% van de woningen de middel categorie het sterkst vertegenwoordigd. Tabel 7.1 toont de jaarlijks te verwachte schade aan huishoudens en infrastructuur ten gevolge van duinafslag. Daarbij zijn een zestal scenario's uitgewerkt.

1. Duinafslag tot 122 meter zonder grondverlies.
2. Duinafslag tot 122 meter met volledig grondverlies.
3. Duinafslag tot 226 zonder grondverlies en zonder differentiatie in de economische schade.
4. Duinafslag tot 226 zonder grondverlies en met differentiatie in de economische schade.
5. Duinafslag tot 226 met volledig grondverlies en zonder differentiatie in de economische schade.
6. Duinafslag tot 226 met volledig grondverlies en met differentiatie in de economische schade.



Ieder scenario kent drie varianten die staan uitgewerkt in Bijlage R.

- I. Onderschatting van de verwachte jaarlijkse duinafslag.
- II. Gemiddelde inschatting van de verwachte jaarlijkse duinafslag.
- III. Overschatting van de verwachte jaarlijkse duinafslag.

*Tabel 7.1: Economisch risico per jaar door verwachte schade aan huishoudens en infrastructuur door duinafslag voorbij de bouwgrens.*

|                                      | I              | II             | III            |
|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Afslag ondergrens scenario (122) [m] | 0,39           | 0,56           | 0,72           |
| Afslag bovengrens scenario (226) [m] | 0,29           | 0,41           | 0,52           |
|                                      |                |                |                |
| Scenario 1 [€/j]                     | 101.251        | 144.980        | 188.709        |
| <b>Scenario 2 [€/j]</b>              | <b>132.373</b> | <b>188.642</b> | <b>244.911</b> |
| Scenario 3 [€/j]                     | 74.574         | 106.274        | 137.974        |
| Scenario 4 [€/j]                     | 75.629         | 107.777        | 139.925        |
| <b>Scenario 5 [€/j]</b>              | <b>97.033</b>  | <b>138.280</b> | <b>179.527</b> |
| <b>Scenario 6 [€/j]</b>              | <b>98.221</b>  | <b>139.973</b> | <b>181.725</b> |

### **Conclusies**

Uit Tabel 7.1 blijkt dat scenario 2 ondanks dat de normaflslagzone 122 in plaats van 226 meter landwaarts reikt, het hoogste risico met zich meebrengt. Dit is te verklaren aan de hand van Figuur 7.2, waarin te zien is dat de hoog frequente stormen verder landinwaarts reiken. Het verwachte afslagoppervlak is zodoende groter.

Tabel 7.1 toont dat de sprong in de economische schade per strekkende meter bij 122 meter en verder, weergegeven in Figuur 7.7, vrijwel geen invloed heeft op het berekende risico. De kans dat duinafslag in het bovengrensscenario verder dan 122 meter reikt, en er zodoende schade wordt aanricht in het gebied met een hoge waardedichtheid, is circa 1/6.000. Het aandeel van de hogere waardering heeft vrijwel geen inbreng in de risicoberekening.

In dit onderzoek wordt het aannemelijk geacht dat volledig grondverlies plaatsvindt in de afslagzone. Dat wil zeggen dat woningen en bedrijven niet herbouwd kunnen worden zonder dat er aanzienlijke investeringen in de ondergrond gedaan moeten worden (suppleties of aankoop van een nieuw kavel). De verwachte jaarlijkse schade aan huishoudens en infrastructuur ten gevolge van duinafslag bedraagt in de huidige situatie gemiddeld 189.000 euro bij afslag volgens het afslagprofiel tot maximaal 122 meter en gemiddeld 138.000 euro indien wordt uitgegaan van duinafslag bij een afslagprofiel tot maximaal 226 meter.

### 7.3.2

#### Risico golfoverslag

Het mechanisme golfoverslag wordt geschematiseerd als een zone van circa 50 meter landwaarts van de afslagrand waar door inundatie en hoge stroomsnelheden schade optreedt. Figuur 7.7 geeft de boven- en ondergrens van de schade per strekkende meter weer. De kans dat schade door overslag optreedt is maximaal 1/500. Tabel 7.2 toont de jaarlijks te verwachte schade aan huishoudens en infrastructuur ten gevolge van golfoverslag. Daarbij zijn een viertal scenario's uitgewerkt. Het verschil tussen schade door overslag in het geval van maximaal 122 meter duinafslag en maximaal 226 meter blijkt verwaarloosbaar klein. Hier volstaat een berekening van één van beide. De onderbouwing van schadefactor  $\gamma$  is terug te vinden in Bijlage N.

1. Golfoverslag  $\gamma = 0,2$  zonder differentiatie in de waarde.
2. Golfoverslag  $\gamma = 0,2$  met differentiatie in de waarde.
3. Golfoverslag  $\gamma = 0,43$  zonder differentiatie in de waarde.
4. Golfoverslag  $\gamma = 0,43$  met differentiatie in de waarde.

*Tabel 7.2: Economisch risico in euro's per jaar door verwachte jaarlijkse schade aan huishoudens en infrastructuur door overslag.*

| Scenario 1 | 5.200  |
|------------|--------|
| Scenario 2 | 5.600  |
| Scenario 3 | 11.100 |
| Scenario 4 | 11.950 |

#### Conclusies

Uit Tabel 7.2 blijkt dat de sprong in de economische schade per strekkende meter bij 122 meter en verder, weergegeven in Figuur 7.7, zorgt voor een circa 8% hoger risico ten gevolge van overloop en overslag.

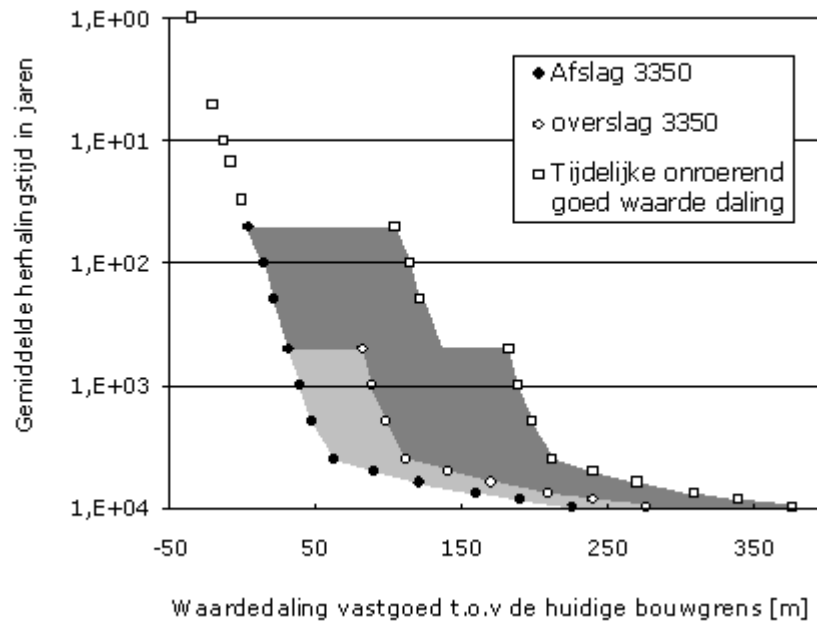
### 7.3.3

#### Tijdelijke waardedaling onroerend goed

In paragraaf 5.8.1 wordt de economische schade door een tijdelijke waardedaling van het onroerend goed geschat op circa 2% van de woningwaarde. Bij aanzienlijke schade(dreiging) wordt verondersteld dat dit effect tot 100 meter landwaarts van de afslagrand optreedt. Als aanzienlijke schade wordt de eens per 50 jaar duinafslag verondersteld, want bij deze stormintensiteit verdwijnt een deel van de Boulevard alsmede de bebouwing nabij de bouwgrans. De kans op een schadezone van 100 meter is zodoende 1/50 per jaar.

**Figuur 7.8**

*Bij stormen met een gemiddelde herhalingsstijd boven de 50 jaar treedt economische schade op door een tijdelijke afname van de huizenprijzen. Deze zone beslaat het gebied tot 100 meter landwaarts van de fysieke schade.*



De zone waarin de waardedaling plaatsvindt verschuift landwaarts naarmate de stormintensiteit toeneemt. Uit Figuur 7.8 blijkt dat bij een herhalingsstijd van circa 500 jaar de gehele zone voorbij de 122 meter ligt daarbij dus geen differentiatie in de waardefunctie meer hoeft te worden toegepast.

Voor een viertal scenario's wordt het risico door waardedaling van onroerend goed door risicoperceptie uitgewerkt. Als hoge en lage inschatting van de woningwaarde worden de herbouwwaarde met en zonder grondprijs aangehouden.

1. Waardedaling bij een lage inschatting, zonder differentiatie in de economische waarde.
2. Waardedaling bij een lage inschatting, met differentiatie in de economische waarde.
3. Waardedaling bij een hoge inschatting, zonder differentiatie in de economische waarde.
4. Waardedaling bij een hoge inschatting zonder, differentiatie in de economische waarde.

*Tabel 7.3: Economisch risico in euro's per jaar door tijdelijke waardedaling van woningen in Bergen aan Zee.*

| Scenario 1 | 10.360 |
|------------|--------|
| Scenario 2 | 10.676 |
| Scenario 3 | 13.480 |
| Scenario 4 | 13.836 |



### **Conclusies**

Uit Tabel 7.3 blijkt dat differentiatie van de woningwaarde tot een verwaarloosbaar verschil van 2,6% leidt. Het risico is sterk afhankelijk van de aanname bij welke stormintensiteit risicoperceptie een rol gaat spelen en wat het gebied is waar de waardedaling optreedt.

## **7.4**

### **Bedrijven**

Uit inventarisatie van bedrijven in Bergen aan Zee (BRON) blijkt een zestal horecaondernemingen, zes hotels, één winkel en het Zeeaquarium zijn gevestigd in het gebied tot 122 meter van de bouwgrens. Tabel. M.1 in Bijlage M toont de waarde van de ondernemingen. Wegens het ontbreken van gedetailleerde gegevens over het aantal arbeidsplaatsen is de economische waarde van de bedrijven afgeleid uit (Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005)). Voor de bedrijven is het economisch verlies van tijdelijke waardedaling niet meegenomen.

#### **7.4.1**

### **Risico duinafslag en golfoverslag**

Tabel 7.4 toont de boven- en ondergrens van het risico ten gevolge van duinafslag en overslag voor bedrijven op basis van een over- en onderschatting van het aantal verwachte meters duinafslag (zie Bijlage R).

*Tabel 7.4: Economisch risico in euro's per jaar door verwachte jaarlijkse schade aan bedrijven door duinafslag en overslag.*

|                                           | onderschatting | overschatting |
|-------------------------------------------|----------------|---------------|
| Verwachte jaarlijkse afslagschade [€/j]   | 24.200         | 124.900       |
| Verwachte jaarlijkse overslagschade [€/j] | 1.120          | 2.408         |

De jaarlijkse verwachte is relatief hoog doordat vrijwel alle bedrijven op of nabij de bouwgrens gesitueerd zijn en zodoende een grote kans hebben op schade.



## 7.5

### Risico meerwaarde natuur

Het jaarlijks verwachte oppervlak natuurareaal dat verloren gaat door stormschade wordt berekend door de verwachte duinafslag en overslag (gebaseerd op Figuur 7.6) te vermenigvuldigen met de breedte van het onderzoeksgebied. Er is geen verschil tussen het ondergrensscenario (afslag ter hoogte van raai 3325) en het bovengrensscenario (afslag ter hoogte van raai 3350) gevonden. Tabel 7.5 toont de verwachte areaalafname in de kustzone van Bergen aan Zee waarbij drie varianten worden door gerekend.

- I. Een onderschatting van de verwachte jaarlijkse schadezone
- II. Een gemiddelde inschatting van de verwachte jaarlijkse schadezone.
- III. Een overschatting van de verwachte jaarlijkse schadezone.

*Tabel 7.5: Jaarlijkse verwachte afname van het natuurareaal.*

|                                                              | I     | II     | III    |
|--------------------------------------------------------------|-------|--------|--------|
| Verwachte jaarlijkse duinafslag en overslag [m/j]            | 4,7   | 11,5   | 18,3   |
| Verwachte jaarlijkse afname natuurareaal [m <sup>2</sup> /j] | 5.875 | 14.375 | 22.875 |

De grote afwijking tussen de drie varianten wordt verklaard door het gebrek aan afslagberekeningen voor korte herhalingstijden. Deze tellen echter wel relatief zwaar mee in de verwachtingswaarde.

#### 7.5.1

#### Dagrecreatie en betalingsbereidheid (WTP)

Naar schatting bezoeken jaarlijks 500.000 toeristen Bergen aan Zee voor een dagbezoek (Wildschut, 2002). Circa 50.000 bezoekers hebben natuurbezoek als hoofdmotief. De bestemming van deze bezoekers is de kustzone tot 2 km noordwaarts en 2 km zuidwaarts van het centrum van Bergen aan Zee. Een wandeling van 4 kilometer wordt hierbij als gemiddelde bovengrens gezien. Bovendien wordt verder zuidwaarts de invloedssfeer van Egmond aan Zee (op circa 4 km van Bergen aan Zee) merkbaar. De specifieke duinvegetatie bevindt zich in dit gebied van de duinvoet tot 500 a 1.100 meter landinwaarts. Tabel 7.6 toont de afname van het natuurareaal gerelateerd aan bezoekers van Bergen aan Zee. Gemakshalve wordt het aantal bezoeken evenredig met het percentage natuurareaal geacht. De tabel toont de verwachte afname in welvaart door afname van dagrecreatie en recreatieve beleving.

## 7.5.2

### Verblijfsrecreatie en betalingsbereidheid (WTP)

De fractie natuurgerelateerde verblijfsrecreatie wordt gesteld op 10% van het totaal (Ruijgrook, 2006). Jaarlijks vinden circa 540.000 overnachtingen plaats in de kern Bergen (De plaatsen Bergen aan Zee en Bergen) (Amsterdam Leisure Consultancy, 2003). Bij gebrek aan gedetailleerde gegevens omtrent de verdeling van verblijfsbezoekers tussen de woonkernen Bergen en Bergen aan Zee wordt aangenomen dat 10% van de natuurgerelateerde verblijven daadwerkelijk in Bergen aan Zee plaatsvindt. Dit is ruwweg de orde van grootte verhouding tussen beide plaatsen.

## 7.5.3

### Niet gebruikswaarde van natuur

Op basis van Figuur. O.1 uit Bijlage O wordt de procentuele afname van natuurareaal in een straal van 10 kilometer rond Bergen aan Zee berekend. Het totale oppervlak natuur beslaat circa 23 km<sup>2</sup>. Er wordt aangenomen dat een af of toename van het natuurareaal met 1% ook met 1% van de totale waardering van natuur wordt gewaardeerd. In het invloedsgebied zijn circa 40.000 huishoudens woonachtig welke eenmalig een maximaal bedrag van 10 tot 20 euro over hebben voor behoud van natuur.

## 7.5.4

### Overzicht

*Tabel 7.6: Economisch risico in euro's per jaar door verwachte jaarlijkse schade aan natuur. Ondergrens, gemiddelde en bovengrens.*

|                                                                                  | I          | II           | III          |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|--------------|
| Verwachte jaarlijkse duinafslag en overslag [m/j]                                | 4,7        | 11,5         | 18,3         |
| Verwachte jaarlijkse afname natuurareaal [m <sup>2</sup> /j]                     | 5.875      | 14.375       | 22.875       |
| Afname areaal [%]                                                                | 0,02       | 0,06         | 0,10         |
| Welvaartsvermindering per jaar door verwachte afname uitgaven dagrecreatie [€/j] | 232        | 1111         | 1.991        |
| Welvaartsvermindering door verwachte afname uitgaven verblijfsrecreatie [€/j]    | 64         | 380          | 696          |
| Welvaartsvermindering per jaar door verwachte afname niet-gebruikswaarde [€/j]   | 100        | 438          | 777          |
| Jaarlijks risico economische waardering natuur [€/j]                             | <b>396</b> | <b>1.929</b> | <b>3.464</b> |

## 7.6

### Risico meerwaarde water en strand

Aan de hand van Figuur 7.6 en Bijlage P is de verwachte afname van het aantal water en strandgerelateerde bezoekers bepaald.

*Tabel 7.7: Jaarlijkse verwachte daling van het strandbezoek door een afname van de aantrekkelijkheid als gevolg van stormschade.*

| Gevoeligheid | Afname [%] |
|--------------|------------|
| Laag         | 0,1        |
| Middel       | 1,0        |
| Hoog         | 4,0        |

#### 7.6.1

#### Dagrecreatie en betalingsbereidheid (WTP)

Naar schatting bezoeken jaarlijks 500.000 toeristen Bergen aan Zee voor een dagbezoek (Wildschut, 2002). Circa 450.000 bezoekers hebben water en strand als hoofdmotief. Tabel 7.7 toont de procentuele afname van het aantal bezoekers van Bergen aan Zee.

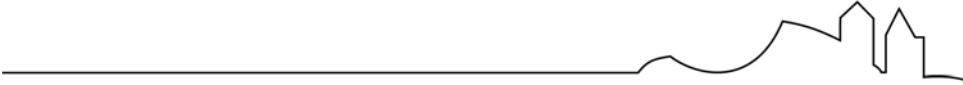
#### 7.6.2

#### Verblijfsrecreatie en betalingsbereidheid (WTP)

Jaarlijks vinden circa 540.000 overnachtingen plaats in de kern Bergen (Amsterdam Leisure Consultancy, 2003). 486.000 zijn gerelateerd aan water en strandbezoek. Bij gebrek aan gedetailleerde gegevens omtrent de verdeling van verblijfsbezoekers tussen de woonkernen Bergen en Bergen aan Zee wordt aangenomen dat 10% van de water en strand gerelateerde verblijven in Bergen aan Zee plaatsvindt. Tabel 7.8 toont het economisch risico door afnemend strandbezoek.

*Tabel 7.8: Economisch risico in euro's per jaar door verwachte afname van strand bezoek. Lage, gemiddelde en hoge gevoeligheid.*

|                                                                                | laag         | middel        | hoog           |
|--------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|----------------|
| Welvaartsvermindering per jaar door verwachte afname uitgaven dagrecreatie [€] | 3.052        | 30.519        | 122.076        |
| Ondergrens verwachte afname uitgaven verblijfsrecreatie [€]                    | 447          | 4.471         | 17.885         |
| Bovengrens verwachte afname uitgaven verblijfsrecreatie [€]                    | 569          | 5.686         | 22.745         |
| Jaarlijks risico economische waardering water en strand [€]                    | <b>3.560</b> | <b>35.598</b> | <b>142.391</b> |



### Conclusies

Het economische risico tengevolge van een afnemende aantrekkelijkheid van het strand door stormschade is sterk afhankelijk van de verwachtingswaarde uit Figuur. P.1 uit de bijlage Kwaliteit van het strand. Er wordt gekozen voor een middeling van het risico.  $1/3 (3.560 + 35.598 + 142.391) = 60.000$  euro per jaar.

Hoewel het gemiddelde ruim boven het middel scenario uitvalt is dit niet noodzakelijk een overschatting van het risico. In deze berekening wordt er immers vanuit gegaan dat het aantal strandbezoekers na een jaar weer op het oude niveau terug is. Dit hoeft zeker na zeer zware stormen niet het geval te zijn. Herstelwerkzaamheden kunnen meerdere jaren in beslag nemen.

## 7.7

### Risico bodem en landschap

#### 7.7.1

#### Gezuiverd drinkwater

Het verwachte verlies aan potentieel door zandgronden gezuiverd drinkwater wordt economisch gewaardeerd door de extra zuiveringskosten per kubieke meter water in rekening te brengen. Door duinafslag neemt het oppervlak duingebied, en daarmee het infiltratiegebied af. In paragraaf 5.6.1 is berekend dat op jaarbasis circa 0,14 cent per m<sup>2</sup> verloren gaat.

*Tabel 7.9: Economisch risico in euro's per jaar door verwachte afname van infiltratie oppervlak.*

|                                                                                 | I          | II           | III          |
|---------------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|--------------|
| Verwachte jaarlijkse duinafslag [m/j]                                           | 4,7        | 11,5         | 18,3         |
| Verwachte jaarlijkse afname duinoppervlak [m <sup>2</sup> /j]                   | 5.875      | 14.375       | 22.875       |
| Welvaartsvermindering per jaar door verwachte toename in zuiveringskosten [€/j] | <b>822</b> | <b>2.013</b> | <b>3.206</b> |

#### 7.7.2

#### Landschap en cultuurhistorie

Vanwege het ontbreken van gegevens is deze post niet verder uitgewerkt.

## 7.8

## Immateriële schade

### 7.8.1

#### Overlast bij evacuatie

Bij dreigende stormschade wordt overgegaan tot gehele of gedeeltelijke evacuatie van Bergen aan Zee. Er wordt aangenomen dat de immateriële schade voor bezoekers van hotels en pensions aanwezig ten tijde van de storm verwaarloosbaar is ten opzichte van dat van de bewoners.

##### **Ondergrens**

Alleen van die huizen waar fysieke schade optreedt worden de bewoners geëvacueerd. Gebruikmakend van Figuur 7.6 wordt het aantal verwachte woningen met schade geschat op circa 0,57 per jaar. Het jaarlijks verwachte aantal evacués bedraagt 1,14.

##### **Bovengrens**

Zodra aanzienlijke schade aan bebouwing optreedt (zie paragraaf 7.3.3) worden alle bewoners tot aan de meest landwaarts gelegen afslagrand geëvacueerd. Dit betekent een ontruiming van circa 161 woningen en appartementen met gemiddeld 2 bewoners. Het jaarlijks verwachte aantal evacués bedraagt 6,44.

*Tabel 7.10: Jaarlijks verwachte immateriële schade door evacuatie*

|                                              | ondergrens | bovengrens |
|----------------------------------------------|------------|------------|
| Aantal evacués                               | 1,14       | 6,44       |
| Jaarlijks verwachte immateriële schade [€/j] | 5.700      | 32.200     |

### 7.8.2

#### Geestelijke en lichamelijke gezondheid

Uit onderzoek van Kamp en Van der Velden (2001) blijkt dat het verliezen van een woning door brand of overstroming kan leiden tot een toename van het ziekteverzuim van 4% (nationaal gemiddelde, CBS Statline, 2006) tot circa 10% (een toename van 6% t.o.v. het nationaal gemiddelde). Als ondergrens is gekozen voor een percentage van 5% (toename van 1% t.o.v. het nationaal gemiddelde) dat in de ziektewet belandt. Aan de hand van Tabel 7.1 wordt het verwachte aantal door duinafslag getroffen woningen benaderd (huizendichtheid bedraagt circa 67 woningen / 122 meter). Tabel 7.11 toont het bijhorende economisch risico.

De berekening heeft als uitgangspunt dat 40% van de inwoners fulltime werkt. Arbeidsjaren / totale bevolking = 40% (CBS Statline, 2006). De getroffen en geraken blijvend arbeidsongeschikt. De

gemiddelde leeftijd van de getroffen is 39,4 jaar zodoende gaan gemiddeld 25 productieve jaren verloren. Toekomstige jaren worden naar het heden verdisconteerd met een rentevoet van 4%. Dit zorgt per verwachte werknemer in de ziektewet voor een schadepost van:

$$\sum_0^{25} \frac{(42 \cdot 5 \cdot 275)}{(1 + 0,04)^t} = 964.425 \text{ euro.}$$

*Tabel 7.11: Economisch risico door verlies aan productie en vervangingskosten door verwacht ziekteverzuim als gevolg van trauma*

|                                               | Lage inschatting<br>[1% toename] | Hoge inschatting<br>[6% toename] |
|-----------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Verloren woningen                             | 0,21                             | 0,40                             |
| Aantal getroffen                              | 0,42                             | 0,80                             |
| Aantal getroffen extra in de ziektewet        | 0,0042                           | 0,048                            |
| Aantal arbeidsjaren [j]                       | 0,00017                          | 0,0192                           |
| Verwachte jaarlijkse economische schade [€/j] | 164                              | 18.517                           |

### 7.8.3

#### Risico van dodelijke slachtoffers

In Bijlage T wordt een methode aangedragen om het aantal dodelijke slachtoffers ten gevolge van zeer zware stormen te bepalen. Concreet bezien zijn over het verwachte aantal slachtoffers geen harde uitspraken te doen. De buitendijkse kuststrook is zo smal dat mensen zich te voet in veiligheid kunnen brengen. De bewoners van de buitendijkse kustzone zijn met 15.000 (Poelmann, 2005) tot circa 50.000 in de normaflslagzone volgens Klein en Koningsveld (2005) hoogst waarschijnlijk binnen de benodigde tijd te evacueren (Jan Kroos, SVSD). Als ondergrens worden zodoende geen dodelijke slachtoffers verwacht.

De situatie kan echter zodanig zijn dat niet alle bewoners bereikt worden. Denk aan een ongelukkige combinatie van stroomuitval in de vroege avond en een stormpiek vroeg in de daarop volgende ochtend. Bewoners slapen met oordoppen in of gebruiken slaapmiddelen etc. Daarnaast zullen er altijd mensen zijn die juist naar de kust toekomen en het gevaar opzoeken. Hulpverleners zien zich hierdoor mogelijk genoodzaakt het buitendijkse gebied in te trekken. Tijdens evacuatie en na evacuatie is de kans op hartaanvallen onder ouderen significant. Als bovengrens wordt het aantal dodelijke slachtoffers gesteld op 10% van het aantal mensen dat in de ziektewet belandt. Een dergelijke verhouding is ook gevonden bij de vuurwerkramp in Enschede. Er wordt uitgegaan van een eenmalig economisch verlies van 450.000 euro per dodelijk slachtoffer.

*Tabel 7.12: Economisch risico door verlies aan consumptie door verwacht overlijden van bewoners.*

|                                                             | laag | hoog   |
|-------------------------------------------------------------|------|--------|
| Verwachte aantal jaarlijkse dodelijke slachtoffers [-]      | 0    | 0,0048 |
| Economisch risico ten gevolge van dodelijk slachtoffers [€] | 0    | 2.160  |

## 7.9

### Economische groeiscenario's

Uit literatuuronderzoek blijkt dat economische groei veelal wordt gerepresenteerd door algemene groeiscenario's (Eijgenraam et al., 2000). Er wordt gekozen voor scenario's met een toename van de huidige economische omvang met 0%, 0,5%, 1,0% en 2% per jaar. Het 0% scenario representeert de situatie waarin de economische groei van de buitendijkse gebieden volledig wordt tegengegaan door tijdelijke bouwrestricties en de onzekerheid omtrent het veiligheidsniveau. Bij hogere groeipercentages is er sprake van een groei van het aantal woningen, bedrijven, toeristen en een toename in het uitgave patroon van bewoners en bezoekers van de kustzone.

*Tabel 7.13: Een viertal groeiscenario's.*

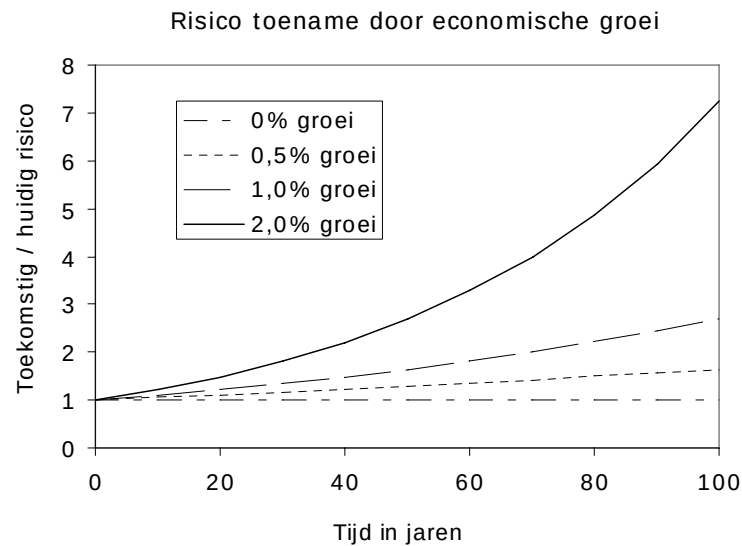
| Huidig<br>[scenario 1] | Laag<br>[scenario 2] | Middel<br>[scenario 3] | Hoog<br>[scenario 4] |
|------------------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| 0%                     | 0,5%                 | 1,0%                   | 2,0%                 |

De groeiscenario's worden geïmplementeerd op alle risicoposten. De risicovrije en risicovolle posten (niet te verwarren met risico laag en risico hoog als boven en ondergrens van de risicoschatting) worden apart berekend om verdiscontering met een afwijkende discontovoet (4% en 7%) mogelijk te maken. Alle posten uit paragraaf 7.3 worden wegens de marktonzekerheid in de vastgoedsector verdisconteerd met een percentage van 7% (Ruijgrok, 2006).

**Figuur 7.9**

*Toename van het risico ten gevolge van economische groei in de kustzone.*

*In een periode van 100 jaar neemt de jaarlijks te verwachte schade met een factor 1,6, 2,7 en 7,2 toe bij respectievelijk 0,5%, 1,0% en 2,0% jaarlijkse groei van de lokale economie.*



De contante waarde van het risico met een economisch groeiscenario wordt aldus berekend:

$$CW = risico * \sum_{t=0}^{100} \frac{(1+g)^t}{(1+r+p)^t} \quad (4)$$

Waarbij  $g$  het groeipercentage voorstelt,  $r$  de risicovrije discontovoet en  $p$  de risico-opzet. Tabel 7.14 toont de discontofactor van vier economische scenario's bij een planperiode van 100 jaar.

*Tabel 7.14: Discontofactoren bij vier groeiscenario's*

|                 | 0%   | 0,5% | 1,0% | 2,0% |
|-----------------|------|------|------|------|
| Risicovrij [4%] | 25,5 | 28,8 | 32,9 | 44,7 |
| Risicovol [7%]  | 15,3 | 16,4 | 17,8 | 21,2 |



## 7.10

### Overzicht

In deze paragraaf is een overzicht opgenomen van het jaarlijkse economische risico van Bergen aan Zee ten gevolge van zeer zware stormen met een herhalingsjijd tot 1/10.000 jaar. Door de jaarlijkse risico's te verdisconteren over 100 jaar, wordt de contante waarde van de stormschade over deze periode bepaald. Onderstaande tabellen tonen het jaarlijkse risico en de bijhorende contante waarde over een periode van 100 jaar.

*Tabel 7.15: Jaarlijks economisch risico en de contante waarde in 2007 ten gevolge van de verwachte stormschade aan risicovolle objecten in Bergen aan Zee. Discontovoet 7%, 0% economische groei.*

|                                             | Risico laag [€] | Risico Hoog [€] | Contante waarde laag [€] | Contante waarde hoog [€] |
|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Schade aan woningen door duinafslag         | 140.000         | 189.000         | 2.142.000                | 2.891.700                |
| Schade aan woningen door golfoverslag       | 5.400           | 11.500          | 82.620                   | 175.950                  |
| Tijdelijke waardedaling door fysieke schade | 10.500          | 13.500          | 160.650                  | 206.550                  |
| Schade aan bedrijven door duinafslag        | 24.200          | 124.900         | 370.260                  | 1.910.970                |
| Schade aan bedrijven door golfoverslag      | 1.120           | 2.408           | 17.136                   | 36.842                   |
| Totaal                                      | 181.220         | 341.308         | 2.772.666                | 5.222.012                |

*Tabel 7.16: Jaarlijks economisch risico en de contante waarde in 2007 ten gevolge van de verwachte stormschade aan risicovrije objecten in Bergen aan Zee. Discontovoet 4%, 0% economische groei.*

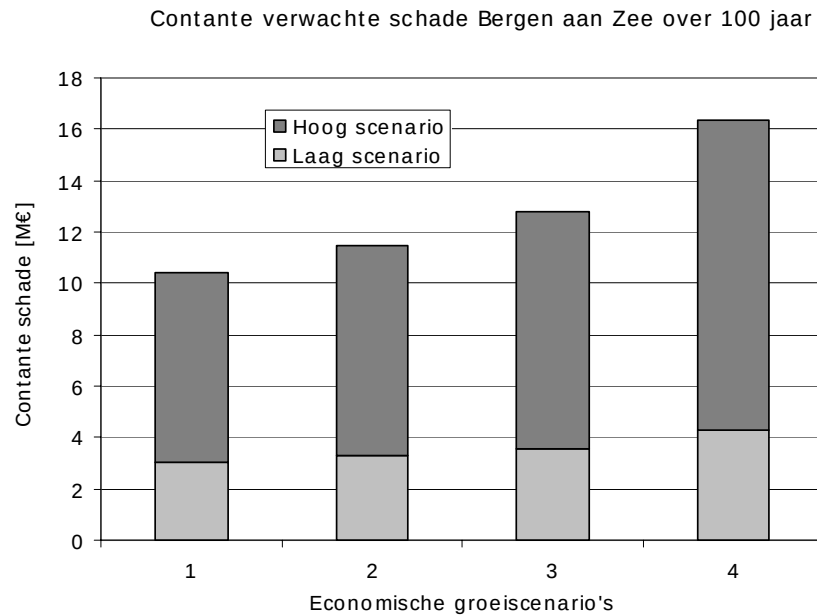
|                                                                     | Risico laag [€] | Risico Hoog [€] | Contante waarde laag [€] | Contante waarde hoog [€] |
|---------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|
| Schade dagrecreatie door natuurverlies                              | 232             | 2.000           | 5.916                    | 51.000                   |
| Schade verblijfsrecreatie door natuurverlies                        | 64              | 700             | 1.632                    | 17.850                   |
| Afname niet-gebruikswaarde natuur                                   | 100             | 800             | 2.550                    | 20.400                   |
| Schade dagrecreatie door kwaliteitsafname water en strand           | 3.000           | 122.000         | 76.500                   | 3.111.000                |
| Schade aan verblijfsrecreatie door kwaliteitsafname water en strand | 500             | 22.700          | 12.750                   | 578.850                  |
| Afname potentieel infiltratiegebied voor drinkwater                 | 800             | 3.200           | 20400                    | 81.600                   |
| Verwachte overlast door evacuatie                                   | 5.700           | 32.200          | 145350                   | 821.100                  |
| Verwacht economisch verlies door slachtoffers                       | 0               | 2.160           | 0                        | 55.080                   |
| Verwachte afname van geestelijke en lichamelijke gezondheid         | 164             | 18.517          | 4.182                    | 472.184                  |
| Totaal                                                              | 10.560          | 204.277         | 269.280                  | 5.209.063                |

Het risico en de contante schade nemen toe wanneer economische groei in de kustzone wordt verwacht. Figuur 7.10 toont de verwachte schade bij vier economische groeiscenario's. De figuur toont tevens de marge waarbinnen de contante waarde zich bevindt. De ondergrens betreft de combinatie waarbij alle deelrisico's laag uitvallen. De bovengrens representeert de schade die wordt verwacht wanneer de deelrisico's hoog uitvallen. Hoewel de ondergrens van de schade als absolute ondergrens gezien kan worden is de bovengrens van de contante schade geen absolute bovengrens.

**Figuur 7.10**

*Naar heden verdisconteerde schade over een planperiode van 100 jaar.*

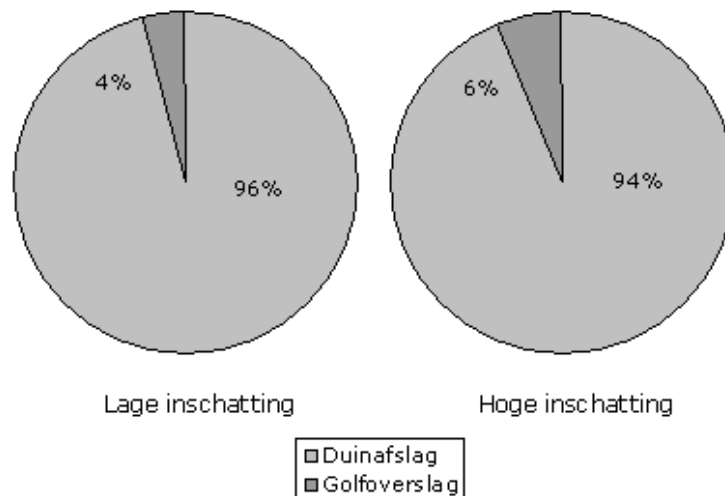
*Afhankelijk van de economische groei bedraagt de sociaal-economische schade tussen de 3,1 en 10,5 miljoen en 4,5 en 16,4 miljoen euro.*



Figuur 7.11 toont het percentage van de schade dat verklaard wordt door het mechanisme golfoverslag. Door de introductie van dit tweede schademechanisme valt de verwachte schade aan vastgoed in Bergen aan Zee circa 4 tot 5 procent hoger uit dan wanneer alleen de schade ten gevolge van duinafslag zou zijn meegenomen.

**Figuur 7.11**

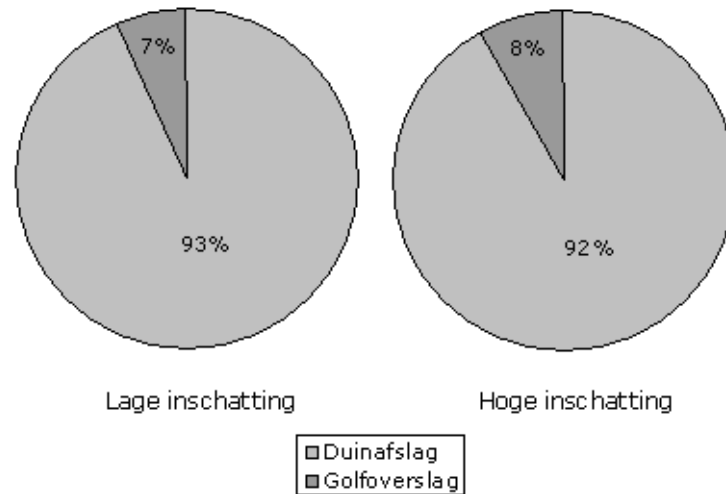
*Aandeel per schademechanisme bij schade aan de risicovolle objecten in Bergen aan Zee: huishoudens, horeca, winkels en hotels. Te vergelijken met economische schade uit Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005) en Nielen-Kiezebrink (2005).*



Figuur 7.12 toont het percentage in de totale schade dat verklaard wordt door golfoverslag indien de economische waarde van het buitendijkse gebied aan de hand van de nieuwe methode wordt bepaald. Het percentage ligt tussen de 7 en 8 procent.

**Figuur 7.12**

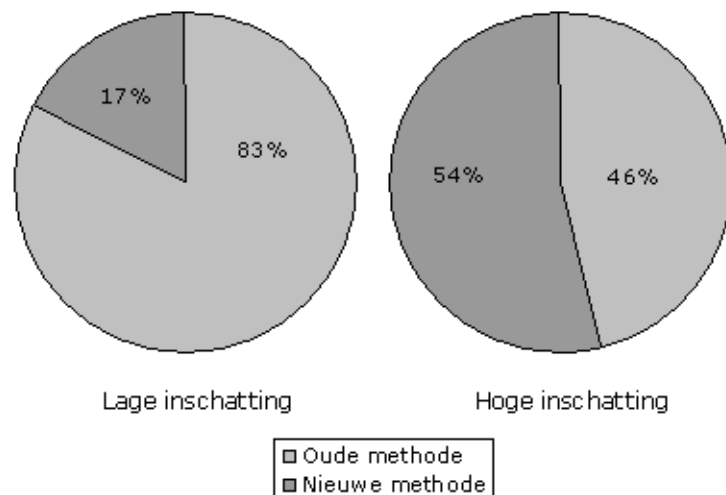
*Aandeel in de totale contante schade bepaald aan de hand van de nieuwe methode per schademechanisme.*



Figuur 7.13 toont de meerwaarde van de nieuwe methode ten opzichte van de oude methode. Als ondergrens wordt 17 procent van de totale schade volgens de nieuwe methode dóór de nieuwe methode verklaard. Als bovengrens wordt 56 procent van de totale schade volgens de nieuwe methode dóór de nieuwe methode verklaard. De verhoudingen tussen de schade verklaard door de oude methode en de extra schade verklaard door de nieuwe methode bedraagt minimaal 1 : 0,2 en maximaal 1 : 1,2.

**Figuur 7.13**

*Aandeel in de totale contante schade verklaard door de schade aan vastgoed als gevolg van duinafslag (oude methode) en aandeel verklaard door meerwaarde uit deze studie (nieuwe methode).*



Door golfoverslag als schademechanisme te introduceren en de methode voor het bepalen van de sociaal-economische waarde van Bergen aan Zee sterk uit te breiden, neemt de verwachte schade over een planperiode van 100 jaar toe met 20 tot 117 procent.

**Vergelijking van overstromingsrisico's**

Nu een methode is gepresenteerd om het risico in het buitendijkse gebied tengevolge van zeer zware stormen te berekenen is een volgende stap enkele resultaten naast elkaar te leggen. De onderstaande tabel toont voor enkele dijkkringgebieden de verwachte jaarlijkse economische schade. Door het totale risico te delen op het aantal inwoners is het hoofdelijk risico te bepalen. Uit Tabel 7.17 blijkt dat de bewoners van Bergen aan Zee in vergelijking met de meeste dijkkringgebieden een aanzienlijk economisch risico lopen. Daarbij dient te vermeld te worden dat in de VNK studie de sociaal-economische waarde van de dijkkringgebieden op een andere wijze is berekend.

*Tabel 7.17: Economisch risico per dijkkringgebied (VNK, 2005)*

| Gebied                                             | Risico<br>[M€ /jaar] | Risico per inwoner<br>[€ / jaar] |
|----------------------------------------------------|----------------------|----------------------------------|
| Dijkkring 14, Zuid-Holland                         | 2,3                  | 0,7                              |
| Dijkkring 25, Goeree Overflakkee                   | 3,0                  | 65                               |
| Dijkkring 13, Noord-Holland                        | 116                  | 117                              |
| Dijkkring 41, Land van Maas en Waal                | 68                   | 281                              |
| Dijkkring 43, Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden | 180                  | 600                              |
| Bergen aan Zee                                     | 0,2 - 0,5            | 400 – 1.000                      |
| Dijkkring 32, Zeeuw-Vlaanderen                     | 140                  | 1.400                            |

**Slachtoffers**

Het verwachte aantal dodelijke slachtoffers in Bergen aan Zee wordt geschat op 0 tot 0,0048 per jaar (zie paragraaf 7.8.3). Op circa 500 inwoners is dit een jaarlijkse kans van 1/100.000 per bewoner. In een mensenleven (80 jaar) is de kans om door storm te komen overlijden 0,8 ‰. Het slachtofferrisico in dijkkring 14 (Zuid-Holland) bedraagt afhankelijk van de breslocatie 0,012 tot 2,44 slachtoffer per jaar. Met 3,2 miljoen inwoners is de kans om te komen overlijden in dijkkring 14 als gevolg van overstroming maximaal ruim 1/1.000.000. In een mensen leven (80 jaar) is de kans om door storm te komen overlijden in Zuid-Holland 0,08 ‰. Ter vergelijking, jaarlijks overlijden in Nederland circa 800 mensen in het verkeer. Op circa 16 miljoen inwoners is dit een jaarlijkse kans van 1/20.000 per jaar. In 80 jaar is de kans om in het verkeer te komen overlijden zodoende ruim 4 ‰.



## 7.12

## Validatie

### 7.12.1

### Vastgoedwaarde

De nieuwe methode wordt gevalideerd aan de hand van een tweetal reeds uitgevoerde risicoanalyses voor Bergen aan Zee. Het betreft de studies:

- Risicobeheersing in kustplaatsen: Beheersen van kansen en gevolgen van kustafslag en overstroming tijdens zware storm in buitendijks gebied (Nielen-Kiezebrink, 2005);
- Risico's in badplaatsen ten gevolge van kustafslag: Kosten en baten van maatregelen (Nieuwenhuijzen en Planteijdt, 2005).

In deze studies zijn de economische waarde en het risico berekend op basis van de aanwezige vastgoedwaarde en de kans op schade door duinafslag. Door een waarde-inschatting en risicoberekening met de nieuwe methode uit te voeren op basis van de invoer van de bovengenoemde studies, kan een uitspraak gedaan worden over nauwkeurigheid van de nieuwe methode ten opzichte van de studie van Nielen-Kiezebrink (RIKZ) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (Royal Haskoning).

Voor het berekenen van de economische waarde van Bergen aan Zee in de normaflslagzone heeft Nielen-Kiezebrink (2005) gebruik gemaakt van de HIS – Kust Waarde Module50 (HIS-KSM). HIS-KSM is een instrument dat binnen een geografisch afgebakend gebied aan de hand van GIS bestanden de waarde van gebouwen, inboedel en infrastructuur kan bepalen. In deze studie wordt waarde geschat op 52 miljoen euro. Nieuwenhuijzen en Planteijdt vermelden de vastgoedwaarde niet expliciet in hun studie.

Met de nieuwe methode is de vastgoedwaarde inclusief de infrastructuur van Bergen aan Zee binnen de normaflslagzone geraamd op circa 295.000 euro per strekkende meter (voor een goede vergelijking wordt net als in de studie van Nielen-Kiezebrink de grondwaarde niet meegenomen, zie Bijlage L,

Huishouden). Het landwaartse bereik van duinafslag bij een maatgevende storm varieert tussen 122 en 226 meter. De vastgoedwaarde binnen de normaflslagzone bedraagt volgens de nieuwe methode zodoende circa

$$295.000 * \frac{(122 + 226)}{2} = 51 \text{ miljoen euro.}$$

Deze waarde komt goed overeen met de literatuurwaarde van Nielen-Kiezebrink, (2005) zodat gesteld kan worden dat met de nieuwe methode de waarde van vastgoed goed benaderd kan worden.

### 7.12.2

#### Contante baten

De baten van verdedigingsmaatregelen (de verdisconteerde risico's) uit de twee studies worden vergeleken met de uitkomsten van de risicoberekeningen volgens de nieuwe methode (zoals hierboven) om de overschrijdingsfrequenties, zoals die in de nieuwe methode zijn gebruikt, te toetsen.

*Tabel 7.18: Contante baten kustverdediging op basis van duinerosie en vastgoedwaarden, 0% economische groei.*

| Studie          | Gerealiseerd veiligheidsniveau [jaar <sup>-1</sup> ] | Baten [M€] |
|-----------------|------------------------------------------------------|------------|
| RIKZ            | 1/4.000                                              | 5,7        |
| RIKZ            | 1/10.000                                             | 5,8        |
| Royal Haskoning | 1/4.000                                              | 2,4        |
| Royal Haskoning | 1/10.000                                             | 2,4        |
| Nieuwe methode* | 1/4.000                                              | 2,3 – 4,6  |
| Nieuwe methode* | 1/10.000                                             | 2,5 – 4,8  |

\* Op basis van duinerosie en vastgoedwaarde alleen

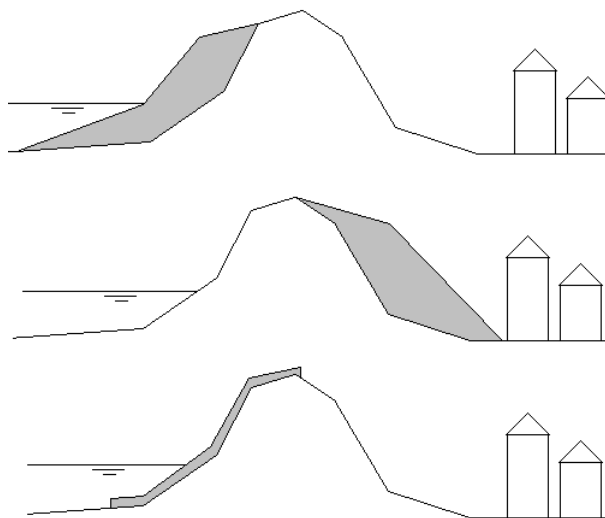
Een duidelijk verschil tussen de baten van de beide studies is zichtbaar. De uitkomsten op basis van de nieuwe methode zijn echter wel van een zelfde orde van grootte. De lage inschatting van het risico benadert de studie van Nieuwenhuijzen en Planteijdt, de hoge inschatting benadert de resultaten van de studie van Nielen-Kiezebrink. Het is onbekend of in de studies van RIKZ en Royal Haskoning rekening is gehouden met een economische groei in het kustgebied. Bij een jaarlijkse groei van 1% nemen de baten volgens de nieuwe methode toe tot 5,6 miljoen euro, goed overeenkomstig met de uitkomsten van de studie van RIKZ.

Hoewel de nadruk in dit onderzoek ligt op het bepalen van de sociaal-economische baten van verbeterde kustbescherming, zijn ook de aanleg- en onderhoudskosten van belang. De rendementsanalyse van kustverdediging betreft immers kosten-batenanalyse. In dit hoofdstuk worden aan de hand van Klein en Koningsveld (2005) op pragmatische wijze de aanleg- en onderhoudskosten van beschermingsmaatregelen voor Bergen aan Zee berekend. Deze worden vervolgens over een planperiode van 100 jaar contant gemaakt naar het jaar van aanleg.

De versterkingsmaatregelen zijn gebaseerd op de afslagberekeningen uit Klein en Koningsveld (2005) en vinden plaats in de vorm van zeewaartse duinuitbreiding. De kust bij Bergen aan Zee leent zich door het recreatieve belang van het duin niet voor verharding. Daarnaast botst een consoliderende oplossing met het vigerende beleid “*zacht waar mogelijk, hard waar nodig*”. Een landwaartse versterking is per definitie geen oplossing omdat het veiligheidsprobleem juist op en voor de kering speelt.. Er wordt voor gekozen om een tweetal zeewaartse versterkingsmaatregelen uit te werken.

**Figuur 8.1**

*Drie versterking-salternatieven. Zeewaartse versterking, landwaartse versterking en consolidatie van de kering. Voor Bergen aan Zee zijn twee zeewaartse varianten uitgewerkt.*



Figuur 8.1 toont een drietal mogelijk versterkingsmaatregelen voor de kust van Bergen aan zee. Er wordt in dit onderzoek gekozen voor de zeewaartse duinuitbreiding omdat hierbij het karakter van de kustzone het best blijft gehandhaafd.





## 8.1

### De versterkingsmaatregelen

- Een zeewaartse kustversterking zodat de 1/10.000 afslagrand net voor de eerste huidige bebouwing komt te liggen. Feitelijk wordt het veiligheidsniveau in de bebouwde buitendijkse kustzone gelijkgetrokken met de veiligheidsnorm voor het binnendijs gebied.
- Een zeewaartse kustversterking zodat de 1/4.000 afslagrand net voor de eerste huidige bebouwing komt te liggen. Een aanzienlijke vergroting van het veiligheidsniveau ten opzichte van de huidige situatie.

Op basis van de beheerdeersoordeelmethode met verzwaarde golfrandvoorwaarden wordt voor de situatie over 100 jaar de benodigde zeewaartse verplaatsing van het duin bepaald die nodig is om de afslagrand van de 1/10.000 en 1/4.000 overschrijdingsfrequentie ter hoogte van de huidige bebouwing te handhaven. De afslagrand  $R_0$  vertegenwoordigt het afslagpunt  $P_0$  op maaiveld hoogte. Zie Figuur 1.1.

In de versterkingsberekening wordt de zeespiegelstijging uit het klimaatsscenario TAW (2002) niet meegenomen omdat de daaraan gerelateerde zandsuppleties ook uitgevoerd worden indien de duinuitbreiding niet plaats vindt.

## 8.2

### Aanlegvolumes

De duinuitbreiding krijgt een hoogte gelijk aan de meest zeewaarts gelegen duintop. Gemiddeld bedraagt de desbetreffende hoogte circa NAP + 11 meter. De nieuwe duinvoet heeft een natuurlijk talud. De bebouwde kom van Bergen aan Zee loopt van raai 3250 tot raai 3375. Doormiddel van lineaire interpolatie wordt het aantal meters zeewaartse duinuitbreiding tussen deze raaipunten bepaald. Figuur 8.2 illustreert deze uitbreiding. Bijlage Q toont de berekening voor het benodigde aantal kubieke meters zand.

*Tabel 8.1: Benodigde uitbreiding en versterkingsvolumes in  $m^3$ .*

| Overschrijdings frequentie voor bouwgrens | Ontwerp levensduur | Gemiddelde zeewaartse uitbreiding [m] | Versterkingsvolume tussen raai 3250 en 3375 [ $m^3$ ] |
|-------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1/ 10.000                                 | 100 jaar           | 136                                   | 1.827.000                                             |
| 1/ 4.000                                  | 100 jaar           | 108                                   | 1.384.000                                             |

## 8.3

## Onderhoudsvolumes

De zandsuppleties zijn onderhevig aan erosie. Onderhoudsmaatregelen zijn nodig om de afslaglijnen op hun gewenste plek ten opzichte van de bebouwing te houden. De onderhoudssuppleties vinden plaats op een 2 kilometer brede strook voor de kust van Bergen aan Zee. De onderhoudszone is breder dan de eigenlijke kustversterking zodat de overgang met de aanliggende kust vloeiender verloopt.

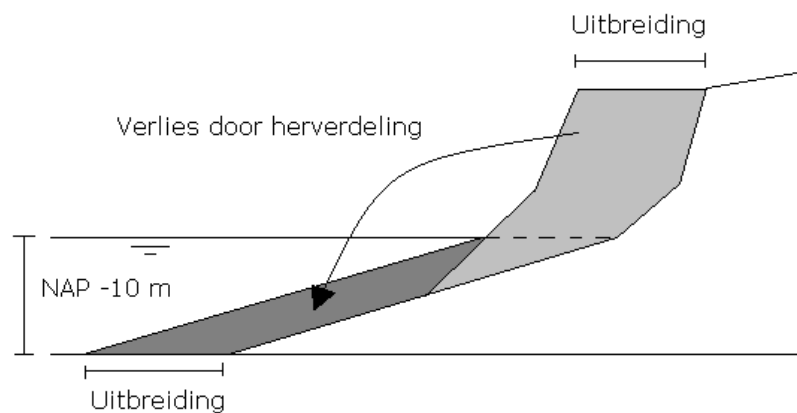
### 8.3.1

### Dwarstransport

De duinuitbreidingen zullen in de loop der tijd onder invloed van stroming, wind en golfslag aan volume verliezen. Door dwarstransport wordt sediment onder de waterlijn zodanig herverdeeld dat het oude kustprofiel vanaf de nieuwe duinvoet is hersteld. Dit herstel gaat ten koste van het benodigde zandvolume in het nieuwe duin. Er wordt uitgegaan van een herverdeling in de morfologisch actieve zone (tot NAP -10 meter). Ter compensatie van het dwarstransport is voor iedere meter zeewaartse verplaatsing van de duinvoet zodoende het tienvoudige volume per strekkende meter aan zand benodigd (zie ook Figuur 8.2 voor het benodigde volume). Er wordt aangenomen dat het profiel zich aanpast in circa 15 jaar waarbij jaarlijks 1/15 van het onderhoudsvolume moet worden gesuppleerd (Klein en Koningsveld, 2005).

Figuur 8.2

*Dwarstransport zorgt voor een herverdeling over de morfologisch actieve zone. Dit transport vindt plaats tot een nieuw evenwicht is verkregen. Het volume aanvullend onderhoud aan het duin is donker gearceerd.*



*Bron: Klein en Koningsveld (2005)*

Er wordt niet gekozen voor een eenmalig compensatievolume omdat het vanuit economisch oogpunt voordeliger is meerdere kleine suppleties in de toekomst uit te voeren dan één grote nu.

### 8.3.2

## Langtransport

Langtransport zorgt voor initiële en structurele verliezen. De initiële verliezen vinden plaats in de eerste 15 jaar na de aanleg van het duin. In deze periode wordt er een nieuwe morfologische evenwichtssituatie gevormd met de omringende kuststrook. In de resterende  $100 - 15 = 85$  jaar van de planperiode vindt alleen nog structurele erosie plaats. Gebruikmakend van het UNIBEST-CL+ model schatten Kessel et al. (2004) de initiële erosieverliezen op circa  $16 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$  en  $15 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$  en de structurele erosie op circa  $8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$  en  $7,4 \text{ m}^3/\text{m}/\text{j}$  voor een overschrijdingsfrequentie voor de bebouwing van respectievelijk  $1/10.000$  en  $1/4.000$ .

Tabel 8.2: Verwachte onderhoud zandige versterking 2 km kuststrook

| Erosie            | Duur [jaren] | Overschrijdings frequentie voor bouwgrens | Jaarlijkse erosie [ $\text{m}^3/\text{m}$ ] | Jaarlijkse verlies [ $\text{m}^3$ ] |
|-------------------|--------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| Initieel dwars    | 15           | $1/10.000$                                | 91                                          | 182.000                             |
| Initieel dwars    | 15           | $1/4.000$                                 | 72                                          | 144.000                             |
| Initieel langs    | 15           | $1/10.000$                                | 16                                          | 32.000                              |
| Structureel langs | 85           | $1/10.000$                                | 8                                           | 16.000                              |
| Initieel langs    | 15           | $1/4.000$                                 | 15                                          | 30.000                              |
| Structureel langs | 85           | $1/4.000$                                 | 7,4                                         | 14.800                              |

### 8.4

## Kosten

Bij het berekenen van de totale contante kosten dient rekening gehouden te worden met het tijdstip waarop de kosten gemaakt worden. Alle kosten worden naar het basisjaar (heden) verdisconteerd (zie Bijlage Q). Als kosten worden alleen de suppletiekosten meegenomen. Bij grote volumes is dit een goede aanname (Mulder 2006). De kosten variëren tussen de 3 en 4,5 euro per  $\text{m}^3$  afhankelijk van de bereikbaarheid van de locatie en de beschikbare baggercapaciteit. De invoergegevens voor de kostenberekening zijn terug te lezen Bijlage Q, Versterkingsmaatregelen.

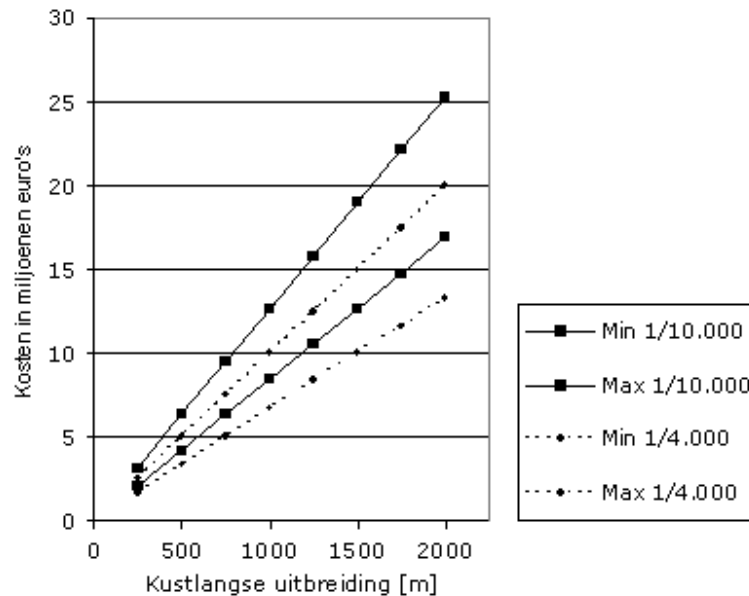
Tabel 8.3: Naar heden verdisconteerde totale kosten duinuitbreiding ter bescherming van Bergen aan Zee bij een planperiode van 100 jaar.

| Overschrijdingsfrequentie voor bouwgrens | Totale verdisconteerde kosten van duinuitbreiding in miljoenen euro's. |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1/10.000                                 | 13,6 – 20,4                                                            |
| 1/4.000                                  | 10,8 – 16,2                                                            |

**Figuur 8.3**

Contante kosten duinuitbreiding Bergen aan Zee

Indicatie van de totale naar het heden verdisconteerde kosten van de kustverdediging voor Bergen aan Zee door middel van zeewaartse duinuitbreiding. De aanlegkosten beslaan circa 50% van de kosten. De onderhoudskosten voor initieel en structureel onderhoud beslaan 45% respectievelijk 5%. Des te verder de uitgaven in de toekomst liggen, des te kleiner is hun bijdrage.



In Tabel 8.3 staat het resultaat van de kostenberekening van de duinuitbreiding voor de 1.250 meter bebouwde kom van Bergen aan Zee. Om een geleidelijke overgang van de originele kustlijn met de uitbreiding te bewerkstelligen worden onderhoudssuppleties uitgevoerd over een zone van 2.000 meter. Het extra onderhoud over circa 400 meter ten noorden en ten zuiden van de duinuitbreiding voor Bergen aan Zee zorgt voor afwijkende kosten tussen Tabel 8.3 en de kosten voor 1.250 meter kustlangse uitbreiding Figuur 8.3.

In dit hoofdstuk worden de resultaten van het onderzoek naar de sociaal-economische baten van kustverdediging voor buitendijks gebied gepresenteerd. Daarbij is het in eerste instantie belangrijk de toegevoegde waarde van het resultaat te beoordelen. Zorgen de elementen die in dit afstudeeronderzoek zijn toegevoegd ervoor dat de baten van kustverdediging economisch gezien significant anders worden gewaardeerd? Ten tweede is het interessant om te onderzoeken of de beoogde meerwaarde ook daadwerkelijk gevolgen heeft voor de uitkomst van rendementsanalyses van kustversterkingsprojecten. Wegen de baten op tegen de kosten? Hoe lag die verhouding in het verleden en hoe ligt die verhouding nu?

Deze vragen worden in de komende paragrafen behandeld. Daarbij worden de resultaten uit dit onderzoek vergeleken met resultaten van Nielen-Kiezebrink (2005) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005).

*Vier manieren om de baten van kustverdediging te kwantificeren. Deze komen in paragraaf 9.2 terug.*

- *Doormiddel van de methode van Nielen-Kiezebrink (2005): voorkomen schade op basis van economische waarde volgens RIKZ onderzoek "Risicobeheersing in kustplaatsen".*
- *Doormiddel van de methode van Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005): voorkomen schade op basis van waarde onroerend goed objecten.*
- *Doormiddel van de in dit onderzoek opgestelde methode waarbij alleen de voorkomen schade door duinafslag aan woningen, infrastructuur en bedrijven wordt meegenomen.*
- *Doormiddel van de in dit onderzoek opgestelde methode.*

## 9.1

### De baten van kustverdediging

Zoals reeds vermeld, is voor ieder project en iedere investering een goede verantwoording nodig. Daarbij kan gesteld worden dat het resultaat van de inspanning (een welvaartstoename in de breedste zin van het woord) de kosten van de investering minimaal moet evenaren. Kustverdediging resulteert in een afname van de jaarlijks verwachte schade. Deze jaarlijkse afname is de welvaartstoename als gevolg van het versterkingsproject. De contante waarde van de welvaartstoename betreft de totale welvaartstoename over de planperiode van het project uitgedrukt in een basisjaar (jaar van aanleg).

In paragraaf 9.1.1 en 9.1.2 worden de baten van een tweetal versterkingsvarianten (zie paragraaf 0, versterkingsmaatregelen) gepresenteerd. Daarna worden de uitkomsten van de nieuwe methode vergeleken met literatuurwaarden.

#### 9.1.1

#### Veiligheidsniveau van bebouwing naar 1/10.000

Wanneer het veiligheidsniveau door de aanleg van kustversterking in het buitendijkse verstedelijkte gebied zodanig toeneemt dat de kans op duinafslag tot aan de bouwgrens van eens per 30 jaar afneemt tot eens per 10.000 jaar betekent dit volgens de definitie van dit onderzoek dat bij benadering het gehele gebied binnendijks is gelegd.

De baten van deze maatregel zijn gelijk aan de voorkomen schade door stormen met een herhalingsstijd van 10.000 jaar. Treedt na de implementatie van de versterkingsmaatregel alsnog restschade op, dan mag verondersteld worden dat de betreffende storm ook schade heeft aangericht in het achterland. In Bijlage I, Afbakening onderzoeksgebied, wordt deze situatie buiten de scope van dit onderzoek geplaatst omdat buitendijkse schade volledig verwaarloosbaar is ten opzichte van de maatschappelijke ontwrichting door binnendijkse overstromingen.

*Tabel 9.1: contante baten van kustverdediging in miljoenen euro volgens de nieuwe methode.*

| Economische groei     | 0%   | 0,5% | 1,0% | 2,0% |
|-----------------------|------|------|------|------|
| Lage inschatting [M€] | 3,0  | 3,3  | 3,6  | 4,3  |
| Hoge inschatting [M€] | 10,4 | 11,5 | 12,8 | 16,4 |

**Figuur 9.1**

*Een impressie van de 136 meter zeewaartse duinuitbreiding voor Bergen aan Zee. Niet alleen neemt het veiligheidsniveau in Bergen toe tot gemiddeld eens per 10.000 jaar, er ontstaat ook ruim 17 hectare nieuw duingebied.*



Voor een goede vergelijking met resultaten van Nielen-Kiezenbrink (2005) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005) is tevens de vermeden schade door duinafslag aan woningen, bedrijven en infrastructuur berekend met de nieuwe methode. Het is onbekend welke economisch groeipercentage bij deze studies zijn gehanteerd.

*Tabel 9.2: contante baten in [M€] van kustverdediging alleen voor woningen, bedrijven en infrastructuur volgens de nieuwe methode, volgens Nielen-Kiezenbrink (2005) en volgens Nieuwenhuijzen (2005).*

| Economische groei      | 0%  | 0,5% | 1,0% | 2,0% |
|------------------------|-----|------|------|------|
| Lage inschatting [M€]  | 2,5 | 2,7  | 2,9  | 3,5  |
| Hoge inschatting [M€]  | 4,8 | 5,1  | 5,6  | 6,7  |
| Nielen-Kiezebrink [M€] | 5,8 | 5,8  | 5,8  | 5,8  |
| Nieuwenhuijzen [M€]    | 2,4 | 2,4  | 2,4  | 2,4  |

### 9.1.2

#### **Veiligheidsniveau van bebouwing naar 1/4.000**

Door deze maatregel verschuift de 1/4.000 afslaglijn van 84 meter landwaarts van de bouwgrens naar de bouwgrens. De verwachte restschade ten opzichte van volledige bescherming is uitgewerkt in Bijlage S. De sociaal-economische baten zijn zodoende het verschil tussen de verwachte schade in de nulsituatie en de restschade.

*Tabel 9.3: contante baten van kustverdediging in miljoenen euro volgens de nieuwe methode.*

| Economische groei     | 0%   | 0,5% | 1,0% | 2,0% |
|-----------------------|------|------|------|------|
| Lage inschatting [M€] | 2,8  | 3,1  | 3,3  | 4,0  |
| Hoge inschatting [M€] | 10,0 | 11,0 | 12,3 | 15,7 |

*Tabel 9.4: contante baten van kustverdediging alleen voor woningen, bedrijven en infrastructuur in miljoenen euro volgens de nieuwe methode, volgens Nielen-Kiezenbrink (2005) en volgens de inschatting van Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005).*

| Economische groei      | 0%  | 0,5% | 1,0% | 2,0% |
|------------------------|-----|------|------|------|
| Lage inschatting [M€]  | 2,3 | 2,5  | 2,7  | 3,3  |
| Hoge inschatting [M€]  | 4,6 | 4,9  | 5,4  | 6,4  |
| Nielen-Kiezebrink [M€] | 5,7 | 5,7  | 5,7  | 5,7  |
| Nieuwenhuijzen [M€]    | 2,4 | 2,4  | 2,4  | 2,4  |

De onderstaande tabel toont de schadeposten die in de casestudy Bergen aan Zee zijn behandeld. Hun aandeel in het totaal van vermeden sociaal-economische schade per versterkingsvariant is in procenten van het totaal weergegeven.



Tabel 9.5: Aandeel in de totale sociaal-economische baat per schadepost, per versterkingsvariant in procenten.

|                                                                 | Laag<br>1/10.000 | Hoog<br>1/10.000 | Laag<br>1/4.000 | Hoog<br>1/4.000 |
|-----------------------------------------------------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|
| Schade aan woningen door duinafslag [%]                         | 70,4             | 27,7             | 70,0            | 27,0            |
| Schade aan bedrijven door duinafslag [%]                        | 12,2             | 18,3             | 11,7            | 18,3            |
| Subtotaal [%]                                                   | <b>82,6</b>      | <b>46,0</b>      | <b>81,8</b>     | <b>45,3</b>     |
| Schade aan woningen door golfoverslag [%]                       | 2,7              | 1,7              | 2,9             | 1,7             |
| Schade aan bedrijven door golfoverslag [%]                      | 0,6              | 0,4              | 0,6             | 0,3             |
| Tijdelijke waardedaling door fysieke schade [%]                 | 5,3              | 2,0              | 5,5             | 2,0             |
| Schade dagrecreatie door natuurverlies [%]                      | 0,2              | 0,5              | 0,2             | 0,5             |
| Schade verblijfsrecreatie door natuurverlies [%]                | 0,1              | 0,2              | 0,1             | 0,2             |
| Afname niet gebruiks waarde natuur [%]                          | 0,1              | 0,2              | 0,1             | 0,2             |
| Schade dagrecreatie door kwaliteitsafname water en strand [%]   | 2,5              | 29,8             | 2,7             | 30,5            |
| verblijfsrecreatie door kwaliteitsafname water en strand [%]    | 0,4              | 5,5              | 0,4             | 5,7             |
| Afname potentieel infiltratiegebied voor drinkwater [%]         | 0,7              | 0,8              | 0,7             | 0,8             |
| Verwachte overlast door evacuatie [%]                           | 4,8              | 7,9              | 5,1             | 7,9             |
| Verwacht economisch verlies slachtoffers [%]                    | 0,0              | 0,5              | 0,0             | 0,5             |
| Verwachte afname van geestelijke en lichamelijke gezondheid [%] | 0,1              | 4,5              | 0,0             | 4,4             |
| Subtotaal [%]                                                   | <b>17,4</b>      | <b>54,0</b>      | <b>18,2</b>     | <b>54,7</b>     |
| Totaal [%]                                                      | <b>100,0</b>     | <b>100,0</b>     | <b>100,0</b>    | <b>100,0</b>    |

## 9.2

## Verhouding tussen baten en kosten

In deze paragraaf worden rendementsanalyses van een tweetal studies vergeleken met de resultaten van de nieuwe methode. Vervolgens kan een uitspraak gedaan worden over de meerwaarde van de uitbreiding ten opzichte van de huidige aanpak.

### 9.2.1

#### Oude methodes

De verhouding tussen de baten van een project en de kosten geeft het projectrendement weer. In Figuur 9.2 staat het rendement van een viertal rendementsanalyses afgebeeld. Een verhoudingsgetal kleiner dan 1 voorspelt een onrendabel project, een verhoudingsgetal groter dan 1 geeft aan dat het project leidt tot een welvaartstoename. De onderstaande baten-kosten combinaties van reeds uitgevoerde studies zijn weergegeven in Figuur 9.6.

1. Volgens Nielen-Kiezenbrink: 1/10.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.
2. Volgens Nielen-Kiezenbrink: 1/4.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.
3. Volgens Nieuwenhuijzen en Planteijdt. 1/10.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.
4. Volgens Nieuwenhuijzen en Planteijdt. 1/4.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.

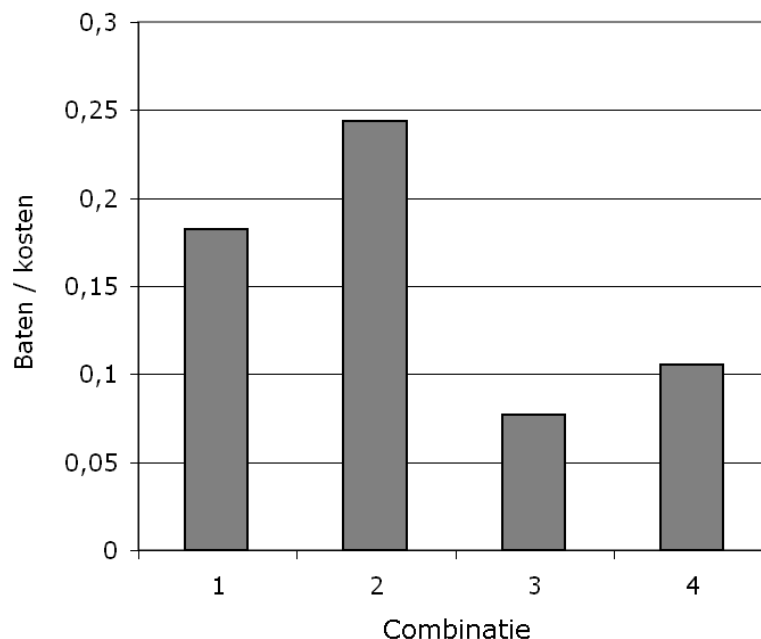
**Figuur 9.2**

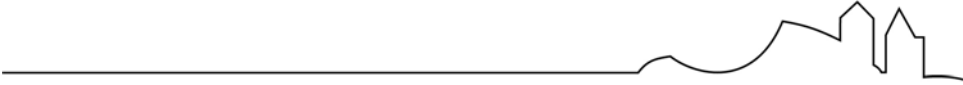
Rendement kustverdediging Bergen aan Zee

*Weergave van het projectrendement van kustversterking door zeewaartse uitbreiding bij Bergen aan Zee volgens de oude methode.*

*Volgens de oude methodes zijn beide alternatieven verre van rendabel (rendement < 1).*

*Wanneer baten en kosten gelijk zijn aan elkaar is de ratio 1.*





Beide studies tonen aan dat verwachte vermeden schade aan vastgoed en infrastructuur alleen in Bergen aan Zee onvoldoende reden is voor investeringen aan de kustveiligheid.

### 9.2.2

#### Nieuwe methode

Aan de hand van de nieuwe methode worden een viertal versterkingscombinaties uitgevoerd. Van iedere combinatie wordt het rendement berekend door de hoge respectievelijk lage inschatting van de baten te delen door een lage, gemiddelde en hoge inschatting van de aanleg- en onderhoudskosten. Zo ontstaat een beeld van het domein van het projectrendement. De aanlegkosten zijn gebaseerd op de maximale, minimale en gemiddelde kosten uit Tabel 8.3.

Tevens wordt het effect van de economische groei op het rendement geïllustreerd. De Figuur 9.3 tot en met Figuur 9.6 tonen de baten-kosten verhouding bij 0%, 0,5%, 1,0% en 2,0% economische groei.

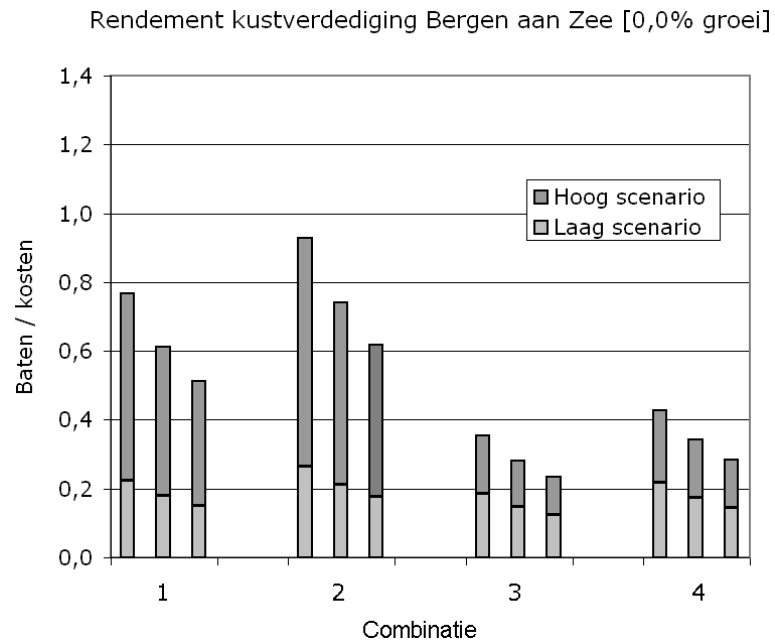
De onderstaande combinaties zijn weergegeven:

1. Volgens de nieuwe methode: 1/10.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.
2. Volgens de nieuwe methode: 1/4.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.
3. Volgens de nieuwe methode, zoals in paragraaf 7.12: 1/10.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.
4. Volgens de nieuwe methode, zoals in paragraaf 7.12: 1/4.000 afslagrand verplaatsen naar de bouwgrens van Bergen aan Zee.

Figuur 9.3 tot Figuur 9.6 tonen het rendement van de vier combinatie bij toenemende economische groei waarbij tevens het rendement bij een hoge, gemiddelde en lage inschatting van de aanleg- en onderhoudskosten is meegenomen. De eerste en tweede combinatie tonen de rendementscijfers van de nieuwe methode, de derde en vierde combinatie tonen de verhouding van baten en kosten zoals deze ook in de literatuur zijn berekend. Om een vergelijking te kunnen maken van de studies van Nielen-Kiezebrink (2005) en Nieuwenhuijze en Planteijdt (2005) dienen de derde en vierde combinatie te vergeleken worden met Figuur 9.2.

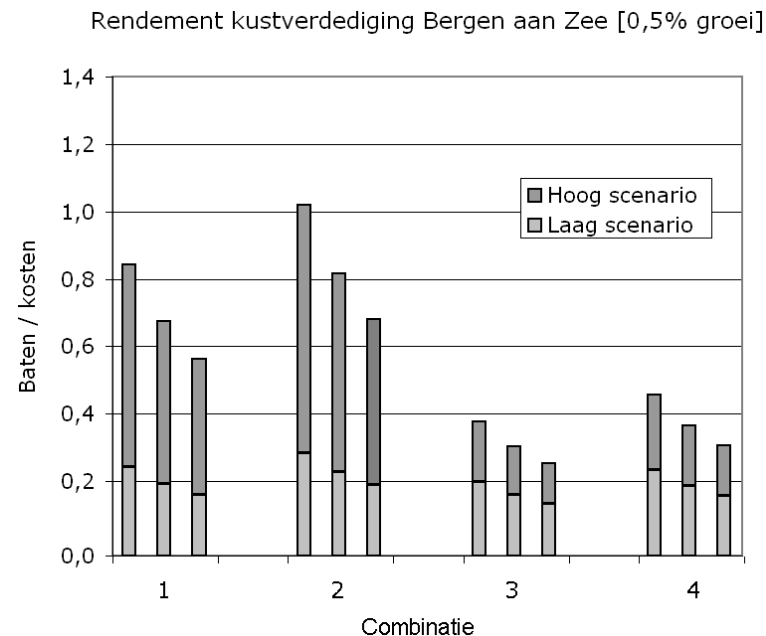
**Figuur 9.3**

*Weergave van het projectrendement van kustversterking door zeewaartse uitbreiding bij Bergen aan Zee volgens de nieuwe methode bij een economische groei van 0%.*



**Figuur 9.4**

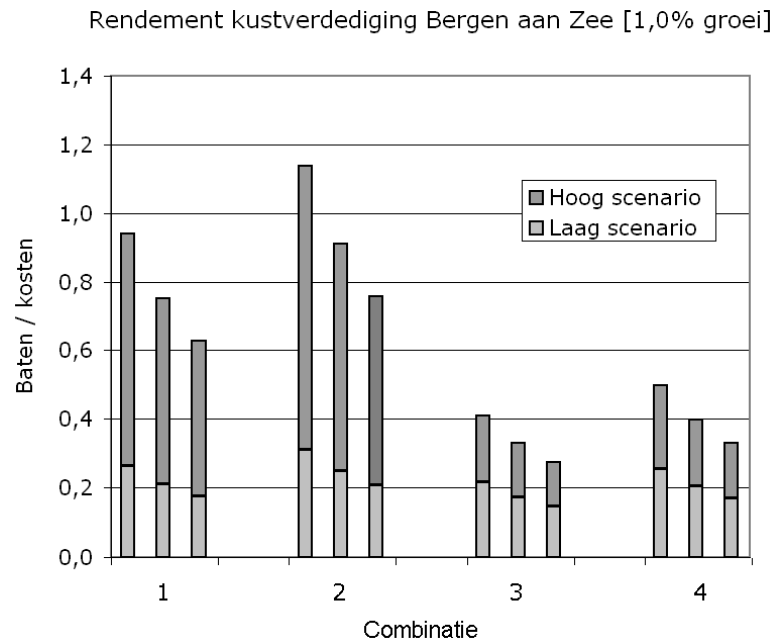
*Weergave van het projectrendement van kustversterking door zeewaartse uitbreiding bij Bergen aan Zee volgens de nieuwe methode bij een economische groei van 0,5%.*



Zoals verwacht naar aanleiding van de resultaten van de casestudy is een toename opgetreden van het economische projectrendement van kustverdediging voor het buitendijks gelegen gedeelte van Bergen aan Zee. Onafhankelijk van de suppletiekosten is een rendementstoename van 20 tot ruim 120% af te lezen bij een economische groei van 0,5%.

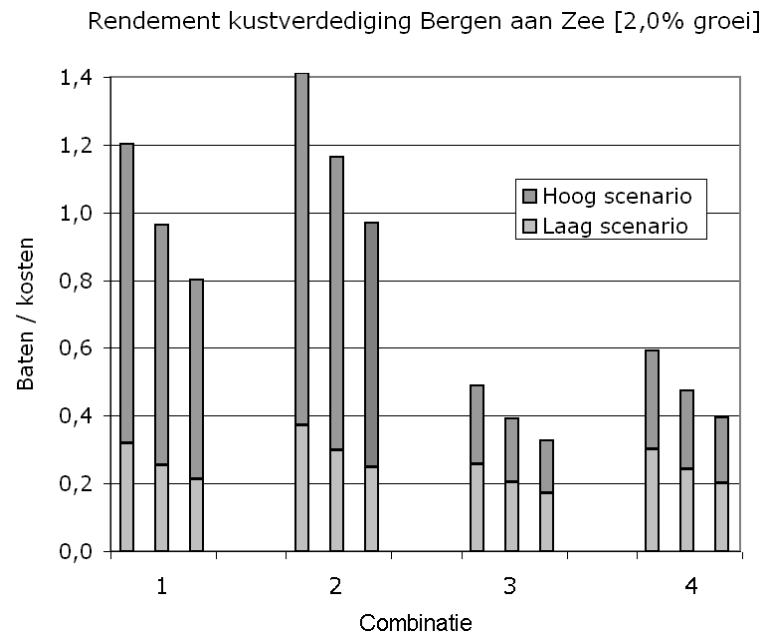
**Figuur 9.5**

*Weergave van het projectrendement van kustversterking door zeewaartse uitbreiding bij Bergen aan Zee volgens de nieuwe methode bij een economische groei van 1,0%.*



**Figuur 9.6**

*Weergave van het projectrendement van kustversterking door zeewaartse uitbreiding bij Bergen aan Zee volgens de nieuwe methode bij een economische groei van 2,0%.*



Bij een economische groei van 2% blijkt het verhogen van het veiligheidsniveau tot 1/10.000 en 1/4.000 economisch rendabel te kunnen zijn.



## 10

## Discussie en Conclusies

### 10.1

### Discussie

In deze paragraaf worden de resultaten van dit onderzoek besproken en bediscussieerd. Een aantal aannames die in dit onderzoek zijn gedaan worden nader bekeken waarbij de consequenties van deze aannames voor het onderzoek zichtbaar worden gemaakt.

De verwachte schade wordt veroorzaakt door een aantal schademechanismen. In dit onderzoek zijn deze complexe processen geschematiseerd omwille van de eenvoud van de studie. De consequenties van de vereenvoudigingen en de vraag of zodoende de werkelijkheid geen geweld is aan gedaan wordt hieronder besproken.

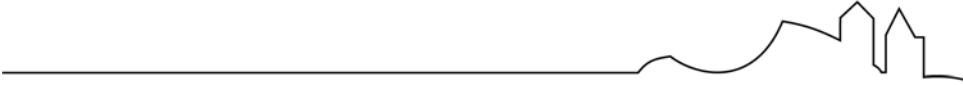
#### 10.1.1

#### Discussie duinafslag

Duinafslag werd in hoofdstuk 2 reeds als maatgevend schademechanisme aangewezen. Uit Figuur 7.11 blijkt dat dit in de nieuwe methode niet anders is. Omdat duinafslag zo'n prominente rol inneemt in de risicoberekening is het van belang de aannames die hierin zijn gedaan goed te onderbouwen en te bediscussiëren

Aan de basis van de schade door duinafslag staat de jaarlijks verwachte afslag. Deze is gebaseerd op Figuur 7.2, waar de duinafslag als van functie van de herhalingstijd wordt gepresenteerd. Klein en Koningsveld (2005) berekenen daarvoor overschrijdingsfrequentielijnen voor eens per 500, 1000, 4.000 en 10.000 jaar. In dit onderzoek is het aantal frequentielijnen uitgebreid tot 16 doormiddel van interpolatie en extrapolatie van deze vier lijnen. Bijlage R toont dat het aan te bevelen is zo veel mogelijk overschrijdingsfrequentielijnen te gebruiken in de risicoberekening om de variatie tussen de boven- en ondergrens zo klein mogelijk te houden. Tabel 7.1 toont dat ondanks het gebruik van een zestiental frequenties, de verwachte duinafslag ten opzichte van het gemiddelde nog maximaal 30 procent naar boven en naar beneden kan afwijken.

De grootste onzekerheid is afkomstig van de schade door stormen met een relatief korte herhalingstijd (tot eens per 200 jaar). Over de duinafslag als gevolg van deze hoogfrequente superstormen is weinig



bekend terwijl het aandeel daarvan in de verwachtingswaarde van de totale duinafslag 95% is. Ondank deze onzekerheid blijkt uit validatie dat resultaten van risicoberekeningen van RIKZ en Royal Haskoning goed reproduceerbaar zijn met de nieuwe methode.

De afslagberekeningen van Klein en Koningsveld (2005) houden rekening met een verzwaring van de golfpiekperiode met 4 seconde. De hogere energiedichtheid van de golven en de daarbij optredende extra duinafslag worden verdisconteerd met een procentuele toeslag op het afslagvolume dat berekend is bij een golfperiode van 12 seconde. Hoe goed met deze opzet de werkelijke situatie wordt benaderd is onbekend. Echter omdat deze opzet in meerdere vergelijkbare studies wordt toegepast is dit geen onzekerheidsbron die pas is geïntroduceerd met de opzet van deze nieuwe methode.

Weijer (2002) onderzocht het effect van bebouwing op de mate van duinafslag. Uit het onderzoek bleek dat puin en bebouwing in de afslagzone zowel een afslagversterkende als afslagreducerende werking heeft. In dit onderzoek is zodoende de invloed van bebouwing op de invloedszone van duinafslag buiten beschouwing gelaten.

#### **10.1.2**

#### **Discussie golfoverslag**

Het effect van golfoverslag op de jaarlijks te verwachte schade in het duingebied is niet eerder meegenomen in een risicoberekening. Daarvoor zijn een aantal redenen aan te wijzen. De schade door golfoverslag is te vergelijken met inundatieschade bij lage waterstanden; de schade is daardoor minder grootschalig dan bij duinerosie. Het invloedsgebied van golfafslag is minder eenduidig vast te stellen dan de afslagzone. Niet in alle gevallen zal golfoploop immers leiden tot overslag. Daarnaast zal een groot deel van het oplopende water in het duinlichaam infiltreren waardoor het geen directe schade meer veroorzaakt. Er zijn geen modellen die het overslagvolume van zandige lichamen berekenen. Dit hangt immers sterk af de infiltratie en van het duinprofiel dat gedurende een storm aanzienlijk kan veranderen.

Desondanks is het schademechanisme volwaardig meegenomen in de risicoberekeningen in dit onderzoek. De argumenten hiervoor zijn dat Bergen aan Zee dicht achter de eerste duintoppen ligt. Het dorp ligt in een kom waardoor bij afslag van de duintoppen een lage doorgang naar een groot deel van de bebouwing wordt gecreëerd. Tevens is de bebouwde zone grotendeels verhard wat infiltratie van overslaand water bemoeilijkt.

Een groot deel van de bovengenoemde onzekerheden wordt ondervangen door een bovengrens te stellen aan de kans dat overslag schade veroorzaakt. Door deze grens op eens per 500 jaar te stellen

blijft de invloed beperkt tot in die gevallen dat de duinerosie voorbij de hoge duintoppen reikt.

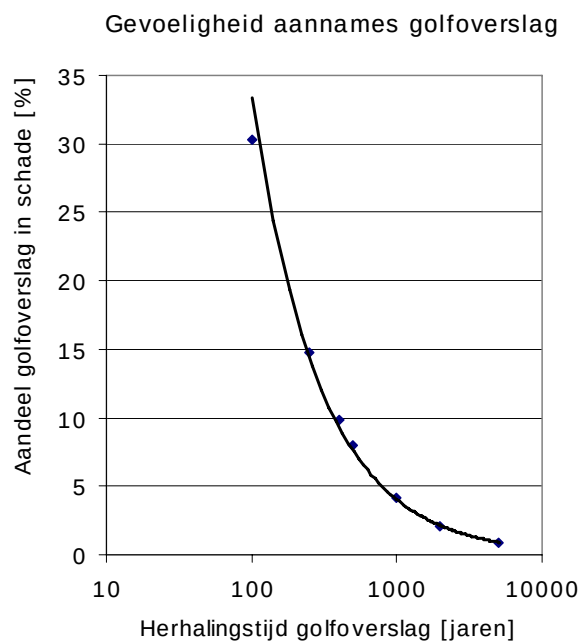
De schadefactor die wordt gehanteerd voor overslag is een veilige lage inschatting van de schade aan bouwwerken doordat het eroderende effect van stromend water niet wordt meegenomen. Bij de hoge inschatting wordt er uitgegaan van aanzienlijke schade aan slechts een derde van de woningen.

### Gevoeligheidsanalyse

Het aandeel van golfoverslag in de totale stormschade blijft beperkt tot circa 8%. Dit percentage is sterk afhankelijk van keuze onder welke omstandigheden het mechanisme op zal treden. Bij Bergen aan Zee vindt dit plaats bij een storm met een overschrijdingsfrequentie van eens per 500 of lager. De duinafslag reikt hierbij verder landinwaarts dan de eerste duintop waardoor oplopende golven tot overslag kunnen leiden. In delen van het dorp zal als gevolg hiervan inundatie- en erosieschade optreden. Er is gekozen voor een vaste invloedzone van circa 50 meter welke mee opschuift met de afslagrand.

**Figuur 10.1**

*Gevoeligheidsanalyse van de aannames bij golfoverslag. Het aandeel in de totale schade neemt sterk toe naarmate de kans op golfoverslag toeneemt. In de casestudy is aangenomen dat de overschrijdingskans van golfoverslag bij de bouwgrens circa 1/500 is. Dit resulteert in een aandeel van circa 8% in de totale schade.*

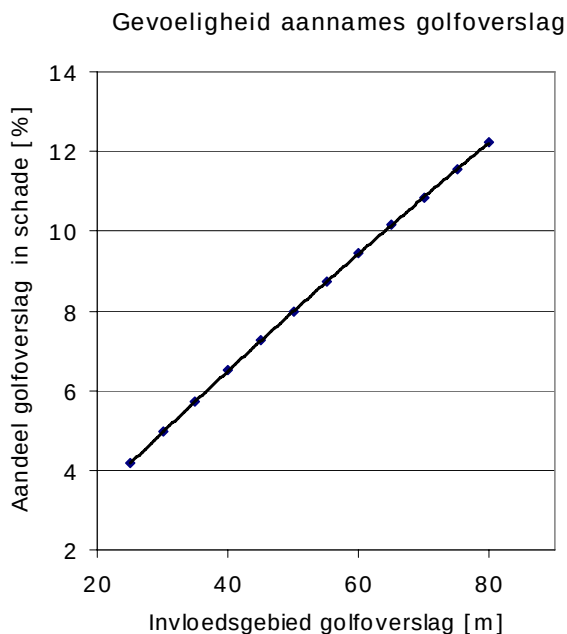






**Figuur 10.2**

*Gevoeligheidsanalyse van de aannames bij golfoverslag. Het aandeel in de totale schade is circa lineair afhankelijk van de grootte van het invloedsgebied van golfoverslag. De huidige aanname van een zone van 50 meter landwaarts van de afslagrand resulteert in een aandeel van 8% in de totale schade.*



### 10.1.3

#### Discussie salt spray

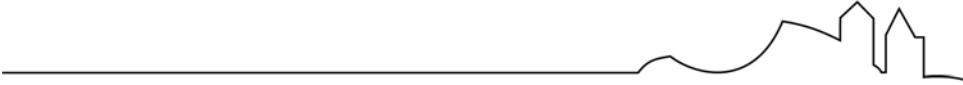
Salt spray is in deze nieuwe methode als derde schademechanisme opgenomen omdat zowel de kans als het invloedsgebied van salt spray ten opzichte van de andere twee mechanismen erg groot zijn. De gevolgschade daarentegen is moeilijk te kwantificeren.

Uiteindelijk is de schade als gevolg van salt spray aan het buitendijkse gebied niet opgenomen in de casestudy omdat er geen goede beschrijving voor het invloedsgebied gevonden kon worden. Als gevolg daarvan is ook een afname van salt spray dóór ingrepen in de kustverdediging niet te voorspellen. Ook het effect op de waarde van het gebied is niet eenduidig te kwantificeren. Enerzijds zullen huizen in de kustzone wellicht vaker geverfd moeten worden en zullen voertuigen iets eerder roesten, anderzijds zorgt juist het zilte klimaat voor de kenmerkende duinomgeving die door de natuurbeheerders en recreanten zo wordt gewaardeerd.

### 10.1.4

#### Ontwikkelingen in het onderzoeksgebied

Voor het berekenen van de contante stormschade over 100 jaar is uitgegaan van de verwachte schade in het kustgebied zoals dat er nu uitziet. De methode gaat er vanuit dat de kustlijn en de bouwgrens ieder jaar op dezelfde plaats liggen. Impliciet gaat de methode er dus vanuit er elk jaar schade kan optreden aan hetzelfde gebouw terwijl dat gebouw in feite eerst herbouwd zou moeten worden alvorens er weer schade aan kan optreden. De methode gaat er ook vanuit dat



teruggang van de duinvoet door duinafslag jaarlijks wordt gecompenseerd.

In deze studie wordt geen rekening gehouden met de gevolgen van een stijgende zeespiegel met circa 40 tot 85 cm door het uitzetten van zeewater, het smelten van gletsjers en de Groenlandse ijskap over de komende 100 jaar<sup>7</sup>. Een dergelijke stijging vergroot de verwachte hoeveelheid duinafslag aanzienlijk. Figuur K 1 toont dat de kans op duinafslag ter hoogte van Bergen aan Zee met bijna een factor 10 toeneemt als het duinmassief niet verder toeneemt. Doordat de duinen bij Bergen aan Zee deel bebouwd zijn groeit het duin hier niet voldoende mee. Over 50 tot 100 jaar kan zodoende een veel hogere jaarlijkse schade worden verwacht dan op basis van dit onderzoek wordt berekend. Er kan gesteld worden dat ook in dit onderzoek het economische belang van duinversterking nog wordt onderschat.

#### 10.1.5

#### Dubbeltelling van risicoperceptie

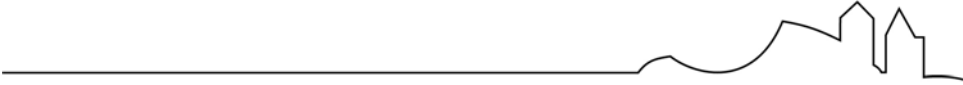
De economische waardering van risicoperceptie vindt in dit onderzoek plaats aan de hand van een schatting van de waardedaling van woningen doordat bewoners en potentiële kopers het gevaar van wonen in de kustzone (tijdelijk) laten meewegen in hun koop- en verkoopgedrag.

De economische waardering van overlast door evacuatie bestaat uit een vast bedrag van circa € 5.000 (Eijgenraam, 2000). Dit bedrag is gebaseerd op hinder, ongemak en de kosten van een fysieke evacuatie. Het bedrag dient echter ook als sluitpost voor niet nader gekwantificeerde immateriële gevolgen van een overstroming.

Het is mogelijk dat door het opvoeren van beide posten immateriële schade als gevolg van stormschade dubbel wordt gewaardeerd. Enerzijds als een daling van de woningprijs, anderzijds als een deel van de € 5.000 euro die per persoon aan overlast wordt toegekend. In dit onderzoek wordt aangenomen dat maximaal 50 % van dit bedrag tot dubbeltelling kan leiden mits deze 50 % niet meer is dan de schadepost daling woningwaarde door risicoperceptie. Uit Tabel 9.5 blijkt dat de vermeden verwachte overlast 5 % van de verwachte baten bedragen bij een lage inschatting van het risico en 8 % bij een hoge inschatting. De dubbeltelling van risicoperceptie bedraagt zodoende maximaal 2,5 % bij een lage inschatting van het risico. Bij een hoge inschatting van het stormrisico is het aandeel van de verwachte waardedaling in de schade echter 2 %. De dubbeltelling bedraagt zodoende hooguit ook 2 %.

---

<sup>7</sup> [http://www.knmi.nl/kenniscentrum/nieuwe\\_inzichten\\_zeespiegelstijging.html](http://www.knmi.nl/kenniscentrum/nieuwe_inzichten_zeespiegelstijging.html) (4 april 2006)



De mogelijkheid van dubbeltelling kan niet volledig worden uitgesloten omdat de opbouw van de € 5.000 niet volledig is onderbouwd. Er is berekend dat als gevolg van mogelijke dubbeltellingen de verwachte sociaal-economische schade maximaal 2,5 % wordt overschat.

#### 10.1.6

#### Economische waarde

##### ***Bezoekers voor zee, strand en natuur***

In dit onderzoek is duidelijk onderscheid gemaakt tussen bezoekers van Bergen aan Zee en bezoekers van Bergen. In de analyse is aangenomen dat het bezoekersaantal van Bergen niet beïnvloed wordt door eventuele schade in Bergen aan Zee. In werkelijkheid bestaat er weldegelijk een verband tussen bijvoorbeeld de kwaliteit van het strand in Bergen aan Zee en het aantal bezoekers van Bergen. Wanneer Bergen aan Zee beschermd wordt tegen stormschade, wordt ook economische schade aan de toeristensector in Bergen voorkomen.

In het onderzoek is aangenomen dat 1/10 van de bezoekers zich niet laat leiden door de aanwezigheid van zee en strand maar door de aanwezigheid van natuur. Zo is aangenomen dat de daaraan gerelateerde verblijfsrecreatie slechts afhankelijk is van het natuuraanbod. Er is daarbij geen rekening gehouden met de locatie van de hotels en pensions. Deze staan veelal dichtbij de bouwgrans waardoor het aantal verblijfsbezoeken wel eens lager kan uitvallen door het wegvallen van verblijfsaccommodatie.

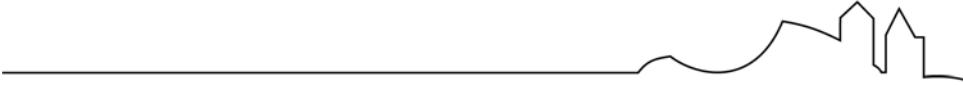
##### ***Duinuitbreiding***

Ook de welvaartstoename door de aanleg van de duinuitbreiding is niet in de studie opgenomen. Er kan gesteld worden dat de toename van natuurareaal op zich al als baat gezien kan worden. Daarnaast biedt de duinuitbreiding plaats aan tal van economische ontwikkelingen en potentieel drinkwater infiltratiegebied. Op jaarbasis zou dit laatste al 10.000 tot 24.000 euro aan zuiveringskosten kunnen uitsparen.

Overigens is het mogelijk dat de aantrekkelijkheid van Bergen aan Zee afneemt doordat het niet direct meer aan zee ligt. Dit kan een daling van het aantal hotelbezoeken en een waardevermindering van vastgoed tot gevolg hebben. Hierover zijn echter eenvoudigweg geen gegevens beschikbaar.

##### ***Aantrekkelijkheid zee en strand***

De toeristensector is zeer belangrijk voor Bergen aan Zee. (Zie ook de studie van Amsterdam Leisure Consultancy, 2006). Het blijkt dat circa 31% van verwachte economische schade aan Bergen aan Zee



voortvloeit uit de verwachte afname van toeristische bestedingen tijdens dagtochten. Deze afname is afkomstig uit Figuur. P.1 waarin de aantrekkelijkheid van het strand als functie van de stormintensiteit en de bijkomende schade wordt beschreven. De figuur is kwalitatief onderbouwd omdat enig kwantitatief onderzoek naar deze relatie tot op heden ontbreekt. Vervolgonderzoek naar deze relatie is dan ook een van de belangrijkste aanbevelingen van dit onderzoek.

#### **10.1.7**

##### **Verdisconteren van toekomstige kosten en baten**

Binnen (infrastructuur)projecten vallen uitgaven (kosten) en inkomsten (baten) vrijwel nooit samen. Om deze bedragen met elkaar te kunnen vergelijken worden ze contant gemaakt naar een basis jaar (zie ook Bijlage F). Als gevolg van deze verdiscontering zijn uitgaven in de (verre) toekomst nu vrijwel niets waard. Een toekomstig probleem wordt zodoende ook economisch gezien sterk onderschat. Uitgaven (problemen) over 20 jaar bijvoorbeeld worden nu op slechts 46% van hun omvang gewaardeerd.

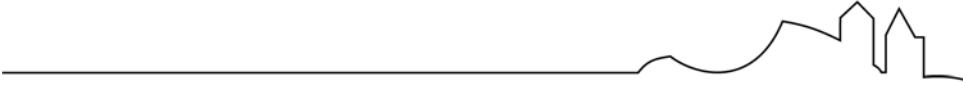
Dit weerhoudt de overheid ervan nu voorbereidingen te treffen voor de toekomst. Verdisconteren leidt zodoende tot devaluatie van het probleem en tot het uitstellen van de aanpak ervan. Pas als de contante waarde van het probleem zodanig wordt dat het de politiek kan mobiliseren krijgt het de aandacht die het verdient. Het kan dan nog tientallen jaren duren voordat de werkelijke maatregelen zijn getroffen.

Het staat vast dat het over een eeuw aanzienlijke investeringen zal vergen om de zwakke punten, die kustplaatsen in de zandige kering vormen, voldoende te kunnen beschermen. Ter plaatse van de kustplaatsen groeit het duin immers niet meer mee met de zeespiegel. Nu wordt dit probleem echter op 2% van zijn omvang gewaardeerd waardoor er weinig aandacht aan wordt besteed. Dit zou echter alleen mogen gebeuren als nu een bedrag ter grootte van 2% van de verwachte investeringskosten wordt gereserveerd (met 4% interest) om dit probleem over een eeuw aan te pakken.

#### **10.1.8**

##### **Overige Nederlandse kustplaatsen**

In dit onderzoek zijn voor Bergen aan Zee de sociaal-economische baten gekwantificeerd. Uit de casestudy blijkt dat in tegenstelling tot eerdere studies de kosten en baten elkaar weinig tot niet ontlopen. Een interessant vervolg op deze studie is het in kaart brengen van deze kosten-batenratio's voor de overige kustplaatsen langs de Nederlandse kust. Op voorhand zijn geen uitspraken te doen over de meerwaarde van de nieuwe methode in de overige risicozones. De meerwaarde hangt mede af van de verhouding tussen de aanwezige



vastgoedwaarde en de waardering van de nieuwe posten. Bergen aan Zee heeft daarbij een geheel andere opbouw dan Noordwijk, Zandvoort of bijvoorbeeld Scheveningen. Voor onder andere de kustlijn van Noordwijk geldt, als gevolg van de aanwezige hoogbouw, een veel hogere vastgoedwaarde per strekkende meter (Piek, 2002). Dit kan er toe leiden dat het economisch risico gebaseerd op de vastgoedwaarde veel dichterbij de sociaal-economische waarde ligt dan in Bergen aan Zee het geval is. Vervolgonderzoek moet uitsluitend bieden in hoeverre de waarde van de buitendijks gebieden kustuitbreidingen economisch verantwoorden.

#### **10.1.9**

#### **Toepassing in buitenlandse projecten**

In deze paragraaf wordt besproken in hoeverre de in dit onderzoek gepresenteerde methode toepasbaar is op buitenlandse projecten. Ten eerste dient vermeld te worden dat het waarderen van welvaartseffecten waarvoor geen directe marktprijs bestaat een relatief nieuwe ontwikkeling is binnen de economische wetenschap. Uit literatuuronderzoek blijkt dat Nederland voorop loopt bij het kwalitatief meenemen van deze posten. De methode kan zodoende alleen worden toegepast als deze posten in het betreffende land worden geaccepteerd als onderdeel van de maatschappelijke welvaart.

Ten tweede kan het monetariseren zoals dat in dit onderzoek heeft plaatsgevonden niet één op één overgenomen worden in buitenlandse projecten. Welvaart wordt per land en cultuur anders gewaardeerd zoals ook de normen en waarden per land kunnen verschillen. Dit uit zich onder andere in het vigerend regeringsbeleid. In Zweden wordt meer waarde gehecht aan veiligheid en het milieu dan bijvoorbeeld in Polen. Hetgeen ook in een kosten-batenanalyse zal terugkomen.

Ten derde is het belangrijk te realiseren dat het veiligheidsbeleid zoals dat in Nederland wordt uitgevoerd voortvloeit uit onze unieke ligging (deels) beneden de zeespiegel. Nederland maakt bewust onderscheid tussen binnendijkse en buitendijkse activiteiten en hangt hier juridische consequenties aan. De problematiek die in dit onderzoek centraal staat is het gevolg van intensief en extensief economisch gebruik van een kustzone gevoelig voor erosie waarvoor de overheid geen expliciete verantwoordelijkheid draagt. Dit is zodoende ook een voorwaarde voor het gebruik van deze methode.

In veel landen bestaat er de mogelijkheid verzekeringen af te sluiten tegen overstromingsschade. In Groot-Brittannië is deze verzekering af te sluiten wanneer de verzekerde er bij de inrichting van zijn woning / bedrijf alles aan doet om in geval van overstroming de gevolgschade te beperken. In dit geval neemt maatschappelijke druk om voor rendabele bescherming te zorgen af.



## 10.2

## Conclusies

### 10.2.1

#### Algemeen

Er is een nieuwe methode opgesteld om de sociaal-economische baten van kustverdediging voor buitendijkse gebieden in kaart te brengen. Daarvoor is enerzijds gekeken naar de waarde van de kustzone als indicator van de hoogte van de potentiële stormschade, anderzijds is de kans op stormschade, de vertaalslag naar het stormrisico, nader geanalyseerd.

#### Onderzoeksvragen

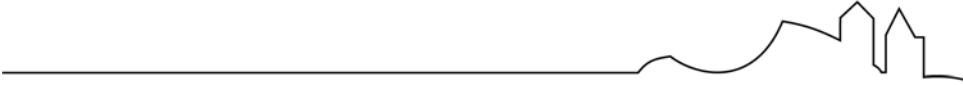
De onderzoeksvragen uit hoofdstuk 1 worden hier nogmaals expliciet beantwoord.

1. Het schadeproces dat zich voltrekt tijdens zeer zware stormen is uitgebreid met een tweede en derde schademechanisme. Naast duinafslag zorgt ook golfoverslag voor de nodige overlast en economisch te waarden schade. Naar verwachting wordt 7 tot 8 procent van de stormschade veroorzaakt door golfoverslag. Salt spray blijkt slechts invloed te hebben op landbouwgronden en zoutintolerante eindvegetatie. Het duingebied heeft in de huidige optiek van de natuurbeheerders juist baat bij de verziltende werking van dit mechanisme.

Volgens afslagberekeningen van Klein en Koningsveld (2005) reikt duinafslag gemiddeld eens per 10.000 jaar tussen de 122 en 226 landwaarts van de bouwgrans van Bergen aan Zee. Afhankelijk van het duinprofiel treedt inundatieschade op door golfoverloop. oor Bergen aan Zee is bediscussieerd dat golfoverloop gemiddeld eens per 500 jaar voorkomt. Het getroffen gebied strekt zich circa 50 meter landwaarts van de afslagrand uit.

2. De sociaal-economische waarde van het verstedelijkte buitendijkse gebied bestaat uit de vastgoedwaarde van woningen en bedrijven, inboedel en de infrastructurele waarde. Waar de bestaande methodieken deze voldoende benaderde, is bestaande literatuur gebruikt.

Nieuw opgenomen posten die de economische waarde van het kustgebied vergroten ten opzichte van de standaardmethoden zijn natuurwaarde, toeristische waarde voor verblijfs- en dagrecreatie, de meerwaarde van woningen door de aanwezigheid van natuur en water, de waarde van het waterzuiveringspotentieel, de waarde van veilig wonen, de waarde van lichamelijke en geestelijke gezondheid en de economische waarde van een mens als consument. Er is ondermeer gebruik gemaakt van de hedonische



huizenprijzenmethode en contingent valuation om niet direct te beprizen economische waarden te kwantificeren. Toeristische inkomsten als indicatie voor de waardering van natuur en strand hebben een groot aandeel in de nieuwe waardering van de kustgebieden.

3. Als gevolg van duinafslag gaat vrijwel alle economische waarde in het gebied verloren. In de golfoverslagzone bedraagt de verwachte welvaartsvermindering 20 tot 43%. Deze percentage zijn afgeleid van schademonellen voor binnendijkse overstromingen en de invloed van snel stromend water op bouwwerken.

Het aantal slachtoffers is moeilijk te voorspellen omdat het gebied goed te evacueren is. Dodelijke slachtoffers zijn echter nooit volledig uit te sluiten. Een handreiking voor een evacuatiemodel is gegeven in Bijlage T.

4. Uit een vergelijking met reeds uitgevoerde studies blijkt de nieuwe methode goed in staat bestaande methodes te reproduceren. De methode schrijft specifiek aan Bergen aan Zee een significant hogere sociaal-economische waarde toe. Het economische nut van verdediging neemt hierdoor ook significant toe.
5. Uit de casestudy blijkt dat de schade door golfoverslag tot een stijging van ruim 8% van de verwachte schade leidt. Het meenemen van salt spray blijkt geen relevant effect te hebben de verwachte schade. Toerisme is voor de kustgebieden een zeer belangrijke factor die opgenomen dient te worden in de kosten-batenanalyse.

Of een versterkingsproject rendabel is hangt onder andere af van het feit of het veiligheidsniveau per kustplaats geoptimaliseerd kan worden, welk economisch scenario wordt meegenomen en hoe de verhouding tussen vastgoedwaarde en de economische waardering uitvalt.

Aan de hand van de nieuwe methode is een inschatting gemaakt van de jaarlijks te verwachten schade door duinafslag en golfoverslag in Bergen aan Zee. Daarbij zijn de ondergrens en de bovengrens van het risico berekend op respectievelijk 190.000 en 530.000 euro per jaar. Van een tweetal versterkingsvarianten zijn de aanleg- en onderhoudskosten uitgewerkt. Doormiddel van verdiscontering over een planperiode van 100 jaar zijn de verwachte schade in de nulsituatie (3,1 tot 16,4 miljoen euro) en de contante kosten van de maatregelen (10,8 tot 16,2 miljoen euro bij een veiligheidsniveau van 1/4.000 en 13,6 tot 20,4 miljoen euro bij een veiligheidsniveau van 1/10.000) bepaald. Voor de maatregelen is tevens de contante verwachte restschade berekend bij een veiligheidsniveau van 1/4.000 (200.000 tot 410.000 euro).

Er bestaat een aanzienlijk verschil tussen de boven- en ondergrens van de verwachte schade (factor 3,4). De nieuwe methode is gevalideerd aan de hand van Nielen-Kiezenbrink (2005) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005). Daarvoor is met de nieuwe methode ook alleen de verwachte schade door duinafslag aan woningen, infrastructuur en bedrijven berekend. De verwachte schade blijkt goed overeen te komen met de resultaten uit de literatuurstudie (Zie Tabel 9.2 en Tabel 9.4). De ondergrens van de schade komt overeen met de schade berekend door Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005) en de bovengrens komt goed overeen met de verwachte schade zoals die door Nielen-Kiezenbrink (2005) wordt berekend.

Er is een relatie opgesteld tussen de stormschade in Bergen aan Zee en de aantrekkingskracht op strandbezoekers. Hieruit is de verwachte afname van bezoekers berekend. Verwacht wordt dat door de verwachte schade in Bergen aan Zee tijdelijk gemiddeld 0,1 tot 4% minder bezoekers zijn te verwachten. In dit onderzoek zijn een viertal economische scenario's opgenomen. Zij representeren zowel de fysieke groei van Bergen aan Zee als de toename van het aantal bezoekers en hun uitgaven. Bij een economische groei van 2% is over een periode van 100 jaar een toename van ruim 700% van de jaarlijkse verwachte schade te verwachten. Door verdiscontering naar het basis jaar wordt de toekomstige groei echter minder zwaar gewaardeerd. Effectief resulteert dit in een toename van circa 75%.





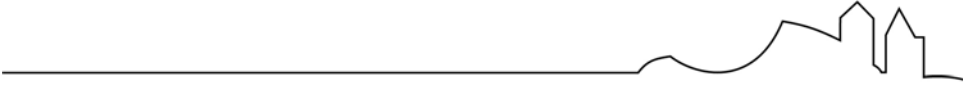
### **Meerwaarde van de nieuwe methode**

De meerwaarde van de toegevoegde posten wordt uitgedrukt in het aandeel in de totale verwachte schade. Dit varieert tussen de 17 en 54 procent. Dit houdt in dat de door het kwantificeren en moneteriseren van de posten uit hoofdstuk 5 en 6 en het toevoegen van schade door golfoverslag de verhouding tussen baten en kosten met ruim 20 tot 117 procent toeneemt. Toerisme heeft het grootste aandeel in deze toename. Maximaal 31 procent van de verwachte schade (58 procent van de toename in de schade) wordt veroorzaakt door het voorkomen van het tijdelijk wegblijven van toeristen als gevolg van ernstige schade aan Bergen aan Zee. In dit geval vertegenwoordigt de schade aan woningen, bedrijven en infrastructuur door duinafslag (oude methode) nog 46 procent van de totale schade.

### **Rendement**

De nieuwe methode zorgt voor een aanzienlijk hogere economische waardering van de verwachte stormschade. Met als gevolg dat het rendement van versterkingsmaatregelen die de schade voorkomen toeneemt. Nielen-Kiezenbrink (2005) en Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005) berekenen een rendement wat varieert tussen de 0,11 tot 0,25. Een rendementsberekening aan de hand van de nieuwe methode maar volgens de oude schadeposten resulteert in een baten-kostenverhouding tussen de 0,12 en 0,4. De rendementsberekeningen aan de hand van de nieuwe methode tonen een baten-kostenverhouding variërend tussen de 0,2 als ondergrens en 1,4 als bovengrens. De laatste betreft een hoge inschatting van de vermeden schade bij een economische groei met 2,0% per jaar. Hierbij is uitgegaan van een versterkingsmaatregel waarbij het duin zeewaarts circa 108 meter is uitgebreid zodat de kans op duinafslag tot de bouwgrens afneemt van 1/30 tot 1/4.000 per jaar.

Algemeen kan gesteld worden dat het met deze nieuwe methode mogelijk is geworden een ruimer scala aan economisch te waarderen functies van het kustgebied is op te nemen in de risicoanalyse. Dientengevolge zullen schadeberekening aan de hand van deze methode meer recht doen aan de werkelijke sociaal-economische waarde van het kustgebied. Uit de rendementsanalyse blijkt dat in enkele gevallen de aanleg- en onderhoudskosten van duinuitbreidingen gedekt worden door de welvaartstoename als gevolg van de verhoogde veiligheid. Een scenario zonder economische groei toont een toename van het rendement met 100 tot 300%. Wordt rekening gehouden met economische groei, dan kan de toename van het rendement oplopen tot ruim 500%.



### **Commissie Poelmann**

In 2005 brengt de commissie Poelmann haar advies uit aangaande de bescherming en ontwikkeling van buitendijkse kustplaatsen. Hierin wordt gesteld dat het huidige risico in de buitendijkse gebieden economisch gezien geen aanleiding geeft tot het verhogen van het veiligheidsniveau (wel tot het handhaven van het huidige niveau). In het licht van dit onderzoek zijn bij deze uitspraken de nodige kanttekeningen te plaatsen. Dit onderzoek toont aan dat dit advies voor Bergen aan Zee leidt tot een jaarlijkse verwachte stormschade van €190.000 tot €530.000 nu, tot maximaal het zevenvoudige in 2100. De jaarlijks te verwachte schade per inwoner in het Bergen aan Zee behoort zodoende tot één van de hoogste van Nederland. Tevens blijkt uit dit onderzoek dat de verwachte sociaal-economische schade van dezelfde orde van grootte is als de kosten van maatregelen om deze schade drastisch te doen afnemen. Naar de maatschappij toe lijkt het een meer verantwoorde houding schade te vermijden dan mogelijkwerijs te compenseren (Good governance).



In dit hoofdstuk worden naar aanleiding van het onderzoek naar de sociaal-economische baten van kustverdediging voor buitendijks gebied een aantal aanbevelingen gedaan voor verdere verbetering van de methode. Tevens worden een aantal deelonderzoeken voorgesteld naar aanleiding van de discussie zodat een betere kwantificering van diverse welvaartseffecten mogelijk wordt.

1. Voer de risicoberekening aan de hand van de vernieuwde methode uit voor de overige buitendijkse verstedelijkte gebieden.
2. Leg de bevindingen van dit onderzoek voor aan de Commissie Bescherming en Ontwikkeling van buitendijkse gebieden (Poelmann, 2005).
3. Betrek dit onderzoek bij de discussie naar verzekerbaarheid van de buitendijkse economische waarde. Dit onderzoek heeft bijgedragen aan het inzicht in de verwachte jaarlijkse schade. Op basis hiervan is wellicht een verzekeringspremie tegen stormschade op te stellen.
4. Neem de risicoanalyse voor buitendijks gebied op in een apart onderdeel van de studie Veiligheid Nederland in Kaart (VNK). Hoewel de gebieden buitendijks liggen, liggen ze nog steeds in Nederland.
5. Bij het verdisconteren van toekomstige schadeposten dient men zich te realiseren dat dit in feite uitstel van maatregelen in de hand werkt. Omdat aan de aanleg van infrastructurele werken vaak 10 tot 20 jaar besluitvorming vooraf gaat, zouden de contante kosten bepaald moeten worden alsof zij 10 tot 20 jaar eerder optreden. Om uitstel van ingrijpen te voorkomen wordt aanbevolen om te onderzoeken wat de mogelijkheden zijn om bij een rendementsanalyse in de besluitvormingsfase de kosten over 10 a 20 jaar te waarderen alsof zij in het heden plaatsvinden. Dit zijn immers de eerste kosten die door het project vermeden kunnen worden.



6. Ontwikkel een duinafslagmodel dat is gebaseerd op de verzwaarde hydraulische randvoorwaarden waarbij de extra afslag door een vergrote golfperiode is gebaseerd op experimenten en niet op vuistregels of rekentruc.
7. De mate van duinafslag door relatief hoogfrequente superstormen (tot eens per 200 jaar) dient beter in kaart gebracht te worden. Deze stormen hebben een groot aandeel in de verwachte stormschade.
8. In deze studie is de afslagzone geschematiseerd als een tweetal homogeen verdeelde afslagzones die de minimale respectievelijk maximale afslag representeren. Voor een betere benadering van de jaarlijkse verwachte stormschade dient de afslagzone per raai bepaald te worden.
9. Ontwikkel een golfoverslagmodel voor zandige eroderende kust. Er moet beter inzicht verkregen worden in het gemiddelde en het maximale instantane overslagdebiet, de stroomsnelheden, de reikwijdte van de golfoverslag ten opzichte van de afslagrand en het effect van verharding op de infiltratie.
10. Bij vervolgonderzoek moet nader ingegaan worden op de gevolgen van snelstromend water bij lage inundatiedieptes op bouwwerken. Dit levert een betrouwbaarder beeld op van het schadebeeld ten gevolge van golfoverslag.
11. Betrek de klimaatsscenario's kwantitatief in het onderzoek. Houd rekening met de stijgende zeespiegel en de daarbij toenemende duinafslag.
12. In kustzones met voornamelijk laagbouw is een goede benadering van de waarde van en de schade aan woningen en bedrijven aan de hand van gemiddelde herbouwwaarden mogelijk. De casestudy van Bergen aan Zee heeft dit reeds aangetoond. Voor die kustplaatsen waar de vastgoedwaarde grotendeels bestaat uit hoogbouw en unieke bebouwing (Scheveningen, Egmond, Zandvoort etc.) wordt aanbevolen op GIS gegevens terug te vallen omdat de waarde van hoogbouw moeilijk bepalen is aan de hand van vuistregels.
13. In dit onderzoek is de afname van het strandbezoek als functie van de stormschade in de kustzone gepresenteerd. Deze relatie is niet kwantitatief onderbouwd. Een onderzoek naar onder andere het effect op toerisme in, door de tsunami van december 2004, getroffen toeristische gebieden verschaft wellicht meer inzicht in deze relatie.



14. Er dient nader onderzoek te worden verricht naar de omvang van de sociaal-economische waarde van cultuurhistorie. Hiervoor dient een inventarisatie gemaakt te worden van de aanwezige trekpleisters en het geschatte aantal bezoekers. Overigens kan niet met zekerheid gezegd worden of in de uitgaven van recreanten niet reeds een deel van deze waardering zit ingesloten.
15. Onderzoek de economische potentie van de duinuitbreiding en neem deze onder voorbehoud mee in de batenberekening. Hierbij dient onderzocht te worden of een toename van duin- en natuurareaal resulteert in een toename van recreatiebezoeken.
16. De directe en indirecte waarde van de bedrijven in Bergen aan Zee dient aan de hand van het aantal arbeidsplaatsen per onderneming bepaald worden.



## Bijlage A      Literatuur

- 1 Abma, R. & Berkers, R.F.A., (2006). Tekort aan recreatieruimte in de Zuidvleugel; Input voor programma's voor uitbreiding van de Delflandse kust. *Stichting Recreatie, Kennis- en Innovatiecentrum*, Den Haag.
- 2 Amsterdam Leisure Consultancy, (2006). De economische betekenis van het toerisme in de Gemeente Bergen. *Stuurgroep Toerisme en recreatie in Bergen*. Amsterdam.
- 3 Barendregt, A., Huizinga, H.J., (2004). Standaardmethode2004: Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen. MinVenW, RWS.
- 4 Bin, O. and Polasky, S., (2003). Effects of Flood Hazards on Property Values: Evidence Before and after Hurricane Floyd. *Land Economics* 80(2004): 490-500.
- 5 Blaeij, A.T. de, (2003). De monetaire waarde van een statistisch mensenleven in een verkeersveiligheidscontext. Researchmemorandum 2003-20. Vrije Universiteit, Amsterdam.
- 6 Briene, M., Koppert, S., Koopman, A., Verkennis, A., (2002). Financiële onderbouwing Kengetallen Hoogwaterschade. DWW, Rotterdam.
- 7 Doef, M. van der, Cappendijk, P., (2006). Veiligheid Nederland in Kaart. Modelleren en analyse van evacuatie. DWW 2006-007.
- 8 DWW, RIKZ, (2001). Hydraulische Randvoorwaarden 2001: voor het toetsen van primaire waterkeringen. Den Haag.
- 9 Eijgenraam, C.J.J., Koopmans, C.C., Tang, P.J.G., Verster A.C.P., (2000). Evaluatie van infrastructuurprojecten: Leidraad voor Kosten-baten Analyse MinEZ, MinVenW, Den Haag.
- 10 Eijgenraam., C.J.J., (2005). Veiligheid tegen overstromen: kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier, deel 1. CPB, Den Haag.
- 11 Ecorys, (2004). Is Geluk haalbaar? Onderzoek naar de financiële haalbaarheid van kustuitbreiding en verkenning van de mogelijkheden voor PPS. MinVenW Rotterdam.
- 12 Frieser B., (2004). Probabilistic Evacuation Decision model for River floods in the Netherlands, *Afstudeerrapport*, TU Delft.
- 13 Graaff, J. van de, (2004). Gedoe in waterkeringland: Waar is de regie? Technische Universiteit Delft, Delft.
- 14 Graaff, J. van de, (2005). Coastal morphology and coastal protection. Lecture notes. University of Delft, Delft.



- 15 Grinwis, M. en Duyck, M., (2001). Hoogwaterstanden en overstromingen in België: Een evaluatie van de niet-tastbare kosten, KINT, Verhandeling nr. 6, Brussel.
- 16 HKV, Rebel Group, Sterk Consulting, (2006). Werkwijzer OEI bij SNIP (Concept) MinVenW, RIZA.
- 17 Hellendoorn, J.C., (Red.), (2001). Evaluatiemethoden ex ante, een introductie. 5<sup>e</sup> druk, Den Haag: Sdu Uitgevers.
- 18 Jonkman, S.N., (2004). Methode voor het bepalen van het aantal slachtoffers ten gevolge van een grootschalige overstroming MinVenW, RWS.
- 19 Jonkman, S.N., Cappendijk, P., (2006). Veiligheid in kaart: Inschatting aantal slachtoffers ten gevolge van overstroming. DWW, Den Haag.
- 20 Kamp, I., Velde, P.G. van der, (2001). Vuurwerkrapport Enschede: Lichamelijke en geestelijke gezondheid en ervaringen met de ramp; rapportage van het gezondheidsonderzoek. Instituut voor Psycho trauma, GGD Twente, Zaltbommel.
- 21 Kessel, T. van, Aarninkhof, S.G.J., Koningsveld, M. van, (2002). Planstudie Veiligheid. Fase 3: Impact analyse morfologische ingrepen. WL | Delft rapport Z3725.30.
- 22 Koningsveld, M. van, Klein, M., (2005). Risicobeheersing kustplaatsen in de Provincie Noord-Holland. WL | Delft rapport Z3725.60.
- 23 Koster Engineering, (2002). Het effect van zeespiegelrijzing op de kustafslag Provincies Noord- en Zuid-Holland
- 24 Kluit, J., Hofman, P., (2001). Interprovinciale Visie kust 2050. Provincies Noord- en Zuid-Holland.
- 25 Lamond, J. and Proverbs, D., (2006). Does the price impact of flooding fade away? Structural Survey, Volume 24, Number 5, 2006, pp. 363-377(15)
- 26 Leeuwen, M.G.A. van, (1997). De meerwaarde van groen voor wonen. Landbouw Economisch Instituut, Den Haag.
- 27 Lelieveld, R., (2003). Consolidatie of zeewaarts: een afweging tussen twee alternatieven om de kans op afslag in kustplaatsen niet te laten toenemen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Technische Universiteit Eindhoven.
- 28 Luttik, J.J., Zijlstra, M., (1997). Woongenot heeft een prijs; het waarde verhogend effect van een groene en waterrijke omgeving op de huizenprijzen. Staring Centrum, Wageningen.
- 29 Meer, J.W. van der, (2002). Technisch rapport golfoploop en golfoverslag bij dijken. Technische Adviescommissie voor Waterkeringen, Delft.



- 30 Ministerie van Verkeer en Waterstaat, (2003). Procesplan zwakke schakels in de Nederlandse kust: Bestuurlijk Overleg Kust 31 januari 2003 Ministerie van Verkeer en Waterstaat
- 31 MNP, RIVM, (2004). Risico's in bedijkte termen: een thematische evaluatie van het Nederlandse veiligheidsbeleid tegen overstromen. MinVenW, Bilthoven.
- 32 MinEZ, (2004). Pieken in de Delta: gebiedsgerichte economische perspectieven MinEZ
- 33 Nielen-Kiezebrink, M.F. van, (2005). Risicobeheersing in kustplaatsen: Beheersen van kansen en gevolgen van kustafslag en overstroming tijdens zware storm in buitendijks gebied. Document Basisinformatie. *RWS/RIKZ 2005.022*, Den Haag.
- 34 Nieuwenhuize et al., (2003). Titel onbekend.
- 35 Nieuwenhuijzen, L. van, Planteijdt, R., (2005). Risico's in badplaatsen ten gevolge van kustafslag: Kosten en baten van maatregelen. Provincie Noord-Holland, Nijmegen.
- 36 Onderwater, M.,(2005). Integrale beoordeling zwakke schakels Noord-Holland: Randvoorwaarden en uitgangspunten voor veiligheid en morfologie. Provincie Noord-Holland.
- 37 Pearce, D.W., (1998). Cost– benefit analysis and environmental Policy. *Oxford Review of Economic Policy* 14 (4), 84–100.
- 38 Piek, R., (2002). Pilot Noordwijk: berekening economisch risico Provincie Zuid-Holland.
- 39 Poelmann, P. et al., (2005). Advies van de Commissie Bescherming en Ontwikkeling van Buitendijks gebied in Kustplaatsen. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Den Haag.
- 40 Projectbureau Veiligheid Nederland in Kaart, (2005). Veiligheid Nederland in Kaart: Hoofdrapport onderzoek overstromingsrisico's MinVenW, RWS.
- 41 Provincies Noord- en Zuid-Holland, (2001). Economie van Zand en Water: Economische aspecten van de strategische visie Hollandse Kust. Provincies Noord- en Zuid-Holland.
- 42 RIKZ, (1998), Algemene beschrijving stormvloed waarschuwingdienst. Brochure RIKZ.
- 43 RIKZ, (2003). Nieuwe inzichten in golfbelastingen langs de kust. DWW, Den Haag.
- 44 Ruijgrok, E.C.M., (2000). Valuation of nature in coastal zones, Academisch proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam, Utrecht: Elinkwijk b.v.
- 45 Ruijgrok, E.C.M., Brouwer, R., Verbrugge, H. (2004a). Waardering van Natuur, Water en Bodem in Maatschappelijke Kosten-Batenanalyses: aanvullen op de Leidraad OEI, MinVenW, MinLNV, MinVROM, MinEZ, MinFin.





- 46 Ruijgrok, E.C.M., Nillesen, E.E.M. en Atman, R.E., (2004b). Economische waardering van cultuur-historie: een case studie in het gebied Tieler-Culemborgerwaard, Witteveen+Bos, Rotterdam.
- 47 Ruijgrok, E.C.M. et al. (2006). Kentallen Waardering Natuur, Water en Bodem: Hulpmiddel bij MKBA's Concept MinLNV Rotterdam
- 48 Schiereck, G.J. et al., (1998). Grondslagen voor waterkeringen. Technische Adviescommissie Waterkeringen.
- 49 Schoeman, P. et al., (2005). Hoofdrichtingen voor risicobeheersing in kustplaatsen Ministerie van Verkeer en Waterstaat, RIKZ. Den Haag.
- 50 Technische Adviescommissie Waterkeringen, (2002). Leidraad Zandige Kust. *Dienst Wegen Waterbouw*.
- 51 Van Gent, M.R.A. et al. (2006). Dune erosion tests tot study the influence of wave periods. WL | Delft Hydraulics, Delft.
- 52 VEWIN (2001), Water in zicht 2000: bedrijfsvergelijking in de drinkwatersector, Vereniging van Waterbedrijven in Nederland, Rijswijk.
- 53 Weijer, R.J.G. van de, (2002). Effect van bebouwing op de mate van duinafslag. Afstudeerscriptie Technische Universiteit Delft, Delft.
- 54 Wever, E.R., Piepers, P.R., (2005) Integrale beoordeling (IB) Zwakke schakels Noord-Holland, Basis rapport Kosten-batenanalyse. Provincie Noord-Holland
- 55 Wijnen, W., Hosink, H., Bos, E., Hamsvoort, C., van der, Savornin Lohman, L. de, (2002). Baten en kosten van natuur, een regionale analyse van het Roerdal, Rapport 4.02.09, Landbouw Economisch Instituut, Den Haag.
- 56 Wildschut, R.J., (2002). Dagrecreatie Noordhollands Duinreservaat in 2000. PWN Waterleidingbedrijf Noord-Holland, Castricum.
- 57 Vrijling, J.K., Gelder, P.H.A.J.M. van, Litjes-van Loon, J., (2006). Coastal zone risk in The Netherlands. Proc. 28th International Conference on Coastal Engineering, Cardiff, pp. 3508 - 3516 Solving Coastal Conundrums Cardiff on 07 July 2002 - 12 July 2002, p. 1254 – 1266.



## Bijlage B      Internet bronnen

1. [http://www.swov.nl/rapport/factsheets/factsheet\\_immateriele\\_kosten.pdf](http://www.swov.nl/rapport/factsheets/factsheet_immateriele_kosten.pdf)
2. <http://www.bouwkostenonline.nl/>
3. <http://statline.cbs.nl>
4. [www.kadaster.nl](http://www.kadaster.nl)
5. [http://www.ohcbv.nl/sociale\\_wetgeving/index.htm](http://www.ohcbv.nl/sociale_wetgeving/index.htm)
6. [www.natuurmonumenten.nl](http://www.natuurmonumenten.nl)
7. [www.npduinenvantexel.nl](http://www.npduinenvantexel.nl)
8. [www.svsd.nl](http://www.svsd.nl)
9. [www.rijkswaterstaat.nl](http://www.rijkswaterstaat.nl)
10. [http://www.st-ab.nl/wetten/0709\\_Wet\\_op\\_de\\_waterkering.htm](http://www.st-ab.nl/wetten/0709_Wet_op_de_waterkering.htm)
11. [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl)
12. [http://www.belastingdienst.nl/zakelijk/loonheffingen/lb22/lb22-319.html#P4394\\_495486](http://www.belastingdienst.nl/zakelijk/loonheffingen/lb22/lb22-319.html#P4394_495486)
13. [www.maps.google.com](http://www.maps.google.com)



## Bijlage C

## Geraadpleegde personen

De onderstaande personen zijn in het kader van mijn onderzoek benaderd. Hun antwoorden en raad zijn soms direct, soms indirect verwerkt in dit verslag. Voor het advies, tips en de tijd die zij voor mij vrijmaakten wil ik hen hartelijk danken.

Dhr. M. Bonte, Witteveen+Bos

Dhr. J. van de Braak, BOVAG-RAI

Mw. E. Buter, Witteveen+Bos

Mw. L.M. van der Burgh, Universiteit Twente

Mw. T. Filatova, Universiteit Twente

Dhr. S.N. Jonkman, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

Mw. U. Kirchholtes, Witteveen+Bos

Mw. S. Koppert, Ecorys

Dhr. J. Kroos, RIKZ

Mw. P. Laan, Gemeente Bergen

Dhr. H.J.M.A. Mols, Witteveen+Bos

Dhr. J.P.M. Mulder, RIKZ, Universiteit Twente

Mw. M.F. van Nielen-Kiezebrink, RIKZ

Mw. E.C.M. Ruijgrok, Witteveen+Bos

Dhr. A.J. Smale, Witteveen+Bos

Dhr. B.I. Thonus, HKV lijn in water

Dhr. E.R. Wever, Arcadis

Mw. T. Zonneveld, Natuurmonumenten

Dhr. K.M. van Zuilekom, Universiteit Twente



## Bijlage D      Begrippen en definities

|                                   |                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Afslaglijn</b>                 | Deze lijn geeft aan welk deel van het duin afslaat bij een bepaalde stormvloed. Zo geeft de 1:500 afslaglijn de grens aan van het gebied dat bij een storm met een kans van voorkomen van eens in de 500 jaar afslaat. |
| <b>Afslagzone</b>                 | Zone van de kust die tijdens een storm afslaat.                                                                                                                                                                        |
| <b>Binnendijks</b>                | Binnen de invloedssfeer van de waterkeringen                                                                                                                                                                           |
| <b>Buitendijks gebied</b>         | Het gebied dat op en voor de waterkering ligt. Dit gebied wordt gekenmerkt door de afwezigheid van een wettelijk veiligheidsniveau.                                                                                    |
| <b>Discontovoet</b>               | Percentage waarmee toekomstige inkomsten en uitgaven per jaar in waarde worden verminderd in vergelijking ter vergelijking met een basisjaar.                                                                          |
| <b>Duinafslag</b>                 | Afkalving van duinmassief door zware golfaanvallen                                                                                                                                                                     |
| <b>Economische waardering</b>     | Blijk van waardering die economische meetbaar is                                                                                                                                                                       |
| <b>Evapotranspiratie</b>          | Geheel van gewasuitwaseming en verdamping.                                                                                                                                                                             |
| <b>Generieke kentallen</b>        | Algemeen bruikbare vuistregels, relaties en kerncijfers waarmee welvaartseffecten kunnen worden benaderd.                                                                                                              |
| <b>Golfoploop</b>                 | Proces waarbij golven tegen een talud oplopen tot boven de golfhoogte                                                                                                                                                  |
| <b>Golfoverslag</b>               | Proces waarbij water als gevolg van golfslag over de kering heen slaat                                                                                                                                                 |
| <b>Inundatie</b>                  | Onder water lopen                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Kentallen analyse / aanpak</b> | Grote orde van grote schatting van projecteffecten.                                                                                                                                                                    |
| <b>Kosten-baten analyse</b>       | Het proces van afwegen van de verwachte kosten ten opzichte van de te verwachte baten voor een of meerdere onderwerpen, zodat weinig kansrijke projectalternatieven vroegtijdig geschrapt kunnen worden.               |
| <b>Kustzone</b>                   | Het gebied waarin de kustgebonden of sterk kustgeoriënteerde processen, waaronder menselijk (mede)gebruik, zich afspelen.                                                                                              |



|                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Maatschappelijke projectbaten</b> | Welvaartseffect op de maatschappij als geheel als gevolg van een (infrastructureel) project.                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Normafslag</b>                    | Virtuele lijn langs de kust die de posities van maximale afslag verbindt, berekend op basis van de maatgevende stormcondities. De maatgevende stormcondities zijn wettelijk vastgelegd en worden gebruikt om de sterkte van de waterkering te toetsen aan de norm.                                             |
| <b>Risico</b>                        | De kans van optreden maal het gevolg van daadwerkelijk optreden.                                                                                                                                                                                                                                               |
| <b>Veiligheidsnorm</b>               | De eis waar een primaire kering aan moet voldoen, aangeven als een gemiddelde overschrijdingskans (per jaar) van de hoogste hoogwaterstand waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde primaire kering moet zijn berekend, mede gelet op overige factoren die het waterkerende vermogen bepalen. |
| <b>Veiligheidsniveau</b>             | Werkelijke mate van veiligheid                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Waterkering</b>                   | Een duin, grondconstructie (dijk, dam) of kunstwerk, of een aaneenschakeling hiervan, welke over een bepaalde lengte de maatschappelijke functie heeft water te keren.                                                                                                                                         |
| <b>Welvaart</b>                      | De mate waarin de behoefte van de burger / consument wordt bevredigd.                                                                                                                                                                                                                                          |
| <b>Welvaartseffect</b>               | Sociaal-economische verandering van de maatschappelijke welvaartsbeleving als gevolg van een fysieke verandering in de leefomgeving.                                                                                                                                                                           |
| <b>Zandige kust</b>                  | Die kusttrajecten waar duinen (al dan niet ondersteund door harde verdedigingsobjecten, zoals strandhoofden en duinvoetverdedigingen), samen met het voorliggende strand en de zandige vooroever, het grensgebied tussen land en zee vormen.                                                                   |

***Maatschappelijke kosten-batenanalyse***

De kosten-batenanalyse (KBA) is de primaire monetaire evaluatiemethode van beleidsmaatregelen. De techniek heeft een lange ontwikkelingsgeschiedenis en is in de jaren '30 van de twintigste eeuw ontstaan in de Verenigde Staten. Ze werd voor het eerst toegepast op waterbeheersingsprojecten. Aan de basis staan bedrijfseconomische analyses, de methode steunt sterk op de opgedane ervaringen omtrent investeringsselecties.

Bij een KBA wordt gestreefd naar een systematische weergave van in financiële termen uitgedrukte effecten (kosten en baten) van alternatieve projecten of beleidsmaatregelen. Deze weergave geschiedt in balansvorm. De kosten van het project worden afgewogen tegen de positieve en negatieve effecten van een project of maatregel. Bij een maatschappelijke benadering wordt gesproken van een sociaal-economische of maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA).

Het doel van een maatschappelijke kosten-batenanalyse is één of meerdere projecten of beleidsmaatregelen gericht op de oplossing van een gegeven probleem, te toetsen op sociaal-economische rentabiliteit, of verschillende alternatieven te rangschikken op basis van een rentabiliteitscriterium. Op deze wijze wordt beoogd tot een zo efficiënt mogelijke allocatie van productiemiddelen te komen.

Hieronder worden een aantal bestaande evaluatie methodes besproken waar in dit onderzoek gebruik van wordt gemaakt.

***Overzicht Effecten Infrastructuur***

De Leidraad OEI is opgesteld om tot een eenduidige en transparante economische beoordeling van infrastructuurprojecten in Nederland te komen. Het gaat in op de maatschappelijke effecten die direct of indirect samenhangen met een project, en biedt houvast voor het bepalen van de bijdrage aan de nationale welvaart. In de methode staat de kosten-batenanalyse centraal als evaluatiemethode voor overheidsbestedingen.

***Waardering van Natuur, water, bodem***

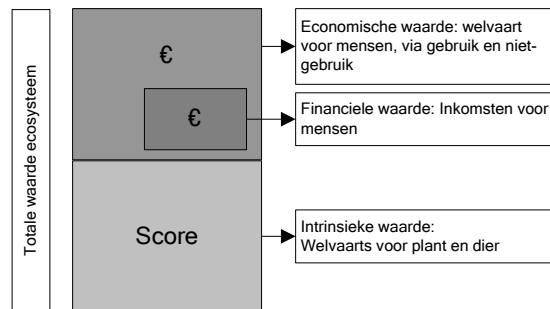
In navolging van de OEI is een aanvullende leidraad opgesteld om de ongeprijsde effecten van infrastructuurprojecten op natuur, water en bodem kwantitatief op te nemen in de maatschappelijke kosten-batenanalyse. Ze biedt een handreiking hoe de betreffende welvaartseffecten geïdentificeerd, gekwantificeerd en vervolgens gemonetariseerd kunnen worden met verschillende economische waarderingsmethoden.

De economische waarde van een ecosysteem vertegenwoordigt een deel van de totale waarde van het ecosysteem (zie Figuur. E.1). Slechts dat deel dat welvaart voor de mens oplevert (inclusief financiële inkomsten) draagt hier aan bij. Voor de intrinsieke waarde van een ecosysteem (de welvaart voor plant en dier zelf) bestaat per definitie geen markt en is dus niet met marktprijzen te vangen. De intrinsieke waarde (ecocentrische benadering) blijft bij een economische (antropocentrische benadering) berekening buiten de analyse.

**Figuur. E.1**

*Opbouw totale waarde van een ecosysteem.*

*Bron: Ruijrok (2004a)*



### **Kentallenboek**

Het kentallenboek (Ruijrok et al., 2006) is een naslagwerk met kentallen voor het waarderen van natuur, water, bodem en landschap als hulpmiddel bij het opstellen van MKBA's.

Na het gereed komen van de aanvulling 'Waardering Natuur, Water en Bodem' is een gebrek aan kentallen voor de verschillende baten van natuur, water en bodem geconstateerd. Hierdoor is het in de praktijk niet goed mogelijk is om snel baten te berekenen. Het kentallenboek bevat kentallen en/of vuistregels voor het berekenen van baten op het gebied van natuur, water en bodem die voor kunnen komen in verband met infrastructuur-, woningbouw- en waterprojecten. Omwille van de compleetheid, zijn ook kentallen voor landschap toegevoegd. Onder het aspect landschap vallen kentallen voor baten van archeologie, historische geografie en historische bouwkunde. Het gaat dus feitelijk om het cultureel erfgoed.

Een euro nu wordt nu anders gewaardeerd dan nu een euro straks wordt gewaardeerd. Doormiddel van disconteren kunnen inkomsten en uitgaven over verschillende tijdstippen met elkaar vergeleken worden.

De baten van een kustversterkingsproject uiten zich in een afname in de jaarlijkse te verwachte stormschaad. Een project levert die baat tot ver in de toekomst (zolang de versterking zorgt voor een verhoogde veiligheid ten opzichte van de nulsituatie). Om de totale waarde van deze baat te bepalen, moet ze contant gemaakt worden naar een basisjaar doormiddel van een discontovoet. De netto contante waarde (NCW) van de kosten en baten is de belangrijkste graadmeter voor de beoordeling van een project.

#### **Netto contante waarde**

Toekomstige baten hebben niet dezelfde waarde in het heden. Een euro die men nu bezit kan tegen rente worden uitgezet waardoor deze in jaar  $t$  meer waard is. Bij een rentepercentage  $r$  levert een bedrag  $(1+r)^t$  maal zoveel op. Inkomsten in de toekomst zijn verdisconteerd naar het heden zodoende een factor  $(1+r)^t$  minder waard. Ook kosten die in de toekomst gemaakt moeten worden dienen verdisconteerd te worden. De netto contante waarde van een project  $j$  wordt als volgt berekend:

$$NCW = \sum_{t=0}^{T_j} \frac{B_t - K_t}{(1+r)^t} \quad (5)$$

Waarbij  $B_t$  de baten in jaar  $t$  zijn en  $K_t$  de kosten in jaar  $t$ ,  $T$  de levensduur van het project en  $r$  de rentevoet.

De contante baten worden op eenzelfde manier berekend maar schenken alleen aandacht aan de baten-zijde van het project.

$$CW = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+r)^t} \quad (6)$$

Idem geldt voor het contant maken van toekomstige uitgaven.

#### **Rentevoet en risico-opslag**

Het Ministerie van Financiën heeft in 1995 besloten dat voor publiek gefinancierde projecten een reële disconteringsvoet van 4% risicovrij moet worden gehanteerd. Dit percentage is gebaseerd op lange termijn risicovrije kapitaalopbrengsten. Voor kosten en baten onder



invloed van marktwerking dient tevens een risico-opslag  $p$  te worden gehanteerd. Deze opslag varieert tussen de 0 en 3% al naar gelang de onzekerheid over de marktontwikkeling. Als gevolg van deze opzet dienen risicovolle kosten en baten zoals vastgoedprijzen en de toegevoegde waarde van bedrijven anders gewaardeerd te worden dan de waarde van infrastructuur, natuur en dergelijke waar de marktwerking minder of niet aanwezig is. De formule voor de netto contante waarde is dan als volgt:

$$NCW = \sum_{t=0}^T \frac{B_t - K_t}{(1+r+p)^t} \quad (7)$$

### Tijdshorizon

De welvaartseffecten van kustversterkingsprojecten zijn over een periode van 50 tot 100 jaar verspreid. Tabel. F.1 toont de contante waarde als percentage van de baten in het basisjaar en de netto contante waarde; de sommatie van de baten.

Tabel. F.1: verdiscontering en contante waarde (CW)

| Jaren    | Discontovoet 4% | Risico-opslag 3% | CW 4% | CW 7% |
|----------|-----------------|------------------|-------|-------|
| 0        | 100%            | 100%             | 100%  | 100%  |
| 1        | 96%             | 93%              | 196%  | 193%  |
| 10       | 68%             | 51%              | 911%  | 802%  |
| 20       | 46%             | 26%              | 1459% | 1159% |
| 30       | 31%             | 13%              | 1829% | 1340% |
| 50       | 14%             | 3%               | 2248% | 1480% |
| 75       | 5%              | 1%               | 2468% | 1519% |
| 100      | 2%              | 0%               | 2550% | 1526% |
| $\infty$ | 0%              | 0%               | 2600% | 1528% |

Uit de tabel blijkt dat de contante waarde bij gelijk blijvende jaarlijkse baten een factor  $(1/(r+p) + 1)$  van de jaarlijkse baten bedraagt. Stel dat een kustversterkingsproject het jaarlijkse risico met 100.000 euro vermindert, dan bedragen de contante projectbaten respectievelijk circa 2,6 miljoen euro bij een risicovrij en circa 1,5 miljoen euro bij een risicodragend project.

Indien voldoende gegevens beschikbaar zijn kunnen risicovrije en risicovolle kosten en baten apart worden verdisconteerd alvorens sommatie plaatsvindt.

$$CW = \sum_{t=0}^T \frac{B_{risi\ covol}}{(1+r+p)^t} + \sum_{t=0}^T \frac{B_{risi\ covrij}}{(1+r)^t} \quad (8)$$

Geen enkele prijs of kental is eeuwig houdbaar. Inflatie zorgt voor geleidelijk hogere prijzen waardoor historische prijzen niet direct vergeleken kunnen worden met de huidige. Daarom is het van belang bij prijzen en kentallen een jaartal te vermelden. Doormiddel van prijsindexatie kunnen prijzen uit verschillende periodes met elkaar vergeleken worden en blijven kentallen houdbaar.

### **Consumentenprijsindex**

De consumentenprijsindex (CPI) van alle huishoudens, berekend door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), geeft de gemiddelde prijsverandering weer van goederen en diensten die huishoudens aanschaffen. De index is een belangrijke maatstaf voor inflatie en wordt veel gebruikt door het bedrijfsleven, werkgevers- en werknemers- organisaties en de overheid. De index wordt ondermeer gebruikt voor loonaanpassingen, bijstellingen van belastingtabellen en indexering van huren, lijfrenten, etc. Bron: <http://statline.cbs.nl>

De actuele consumentenprijsindex is te vinden op:

<http://statline.cbs.nl/StatWeb/table.asp?LYR=G1:0&LA=nl&DM=SLNL&PA=70145ned&D1=0,4&D2=0&D3=a&STB=G2:D&HDR=T>

*Tabel. G.1: Consumentenprijsindexcijfer (CPI) 2000=100.*

| Jaar | Prijsindexcijfer |
|------|------------------|
| 2000 | 100,0            |
| 2001 | 104,2            |
| 2002 | 107,6            |
| 2003 | 109,9            |
| 2004 | 111,2            |
| 2005 | 113,1            |
| 2006 | 114,4            |

### **Woningwaarde**

Een dergelijke indexering is ook mogelijk voor woningprijzen. Dit wordt de woningwaarde index genoemd welke is terug te vinden op [www.kadaster.nl](http://www.kadaster.nl).



## Bijlage H

### Commissie Poelmann

In 2005 heeft de Commissie Poelmann in opdracht van de Staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat onderzoek gedaan naar de bescherming en ontwikkeling van buitendijks gebied in kustplaatsen. De commissie concludeert dat omwille van *“good governance”* het huidige veiligheidsniveau in buitendijks gebied zich niet negatief mag ontwikkelen tengevolge van hernieuwde inzichten in de maatgevende stormcondities en klimaatontwikkelingen. In reactie hierop voorziet de commissie een versoepeling van de in het buitendijks gebied geldende bouwrestricties. De communicatie aangaande de risico's die behoren bij wonen en werken nabij de zee dient op een actieve en heldere wijze plaats te vinden.

Met de aanbevelingen van de commissie Poelmann wordt het bouwbeleid transparanter en soepeler. Dit komt de economische ontwikkeling van de kustgebieden ten goede. Tevens zal invulling gegeven moeten worden aan het advies het huidige veiligheidsniveau te handhaven. Dit vereist nieuwe investeringen in de kustverdediging, stranden en vooroevers.



## Bijlage I

## Afbakening onderzoeksgebied

Dit onderzoek richt zich op de maatschappelijke baat van (verbetering van) kustverdediging. Deze uit zich in het verkleinen van de jaarlijks te verwachte schade als gevolg van zware stormen. De afname vindt plaats door de afslagzone zeewaarts te verplaatsen en zo de kans op schade in de kustzone te verkleinen.

Schade in de kustzone treedt op wanneer bebouwing, natuur en andere functies aangetast worden door de optredende storm. Schade in het achterland treedt op wanneer de primaire kering, als gevolg van een superstorm, faalt en het achterliggende dijkkringgebied inundeert.

De schade die een dergelijke doorbraak van de primaire kering tot gevolg heeft is onderwerp van vele studies. Het project Veiligheid Nederland in Kaart is daar de belangrijkste van. Het doel van deze studie is het in beeld brengen en kwantificeren van de overstromingsrisico's in Nederland. De schade als gevolg van een doorbraak in Zuid Holland wordt geschat op 10 tot 300 miljard euro met meer dan duizend dodelijke slachtoffers (VNK, 2005). De maatschappelijke ontwrichting en de aanslag op de nationale economie rechtvaardigt vrijwel iedere investering in de kustverdediging.

Juist dit gegeven maakt het interessant om naar de baten van kustverdediging te kijken in situaties waarin de veiligheid van het achterland niet in gevaar is. De veiligheid van het achterland is gegarandeerd bij stormen met een overschrijdingskans groter dan de veiligheidsnorm van het achterland.

Verantwoording van investeringen in kustverdediging berusten in deze situatie niet op de economische waarde van het achterland maar op de economische waarde van de kustzone gelegen buiten de primaire kering. De economische waarde in buitendijks gebied wordt grotendeels vertegenwoordigd door de twaalf kustplaatsen welke zich gedeeltelijk buiten de primaire kering bevinden. De waarde van dit verstedelijkte buitendijkse gebied wordt primair bedreigd door duinafslag.

Als onderzoeksgebied worden aangemerkt de buitendijkse verstedelijkte gebieden aan de zandige kust waar de duinreep zodanig breed is dat het achterland gegarandeerd beschermd is tegen overstromingen van stormen met een overschrijdingskans groter dan het in het achterland heersende veiligheidsniveau.

Duinerosie is een functie van stormcondities en de samenstelling van het duinprofiel. Klimaatwijzigingen en zeespiegelstijging hebben zodoende een grote invloed op de kans op schade in de afslagzone. Het klimaat wordt naar verwachting steeds extremer met gevolg dat de kust beduidend meer en hevigere stormen te voorduren krijgt. Door de zeespiegelstijging nemen de waterstand en de golfhoogte toe, wordt een grotere windopzet verwacht en zal de maatrevende golfperiode toenemen. Deze ontwikkelingen dienen meegenomen te worden wanneer er gekeken wordt naar de gevolgen van stormen nu en in de toekomst.

De Leidraad Zandige Kust (TAW, 2001) beveelt aan de randvoorwaarden voor waterstandstijging, de toename van de golfhoogte en de windopzet voor de komende 200 jaar aan te passen volgens Tabel. J.1. Er wordt gerekend met een maximale golfperiode van 12 seconden.

*Tabel. J.1: aanbevolen waarden hydraulische randvoorwaarden.*

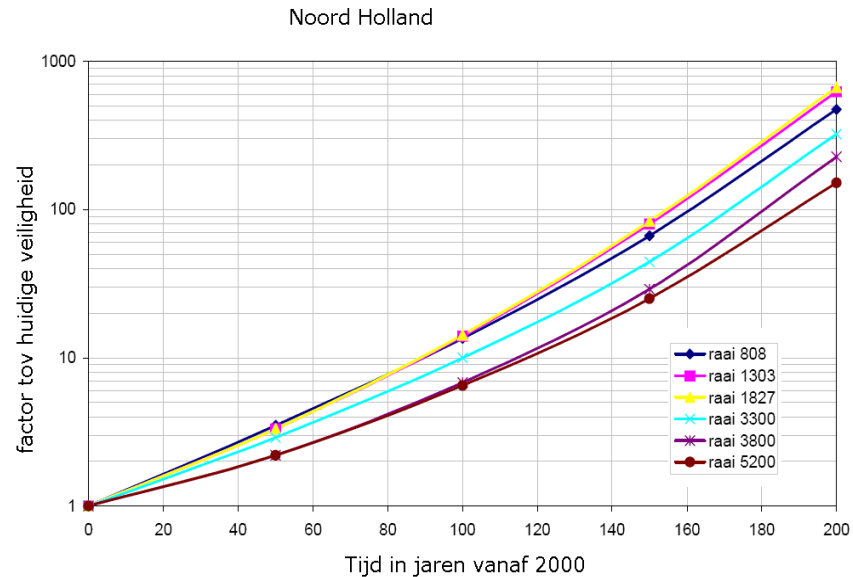
| Jaar             | 2050   | 2100   | 2200   |
|------------------|--------|--------|--------|
| Minimum scenario |        |        |        |
| Zeespiegel       | 0,10 m | 0,20 m | 0,40 m |
| Golfhoogte       | -      | -      | -      |
| Windopzet        | -      | -      | -      |
| Midden scenario  |        |        |        |
| Zeespiegel       | 0,30 m | 0,60 m | 1,20 m |
| Golfhoogte       | -      | -      | -      |
| Windopzet        | -      | -      | -      |
| Maximum scenario |        |        |        |
| Zeespiegel       | 0,45 m | 0,75 m | 1,70 m |
| Golfhoogte       | 5%     | 5%     | 5%     |
| Windopzet        | 0,40 m | 0,40 m | 0,40 m |

Aan de hand van Tabel. J.1 is de ontwikkeling van de overschrijdingsfrequentie van duinafslag uitgewerkt (Koster Engineering, 2002). Figuur. J.1 toont de factor waarmee de kans op afslag in de komende 200 jaar toeneemt. Deze toename wordt niet meegenomen in de risicoberekening maar geeft aan dat risicoberekeningen over een langere periode al snel tot onderschatting van het werkelijke risico leiden.

**Figuur. J.1**

Verzwaarde hydraulische randvoorwaarden vergroten de kans op duinafslag. Ter hoogte van raai 3300 neemt de kans op afslag in het jaar 2100 met een factor 10 toe.

Bron: Koster Engineering bv, (2002). Het effect van zeespiegel stijging op kustafslag.



Hernieuwde inzichten in de golf randvoorwaarden leren dat de piekperiode van de golven tijdens een maatgevende storm in werkelijkheid waarschijnlijk zo'n 4 a 5 seconde langer is dan in de hydraulische randvoorwaarden van 2001 (HR2001) is opgenomen. De daarmee gepaard gaande grotere hoeveelheid energie die het strand bereikt zorgt naar verwachting voor een grotere duinafslag. Wat de exacte gevolgen van een vergroting van de golfperiode op de mate van duinerosie zijn, is momenteel nog onderwerp van studie (Van Gent, WL Delft).

#### **Vergroten van de golf(piek)periode rekentruc**

Zolang het onderzoek naar de gevolgen van de verzwaarde hydraulische randvoorwaarden nog loopt, kan een op de rekenmethodiek van TAW gebaseerde vuistregel worden gehanteerd. Met deze rekentruc wordt een inschatting gemaakt van de extra duinafslag (in procenten) die zal optreden als gevolg van de zwaardere golf randvoorwaarden (Onderwater, 2005).

Aan de hand van beschikbare gegevens over duinafslag bij stormcondities is een schatting gemaakt van de extra afslag die zal optreden als gevolg van de verzwarende. Het percentage komt boven op de duinafslag behorende bij stormcondities met een golfperiode van 12 seconden. Met onderstaande formule wordt de extra afslag (in procenten) benaderd.



$$E(T_p) = 10,6 * (T_{p\text{-verzwaard}} - 12s)^{0,65} + 20\% \quad (9)$$

Waarbij:

$E(T_p)$  = het percentage extra afslag

$T_{p\text{-verzwaard}}$  = de verzwaarde golfperiode in seconden

Tabel J.2 toont het effect op duinafslag bij verzwaarde hydraulische randvoorwaarden.

*Tabel. J.2: geschatte effect van toename golfperiode op duinafslag*

| Verzwaarde golfperiode $T_p$ [s] | Toename duinafslag [%] |
|----------------------------------|------------------------|
| 13                               | 31                     |
| 14                               | 37                     |
| 15                               | 42                     |
| 16                               | 46                     |
| 17                               | 50                     |
| 18                               | 54                     |

Voor de kust van Noord-Holland en Zuid-Holland wordt een verzwaring van de stormcondities in de orde van 4 seconden verwacht (Onderwater, 2005). Een eerste orde schatting van de toename van duinafslag in de zandige kust als gevolg van de verzwaarde piekperiodes bedraagt zodoende 40 tot 50%.

**Invloedssfeer golfoverslag**

In het Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken van de TAW (Van der Meer, 2002) wordt een handreiking gegeven voor de berekeningen van de verticale golfoploop. Uiteraard is de golfoploop voor dijken niet gelijk aan de golfoploop in bebouwd buitendijks gebied, desalniettemin is het mogelijk het buitendijks gebied (deels) voor te stellen als een flauwe dijk. De invloed van bebouwing en andere barrières kan dan echter niet meegenomen worden.

Er wordt aangenomen dat de golfoploophoogte die door 2% van de golven wordt overschreden ( $z_{2\%}$ ) de grens definieert van de golfoploopzone. In deze zone spreekt men van schade of overlast als gevolg van in- en uitstromend zeewater. De oploophoogte dient omgerekend te worden naar een landinwaartse afstand zodat de invloedssfeer in het buitendijkse gebied inzichtelijk gemaakt kan worden. In het Technisch Rapport Golfoploop en Golfoverslag bij Dijken wordt de veralgemeniseerde formule 10 gebruikt om de hoogte van de golfoploop te schatten. Tevens is het softwarepakket PC-Overslag<sup>8</sup> van de Dienst Weg- en Waterbouw beschikbaar waarmee volgens de methodiek een inschatting gemaakt kan worden van golfoploop en het overslagdebiet, de hoeveelheid water welke tot boven de dijk- of duinkruin reikt.

**Handmatige berekening Golfoploop volgens de TAW**

Voor handmatige berekeningen wordt gebruik gemaakt van formule:

$$z_{2\%} = 8 * H_s * \gamma_f \tan(\alpha) \quad (10)$$

Waarbij:

$z_{2\%}$  = De golfoploophoogte door 2% van de golven overschreden. [m]

$H_s$  = De golfhoogte aan de duinvoet [m]

$\gamma_f$  = De invloedsfactor van de ruwheid (1 – 0,85) [-]

$\alpha$  = De helling van het talud [°]

Er wordt verder uitgegaan van een gemiddelde golfsteilheid  $S_0$  van 0,048, en een brekingsindex  $\xi_0 < 1,8$ . Tevens wordt de aanwezigheid van een eventuele berm in het talud niet meegenomen en wordt

<sup>8</sup> <http://www.waterkeren.nl/pcoverslag>



uitgegaan van een golfrichting loodrecht op de kust. Een verdere uitwerking en verklaring van de achterliggende theorie is te vinden in Van der Meer (2002).

Tabel. K.1 toont de golfoploop als functie van de golfhoogte en taludhelling. Voor de Hollandse kust varieert de maatgevende golfhoogte van 4 tot circa 9 meter (DWW, RIKZ, 2001).

*Tabel. K.1: Golfoploophoogte in [m] ( $z_{2\%}$ ) als functie van de taludhelling en de maximale golfhoogte.*

| Golfhoogte [m]<br>Talud [-] | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|
| 1:3                         | 10,7 | 13,3 | 16,0 | 18,7 | 21,3 | 24,0 |
| 1:4                         | 8,0  | 10,0 | 12,0 | 14,0 | 16,0 | 18,0 |
| 1:5                         | 6,4  | 8,0  | 9,6  | 11,2 | 12,8 | 14,4 |
| 1:8                         | 4,0  | 5,0  | 6,0  | 7,0  | 8,0  | 9,0  |
| 1:10                        | 3,2  | 4,0  | 4,8  | 5,6  | 6,4  | 7,2  |

De landinwaartse invloedssfeer van de golfoploop kan eenvoudig geschat worden door de verticale golfoploop te delen door de taludhelling. Hieruit volgt een horizontale golfoploop die slechts afhankelijk is van de golfhoogte. Immers:

#### **Figuur. K.1**

*Een eerste orde schatting van het invloedsgebied van golfoploop vindt plaats met gebruik van TAW formule (10)*



$$x_{2\%} = \frac{z_{2\%}}{\tan(\alpha)} = \frac{8 * H_s * \gamma_f \tan(\alpha)}{\tan(\alpha)} \quad (11)$$

Zodat

$$x_{2\%} = 8 * H_s * \gamma_f \quad (12)$$

*Tabel. K.2: Landwaarts gerichte golfoploop als functie van golfhoogte.*

| Golfhoogte [m]             | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
|----------------------------|----|----|----|----|----|----|
| Landwaartse golfoploop [m] | 32 | 40 | 48 | 56 | 64 | 72 |

### PC-Overslag

Met het softwarepakket PC-Overslag kan aan de hand van de hydraulische randvoorwaarden, en het dijk- of duinprofiel een inschatting gemaakt worden van het overslagdebiet en de golfploophoogte. Er dient te worden opgemerkt dat het programma is opgesteld voor berekeningen aan dijklichamen en niet voor het (eroderende) duin. Het is echter wel een hulpmiddel om inzicht verschaffen in de orde van grote van golfloop en overslag.

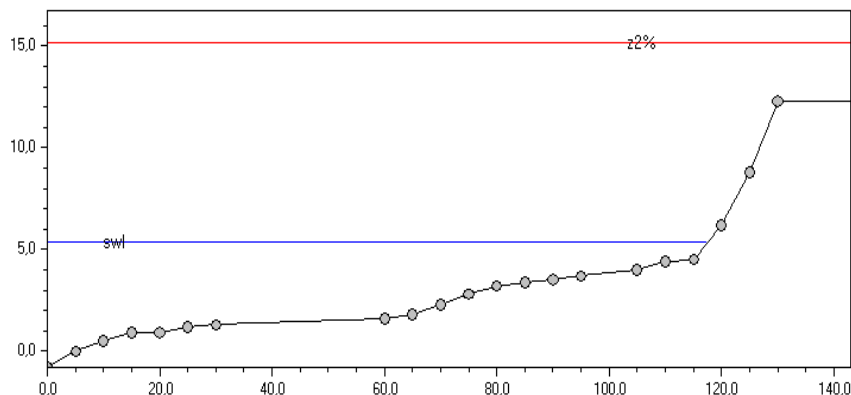
Aan de hand van duinprofielen afkomstig van Jarkusraai metingen en de hydraulische randvoorwaarden 2001 wordt een eerste orde berekening gemaakt van golfloop en overslag.

Als output genereert PC-Overslag de  $z_{2\%}$  hoogte, het gemiddelde overslagdebiet in l/s/m en het overslagdebiet per golf in l/m. Als duinprofiel is gekozen voor Jarkus profiel 3300, ter hoogte van Bergen aan Zee. Bergen aan Zee is een van de risicozones van de Nederlandse kust doordat de bebouwing reeds begint aan de kruin van de relatief lage duin.

Figuur. K.2 illustreert de mogelijke golfoverslag bij het afgeslagen duin. Bij een maatgevende storm zal een deel van het zeewater als gevolg van golfloop over het afgeslagen duin slaan. PC-Overslag berekent bij een 1/10.000 storm een gemiddeld overslagdebiet van 119 liter per strekkende meter per seconde. De maximale overslag per golf (overschrijding van 1%) wordt geraamd op circa 66 m<sup>3</sup> per strekkende meter. Dit komt overeen met de vuistregel dat het maximale volume per overslaande golf 100 tot 1.000 maal het gemiddelde overslagdebiet overtreft (Van der Meer, 2002)

**Figuur. K.2**

*Het duinprofiel bij Bergen aan Zee. Met behulp van PC-Overslag kan het overslagvolume per golf berekend worden. De hydraulische randvoorwaarden behoren bij een norm van 1/10.000 jaar.*



In de onderstaande berekening wordt een grove schatting gedaan van het invloedsgebied en het effect van een dergelijk overslagvolume. Bij een golfperiode van 12 seconden bedraagt het maximale overslag volume per seconde 1/6 van het totale volume dat bij een golf overslaat. Alleen de golftop zorgt voor overslag, bij een 12 seconden durende golf is 6 seconden top en 6 seconden dal (grove aanname).

Dit debiet overschrijdt veelal de mortaliteitsgrens uit Bijlage T. Dit betekent dat onder deze omstandigheden mensen, dieren en voertuigen worden weggespoeld, bebouwing grote schade oploopt, zoniet instort.

Tabel. K.3 toont voor de situatie Bergen aan Zee (raai 3300-3500) het maximale overslagdebet tijdens een maatgevende storm. Bij deze storm stijgt het waterpeil tot 5,35 m + NAP, is de maatgevende golfhoogte 8,95 m met een golfpiekperiode van 12 s. De waarden voor overslag tonen de destructieve aard van de overslag.

*Tabel. K.3: Overzicht van het kortstondig optredende overslagdebet.*

| Kortstondig optredend overslagdebet per strekkende meter [m <sup>3</sup> /s] | Herhalingstijd gedurende maatgevende storm [minuten] |
|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 11 *                                                                         | 20                                                   |
| 9 *                                                                          | 10                                                   |
| 7 *                                                                          | 5                                                    |
| 4 **                                                                         | 2                                                    |
| 3 **                                                                         | 1                                                    |
| 1 ***                                                                        | 0,5                                                  |

\* Overschrijding mortaliteitsvoorwaarden

\*\* Overschrijding mortaliteitsvoorwaarden indien  $h < 1,5$  m.

\*\*\* Grote kans op verdrinking

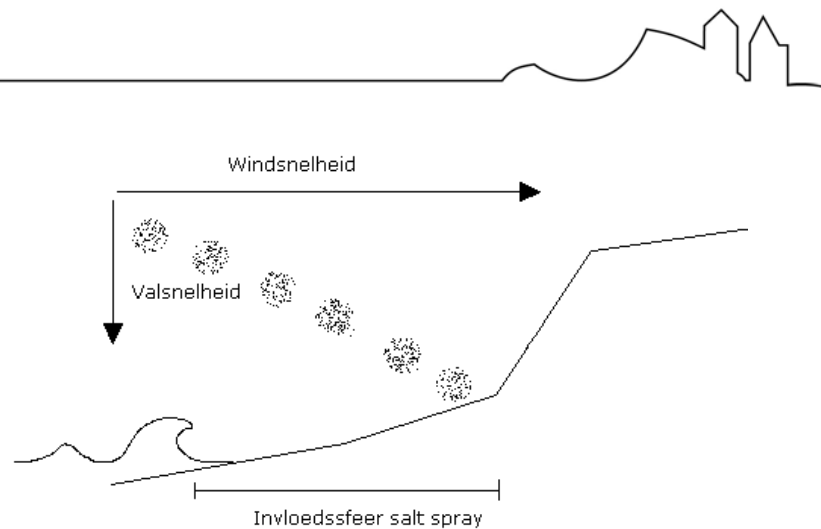
Een overschrijding van de mortaliteitsvoorwaarde leidt vrijwel altijd tot overlijden.

### ***Invloedssfeer salt spray***

Salt spray bestaat uit verneveld zeewater wat als gevolg van golfbreking en turbulente stroming in de atmosfeer terechtkomt. Door een sterke landwaarts gerichte wind wordt de nevel richting het vasteland getransporteerd. In de waterdeeltjes bevinden zich chloride-ionen met een sterk corrosief karakter. Het gebied dat tijdens een stormvloed blootgesteld wordt aan salt spray kan berekend worden door de transportlengte te schematiseren zoals in Figuur. K.3.

**Figuur. K.3**

*Schematische weergave van de invloedssfeer van salt spray met behulp van valsnelheid en windsterkte.*



De valsnelheid van een waterdruppel is afhankelijk van diens diameter en de aard van de stroming. Voor deze schatting wordt voor de eenvoud van de berekening uitgegaan van een laminaire stroming (vereenvoudiging) in de veronderstelling dat de horizontale snelheid van de waterdruppels vrijwel gelijk is aan de windsnelheid. De eindvalsnelheid wordt uitgedrukt in de Stokes vergelijking voor de valversnelling van bolvormige objecten:

$$v = \frac{d^2 \Delta \rho g}{18 \mu} \quad (13)$$

Waarbij:

$v$  = De eindvalsnelheid [m/s]

$d$  = De diameter van de druppel [m]

$\Delta \rho$  = Dichtheidsverschil tussen object en medium [ $\text{kg/m}^3$ ]

$g$  = De zwaartekrachtversnelling [ $\text{m/s}^2$ ]

$\mu$  = Dynamische viscositeit van het medium in [ $\text{kg/m} \cdot \text{s}$ ]

De significante spray diameter  $d$  wordt geschat te variëren tussen de 0,1 en 5 mm. Aan de hand formule (1) volgt een valsnelheid van 0,06 m/s voor  $d = 0,1$  mm en een valsnelheid van circa 14 m/s voor  $d = 5$  mm. Als deze valsnelheden worden vergeleken met de windsnelheden tijdens een zeer zware storm of orkaan  $> 28,5$  m/s (de meest aannemelijke situatie als er een overstroming dreigt) dan volgt hieruit dat kleine druppels over zeer grote afstanden getransporteerd kunnen worden. Fijne salt spray beïnvloedt de gehele kustzone tot enkele honderden meters landinwaarts. Grotere druppels hebben door hun hogere valsnelheid een beperkter bereik. Er wordt verondersteld dat deze druppels tot circa 20 meter hoogte geraken door turbulentie en breking. De zone waarbinnen de grotere druppels neerslaan beperkt zich tot afstand die afgelegd kan worden gedurende hun valtijd. De valtijd wordt aan de hand van bovenstaande gegevens geschat tussen de 1 en 4 seconden. De invloedssafstand van grote druppels zout water vanaf de brekingszone varieert tussen de 30 en 100 meter.

Tabel. L.1: Opbouw waardefuncties Bergen aan Zee

| Normafslag t.o.v bouwgrens [m]               | 0-122      | 122-226    | 0-226      |
|----------------------------------------------|------------|------------|------------|
| <b>Aanwezige waarde</b>                      |            |            |            |
| Wegen [m]                                    | 3500       | 2500       | 6000       |
| Woningen [#]                                 | 67         | 94         | 161        |
| Woningen cat. hoog [#]                       | 38         | 14         | 52         |
| Woningen cat. middel [#]                     | 9          | 60         | 69         |
| Woningen cat. laag [#]                       | 20         | 20         | 40         |
| Oppervlak [m <sup>2</sup> ]                  | 122000     | 104000     | 226000     |
| Woningprijs cat. hoog [€]                    | 451000     | 451000     | 451000     |
| Woningprijs cat. middel [€]                  | 235000     | 235000     | 235000     |
| Woningprijs cat. laag [€]                    | 140000     | 140000     | 140000     |
| Grondprijs hoog [€]                          | 130000     | 130000     | 130000     |
| Grondprijs middel [€]                        | 66000      | 66000      | 66000      |
| Grondprijs laag [€]                          | 34000      | 34000      | 34000      |
| Opslag 25%                                   | 1,2        | 1,2        | 1,2        |
| Inboedel [€]                                 | 75000      | 75000      | 75000      |
| Voertuig [€]                                 | 2160       | 2160       | 2160       |
| Infrastructuur [euro/m]                      | 570        | 570        | 570        |
| <b>Golfoverslag</b>                          |            |            |            |
| Totaal hoog [1000 x €]                       | 23498      | 8657       | 32155      |
| Totaal midden [1000 x €]                     | 3232       | 21550      | 24782      |
| Totaal laag [1000 x €]                       | 4903       | 4903       | 9806       |
| Schade per strekkende meter                  |            |            |            |
| Ondergrens [1000 x €]<br>( $\gamma = 0,20$ ) | <b>52</b>  | <b>68</b>  | <b>59</b>  |
| Bovengrens [1000 x €]<br>( $\gamma = 0,43$ ) | <b>111</b> | <b>145</b> | <b>127</b> |
| <b>Duinafslag</b>                            |            |            |            |
| Totaal hoog [1000 x €]                       | 29426      | 10841      | 40267      |
| Totaal midden [1000 x €]                     | 3945       | 26302      | 30247      |
| Totaal laag [1000 x €]                       | 5719       | 5719       | 11438      |
| Infrastructuur                               | 1995       | 1425       | 3420       |
| Totaal [1000 x €]                            | 41085      | 44287      | 85372      |
| Schade per strekkende meter                  |            |            |            |
| Volledig grondverlies [1000 x €]             | <b>337</b> | <b>426</b> | <b>378</b> |
| Geen grondverlies [1000 x €]                 | <b>256</b> | <b>338</b> | <b>295</b> |

Tabel. M.1 toont de inventarisatie door Nieuwenhuijzen en Planteijdt (2005) van bedrijven binnen de afslagzone van Bergen aan Zee. De tabel toont tevens de minimale en maximale overschrijdingskans van duinafslag en golfoverslag voor het betreffende bedrijf. Een aantal bedrijven loopt geen risico door overslagschade omdat deze bedrijven zich op de duintoppen, binnen de 1/500 afslaglijn bevinden. In paragraaf 7.2.2 is reeds gesteld dat pas schade optreedt door overslag nadat de duintoppen afgeslagen zijn.

*Tabel. M.1: Verwacht jaarlijks economisch risico door duinafslag- en overslagschade aan bedrijven.*

| Bedrijf         | Waarde [€] | Duinafslag    |                | Golfoverslag |              |
|-----------------|------------|---------------|----------------|--------------|--------------|
| Horeca 5 x      | 4.000.000  | 1/500         | 1/100          | 0            | 0            |
| Horeca 1 x      | 800.000    | 1/5.000       | 1/100          | 1/500        | 1/500        |
| Winkel 1x       | 800.000    | 1/5.000       | 1/500          | 1/500        | 1/500        |
| Hotel Nassau    | 3.770.000  | 1/500         | 1/100          | 0            | 0            |
| Hotel Meyer     | 2.160.000  | 1/500         | 1/100          | 0            | 0            |
| Hotel Dennen    | 1.200.000  | 1/5.000       | 1/500          | 1/500        | 1/500        |
| Zeeaquarium     | 2.000.000  | 1/500         | 1/100          | 0            | 0            |
|                 |            |               |                |              |              |
| Risico [€/jaar] |            | <b>24.420</b> | <b>124.900</b> | <b>5.600</b> | <b>5.600</b> |



## Bijlage N

## Onderbouwing van de schadefactor

Ieder schademechanisme heeft een schadefunctie. Deze functie geeft de relatie weer tussen de fysieke omstandigheid gedurende een storm en de gevolgen daarvan op bebouwing, vegetatie, personen en dieren die zich in het gebied bevinden. Dit uit zich in een reductiefactor voor de waarde of schadefactor van bouwwerken en slachtofferfuncties. In de Standaard Methode Schade en Slachtoffers (Barendregt en Huizinga, 2004) wordt een opzet gegeven voor de schadefuncties. Deze methode is opgesteld voor het benaderen van schade bij het overstromen van een dijkkringgebied waarbij de inundatie veelal onder rustiger omstandigheden gebieden plaatsvindt dan direct aan de kust het geval is.

De onderstaande (hydraulische) gegevens worden als verklarende variabelen gezien voor het berekenen van schade.

- De aanwezigheid van duinafslag
- De overstromingsdiepte
- De stroomsterkte
- De kritieke stroomsnelheid
- De stijgsnelheid
- De materiaalfactor
- De beschuttingsfactor
- De aanwezigheid van stormgolven
- Het zoutgehalte van het water

Het grote aantal variabelen in de schadefunctie bemoeilijkt het berekenen van schade in de kustzone. In deze bijlage wordt de keuze voor een constante schadefactor  $\gamma_{\text{mechanisme}}$  voor de schademechanismen onderbouwd.

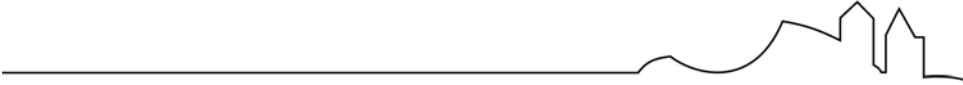
De constante schadefactor vervangt de van hydraulische parameters afhankelijke schadefuncties. De schadeberekening kan zodoende uitgevoerd worden zonder dat complexe hydrodynamische berekeningen gemaakt hoeven te worden.

### **Schademechanismen**

In het kustgebied zijn duinafslag, golfoverslag en salt spray aangewezen als de verantwoordelijke schademechanismen. Dit verschilt met de inundatie die voorkomt uit een dijkbesbrek waar vrijwel alleen met de waterdiepte ten opzichte van het maaiveld wordt gerekend.

### **Duinafslag**

Als gevolg van golfslag slaat duin af en wijkt de kustlijn terug. Hierdoor verdwijnt een deel van het (bebouwde) duin in zee. De



fundering van bebouwing in de afslagzone zal zodanig ondergraven worden dat de constructies bezwijken en in zee verdwijnen (Weijer, 2002). Constructies zijn dan in geheel als verloren te beschouwen (RIKZ, Nielen-Kiezebrink, 2005) Algemeen kan gesteld worden dat tijdens een superstorm alle sociaal economische waarden in de afslagzone verloren gaan. Ook bebouwing die zich gedeeltelijk in de afslagzone bevindt kan als verloren beschouwd worden.

De schadefactor voor het schademechanisme duinafslag ( $\gamma_{\text{duinafslag}}$ ) wordt daarom 1 verondersteld. Iedere waarde in de afslagzone gaat volledig verloren.

### **Golfoverslag**

De eroderende werking van het stromende water kan leiden tot uitschuring van de toplaag waardoor golfoverslag een belangrijk faalmechanisme vormt. Ook in verstedelijkt gebied kan golfoverslag tot schade leiden (Lelieveld, 2002). Indien een groot watervolume overslaat kunnen bebouwing en infrastructuur gelegen achter de eerste duin schade ondervinden door inundatie of erosie. Ook bij boulevardconstructies is de kans op schade reëel doordat het veelal geheel verharde achterland infiltratie van water bemoeilijkt.

Voor golfoverslag zijn de waterdiepte, stroomsterkte, de kritieke stroomsnelheid, de materiaalfactor, de beschuttingsfactor en het zoutgehalte de belangrijkste verklarende parameters voor de schadefunctie.

Voor het bepalen van een constante schadefactor  $\gamma_{\text{overslag}}$  wordt de schade als gevolg van inundatie zonder stroming maar met de invloed van zout water op de inboedelschade gecombineerd met het effect van stormgolven en stroming. Een minimale schadefactor en een maximale worden gepresenteerd.

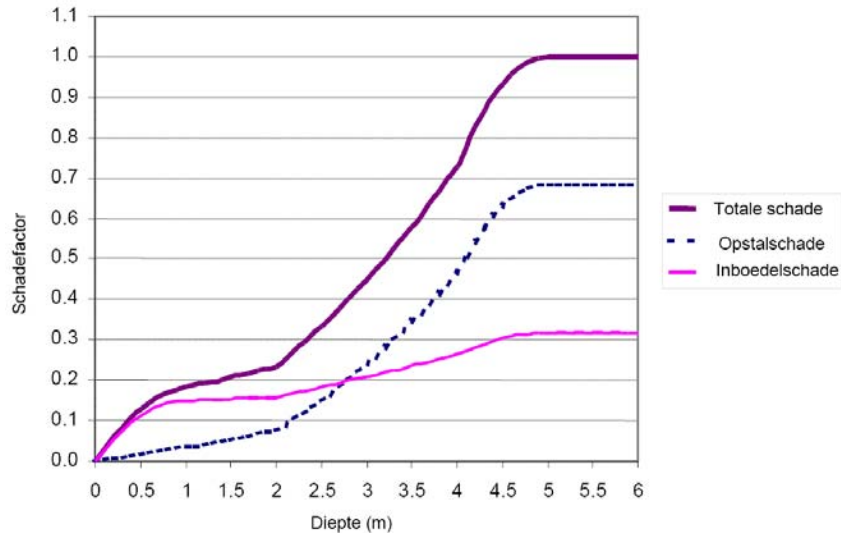
Omdat in het studiegebied hoogbouw vrijwel niet aanwezig is, wordt gebruikt gemaakt van de schadefunctie voor eengezinswoningen als functie van de waterdiepte (Barendregt en Huizinga, 2004). Zie ook Figuur. N.1. Bij een waterdiepte van circa 5 meter is de woning geheel verloren. De knik in de figuur toont de toename van de schade wanneer het water de tweede verdieping bereikt.



**Figuur. N.1**

*De schadefactor voor eengezinswoningen als functie van de waterhoogte (zonder golfslag of stroming)*

*Bron: Barendregt en Huizinga, 2004*

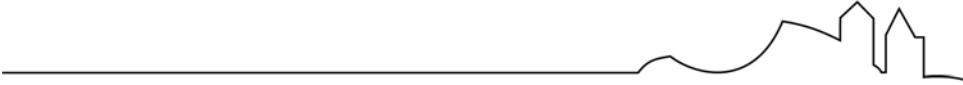


Er wordt aangenomen dat de maximale waterdiepte als gevolg van oploop en golfoverslag tijdelijk circa 1,0 meter bedraagt. Berekeningen met PC-Overslag geven aan dat aanzienlijke piek overslagvolumes (overschrijding van 2%) mogelijk zijn waardoor deze waterstand voor korte of langere periode tot de mogelijkheid behoort. Het eroderende effect van een dergelijke piekgolf worden hier dus vooralsnog achterwege gelaten.

De inwerking van zout op de inboedel wordt wel vermeld door Barendregt en Huizinga (2004) maar niet verder uitgewerkt. In deze studie wordt het effect gerepresenteerd door een verhoging van de schadefactor op inboedel met 20%. Deze verhoging representeert een duidelijke toename in schade maar is toch conservatief in grootte.

Het aandeel van de inboedelschade op de totale schade bij een waterdiepte van 1 meter is  $0,15/0,18 = 83\%$ . De schadefactor ten gevolge van een waterstand van 1,0 meter stilstaand zout water bedraagt zodoende 0,2.

De stroomsterkte is afhankelijk van het oplopende en overslaande debiet en het hoogteverschil in het getroffen gebied. De kritieke stroomsnelheid is de stroomsnelheid in m/s waarbij een bouwwerk bezwijkt. Deze varieert tussen de 1 m/s voor lichte constructies en 8 m/s voor gietbeton. Voor metselwerk bedraagt deze circa  $\frac{1}{4}$  van de kritieke stroomsnelheid omdat metselwerk veel vatbaarder is voor erosie (Barendregt en Huizinga, 2004). Stroomsnelheden boven de 1-2 m/s veroorzaken zodoende schade aan de fundamente van gemetselde bebouwing. Bij stroomsnelheden vanaf 1-2 m/s treedt tevens schuring op van het zandfundament waarop veelal alle wegen en constructies in het duingebied zijn gefundeerd.



De schadefactor neemt drastisch toe naarmate de stroomsnelheid hoger wordt. Voor snelheden boven de 2 m/s wordt de kans op instorting dusdanig dat de schadefactor nadert tot 1. Zonder hydraulische gegevens zijn echter geen uitspraken te doen over de optredende stroomsnelheden.  $\gamma_{\text{overslag}} = 0,2$  zal daarom tevens als ondergrens worden gehanteerd.

Als bovengrens van  $\gamma_{\text{overslag}}$  wordt de situatie genomen waarin hoge stroomsnelheden (> kritieke stroomsnelheid) dermate veel schade aanrichten aan bebouwing dat grootschalige reparatie of herbouw noodzakelijk blijkt. Er wordt aangenomen dat een derde van de gebouwen in deze categorie valt waarbij 90% van de woning verloren gaat (de fundering blijft bespaard). De schadefactor bedraagt dus 0,9 voor deze woningen. De bovengrens van  $\gamma_{\text{overslag}}$  bedraagt zodoende:

$$\frac{(0,33 \cdot 0,9) + (0,67 \cdot 0,2)}{(0,33 + 0,67)} = 0,43$$

Bij een superstorm is altijd sprake van schade door zout zeewater. Zout water zorgt daarnaast voor extra schade aan vegetatie en voertuigen.

De schade aan vegetatie is afhankelijk van het zoutconcentratie (NaCl) van het water. Voor puur zeewater geldt dat de concentratie NaCl dusdanig hoog is dat een overstroming voor vrijwel alle soorten vegetatie dodelijk is. Bepalend is de snelheid waarmee de zoutconcentratie afneemt in de wortelzone. Bij zandgronden duurt het circa een jaar voor de concentratie zakt beneden toxische waarden (afhankelijk van de bodemgesteldheid en de hoogte ten opzichte van de omliggende gebieden). Dit betekent dat de zoutconcentratie in het groeiseizoen nog zodanig is dat niet alleen de groei van zoutintolerante maar ook de groei van zouttolerante soorten ernstig wordt verstoord (Nieuwenhuize et al., 2003). Er wordt zodoende aangenomen dat in de golfoverslagzone alle vegetatie verloren gaat.

Als gevolg van de zoute inwerking op de motor, elektronica en carrosserie wordt aangenomen dat voertuigen volledig verloren gaan wanneer deze zich in de golfoverslagzone bevinden.

### **Salt spray**

Het derde schademechanisme betreft het landwaartse transport van zeewater. Het effect van salt spray beperkt zich tot verzilting van vegetatie en de bodem door aan te nemen dat het effect op woningen en voertuigen minimaal is omdat deze na een enkele regenbui schoonspoelen (Mulder, RIKZ). Bij salt spray is de hoeveelheid zout water dat in de bodem indringt veel kleiner dan bij een directe overstroming.

---



Salt spray werkt zodoende selectief op de vegetatie. Eindvegetatie zoals loofbomen en hoog struikgewas is zoutgevoelig. De zilte wind heeft hierop een destructieve werking. Jonge duinvegetatie echter, met duingras, mossen en kruiden, floreert in een zilte omgeving. De natuurbeheerders (PWN, 2007) stellen dat sterke landwaartse ziltige wind bevorderlijk is voor de verjonging van het duingebied. Een jong natuurgebied biedt de meeste biodiversiteit en staat open voor de ontwikkeling en herintreding van zeldzame plantensoorten. Natuurbeheerders in de kustzone prefereren dan ook jonge natuur boven eindvegetatie (Marieke Kuipers, drinkwaterbedrijf Noord Holland). Voor duingebieden is salt spray zodoende niet aan te merken als schademechanisme.

Buiten de natuurgebieden wordt wel enige schade ondervonden als gevolg van verzilting. Het gaat om niet zoutbestendige vegetatie in (sier)tuinen, plantsoenen en loofbomen welke van nature niet voorkomen in de kustgebieden maar tegen beter weten in geplaatst worden.

#### **Figuur. N.2**

*Jonge natuur in de duinen kan alleen blijven bestaan door de invloed van salt spray.*

*Bron:  
natuurmonumenten*



De meeste duingebieden langs de Nederlandse kust zijn breed ten opzichte van de invloedssfeer van salt spray. Dit beperkt de invloed van zout water langs de zandige kust op het achterland. De achter het duingebied gelegen akkerlanden hebben zodoende weinig last van zouttoxiciteit.

Waar de duinstrook smal is, kan tijdens een storm sprake zijn van locale verzilting van landbouwareaal als gevolg van salt spray. Het is echter de vraag of er zoutgevoelige landbouw nabij de duinzone wordt bedreven. Als gevolg van uitspoeling door regenwater zal het toxische effect na één groeiseizoen verdwenen zijn (Nieuwenhuize et al., 2003).



Er wordt aangenomen dat als gevolg van salt spray een eenmalige reductie van de jaaropbrengst van zoutgevoelige gewassen met 30% optreedt indien het landbouwareaal binnen bereik van salt spray ligt.

In Bergen aan Zee heeft salt spray als gevolg van het ter plaatse brede duingebied geen negatief effect op de aanwezige vegetatie en de daaraan gerelateerde waarden. Het schademechanisme salt spray wordt zodoende niet meegenomen in de schadeberekening in de casestudy.



## Bijlage O

## Niet gebruikswaarde van natuur

Mensen zijn vooral bereid te betalen voor (nieuwe) natuur in hun eigen omgeving. Het aantal huishoudens in het studiegebied binnen een straal van 10 km is daarbij bepalend (Ruijgrok 2000). Het gaat bij de case study Bergen aan Zee om circa 40.000 huishoudens in de gemeenten Bergen, Heiloo en Alkmaar.

De niet-gebruiksbatens kunnen gemonetariseerd worden op basis van hetgeen huishoudens over hebben voor behoud van natuur.

### *Literatuuronderzoek Betalingsbereidheid*

*Ruijgrok en Vlaanderen (2001) vinden een betalingsbereidheid circa € 11 per huishouden per jaar voor het behoud van biodiversiteit bij met riet begroeide landwaterovergangen. Verkoren (1993) vond voor de betalingsbereidheid voor bosaanleg op een eenmalig bedrag van € 32. Dat komt bij 4 % interest overeen met een jaarlijks bedrag van € 1,20 per huishouden. Dit bedrag heeft echter betrekking op meer dan alleen biodiversiteit (ook recreatie speelt een rol). In Vlaanderen vinden Moons e.a. (2001) een jaarlijkse betalingsbereidheid voor niet-gebruik van € 2,94 per huishouden voor bosuitbreiding. De Jong (1998) vindt een betalingsbereidheid voor het voorkomen van het verlies van de Veluwe een eenmalig bedrag van € 13 per huishouden bedraagt. Dat komt bij 4 % interest overeen met een bedrag van ca. € 0,50 per huishouden per jaar. Voor de achteruitgang van de natuur in de veenweidegebieden is een betalingsbereidheid van € 13 per huishouden per jaar gevonden (Hoevenagel, 1994). Spanink (1993) vond een betalingsbereidheid voor agrarisch natuurbeheer van € 49 per huishouden per jaar. Brouwer en Slangen (1995) vinden een betalingsbereidheid van € 27 per huishouden per jaar voor het behoud van biodiversiteit in het veenweidegebied. Ruijgrok en Lorenz (2004) meten in Vlaanderen een gemiddelde betalingsbereidheid voor niet-gebruik voor overstromingsgebieden met graslanden € 14 per huishouden per jaar.*

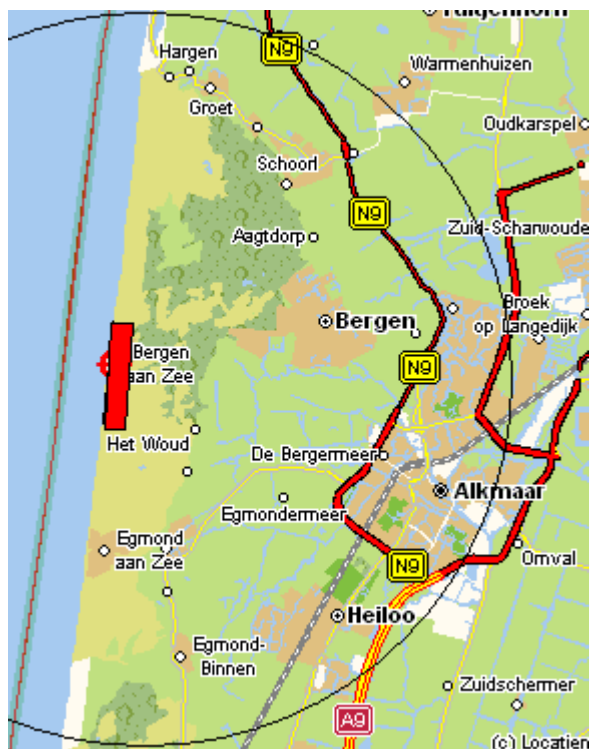
Bron: Wevers en Piepers, 2005

Op basis van dit literatuuronderzoek wordt gekozen voor een niet gebruikswaarde van natuur van 10 tot 20 euro per huishouden. Door het natuuraanbod binnen het invloedsgebied van het project te vergelijken met de verandering van het natuuraanbod kan een procentuele verandering van het areaal worden berekend. Er wordt aangenomen dat in een straal van 10 km rond Bergen aan Zee 3% van de aanwezige natuur in de normafslagzone van Bergen aan Zee ligt.

Waarbij deze strook circa 1,25 km kustlangs en plaatselijk tot circa 200 meter landinwaarts reikt.

**Figuur. O.1**

*Oppervlakte van de invloedscirkel bedraagt circa 157 km<sup>2</sup>. Daarvan is ongeveer 15% als natuurgebied aan te merken. De normafslagzone van Bergen aan Zee beslaat maximaal circa 3% daarvan.*





## Bijlage P

### Kwaliteit van het strand

In deze bijlage wordt een globale schatting gemaakt van de gevolgen van een superstorm op de aantrekkingskracht van het strand. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de studie Tekorten aan recreatieruimte in de Zuidvleugel (Abma en Berkers, 2006). De studie herkent een aantal elementen welke bepalend zijn in de keuze om naar het strand te gaan of niet.

- Bereikbaarheid. Hierbij gaat het om de reistijd, bereikbaarheid per auto, fiets, te voet of met het openbaarvervoer. Is het aantal parkeerplaatsen toereikend etc. etc?
- Kwaliteit. Hierbij gaat het om de ruimtelijke kwaliteit, de kwaliteit van het zwemwater en de voorzieningen op of nabij het strand.
- Sfeer. Is het voldoende prettig vertoeven op het strand. Hoe zijn de accommodaties, de horeca, kun je prettig uitgaan nabij het strand?

Aan de hand van het effect dat stormschade heeft op elk van deze drie elementen wordt een relatie opgesteld tussen stormintensiteit en de afname van het aantal recreanten in de kustzone. De mate waarin deze drie elementen worden aangetast door een stormvloed is niet exact te bepalen. Historische stormvloeden zijn of onvoldoende gedocumenteerd (toerismegegevens uit 1952 en 1953) of verschillen zo van karakter dat een vergelijking niet op gaat (Tsunami 2004).

De bereikbaarheid van de kustzone zal niet zozeer afnemen omdat de schade lokaal aan de kustlijn optreedt. Wel kan een goede duinovergang voor langere tijd ontbreken en belemmert schade in het verstedelijkt gebied wellicht de toegang tot het strand. Bij aanzienlijke duinafslag kan er vanuit gegaan worden dat accommodaties in de nabije kuststrook verdwijnen. Hierbij kan gedacht worden aan hotels, logies, restaurants, cafés, en winkels. De resterende bebouwing kan aanzienlijke schade hebben opgelopen. Puin op het strand zorgt mogelijk voor tijdelijke onbegaanbare stranden en gevaarlijke situaties tijdens het zwemmen. Al met al komt dit de bereikbaarheid, de sfeer en de kwaliteit van de kustzone niet ten goede.

Onderstaande Figuur. P.1 geeft de schatting van het effect weer van stormschade in de buitendijkse kustzone op bezoekersaantallen voor strand en zee. Hierbij zijn een drietal scenario's (hoge, middel, en lage afhankelijkheid) weergegeven. De afname is gebaseerd op de mate van duinafslag en golfoverslag bij stormen met een herhalingsperiode > 500 jaar. Tabel. P.1 toont de jaarlijks te verwachte verandering in de aantrekkelijkheid van het strand als gevolg van stormschade in het buitendijks gebied op basis van Figuur. P.1.

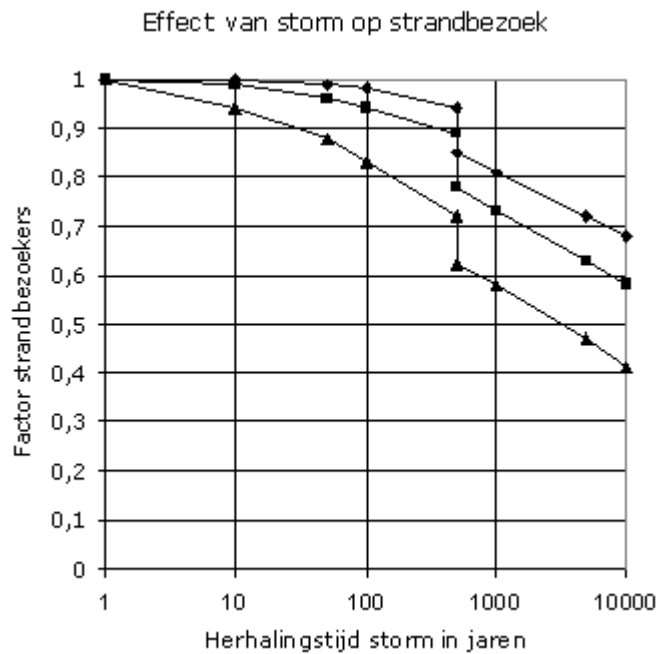
Er wordt aangenomen dat eventuele bezoekers- en omzetstijgingen als gevolg van ramptoerisme verwaarloosbaar zijn ten opzichte de terugloop van het aantal toeristen. Eventuele ramptoeristen geven tijdens een bezoek immers significant minder uit dan badgasten.

Omdat de herhalingstijd beperkt is tot 10.000 jaar wordt aangenomen dat er geen grootschalige overstroming van binnendijs gebied optreedt. Een dergelijke overstroming zou door het desastreuze effect op de maatschappij wellicht voor een aanzienlijk grotere (tijdelijke) daling van het aantal strandbezoekers kunnen zorgen.

**Figuur. P.1**

*Effect van stormschade op de aantrekkelijkheid van het strand. Het verlies van logies, voorzieningen, accommodaties en rondslingerend puin etc. op het strand maakt het strand tijdelijk minder aantrekkelijk.*

*Een drietal scenario's geven het effect van stormschade weer op het aantal bezoekers in het jaar van optreden van de storm.*



**Tabel. P.1: aantrekkelijkheid strand en zee bij drie scenario's**

| Gevoeligheid | Verandering |
|--------------|-------------|
| Laag         | 0,999       |
| Middel       | 0,990       |
| Hoog         | 0,960       |



## Bijlage Q

## Versterkingsmaatregelen

*Tabel. Q.1: Verplaatsen 1/10.000 afslagrand naar bouwgrens  
ontwerptijd 100 jaar.*

| Raai | Zeewaartse<br>uitbreiding<br>t.o.v.<br>duintop [m] | Volume zand<br>[m <sup>3</sup> /m] | Gemiddelde<br>tussen raaien<br>[m <sup>3</sup> /m] | Volume per 250<br>meter [m <sup>3</sup> ] |
|------|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 3250 | 127                                                | 1.375                              | 1.250                                              | 312.500                                   |
| 3275 | 78                                                 | 1.125                              | 1.228                                              | 307.000                                   |
| 3300 | 131                                                | 1.331                              | 1.583                                              | 395.875                                   |
| 3325 | 249                                                | 1.836                              | 1.747                                              | 436.875                                   |
| 3350 | 114                                                | 1.659                              | 1.501                                              | 375.250                                   |
| 3375 | 85                                                 | 1.343                              | -                                                  | <b>1.827.500</b>                          |

*Tabel. Q.2: Verplaatsen 1/4.000 afslagrand naar bouwgrens  
ontwerptijd 100 jaar.*

| Raai | Zeewaartse<br>uitbreiding<br>t.o.v.<br>duintop [m] | Volume zand<br>[m <sup>3</sup> /m] | Gemiddelde<br>tussen raaien<br>[m <sup>3</sup> /m] | Volume per<br>250 meter [m <sup>3</sup> ] |
|------|----------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 3250 | 101                                                | 1.049                              | 914                                                | 262.250                                   |
| 3275 | 58                                                 | 780                                | 882                                                | 195.000                                   |
| 3300 | 101                                                | 985                                | 1.222                                              | 246.250                                   |
| 3325 | 214                                                | 1.460                              | 1.362                                              | 365.000                                   |
| 3350 | 88                                                 | 1.264                              | 1.130                                              | 316.000                                   |
| 3375 | 63                                                 | 997                                | -                                                  | <b>1.384.500</b>                          |

*Tabel. Q.3: Verlies zandvolume door herverdeling dwarsprofiel in de  
eerste 15 jaar.*

| Overschrijdings<br>frequentie voor<br>bouwgrens | Gemiddelde<br>zeewaartse<br>uitbreiding<br>[m] | Extra volume<br>aanpassen<br>vooroever<br>[m <sup>3</sup> /m] | Totaal<br>volume<br>voor 2 km<br>[m <sup>3</sup> ] | Jaarlijks<br>verlies<br>[m <sup>3</sup> ] |
|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1/10.000                                        | 136                                            | 1.360                                                         | 2.720.000                                          | 181.300                                   |
| 1/4.000                                         | 108                                            | 1.080                                                         | 2.160.000                                          | 144.000                                   |

Tabel. Q.4: Verlies zandvolume door langtransport.

| Erosie      | Duur [jaren] | Overschrijdings frequentie voor bouwgrens | Jaarlijkse erosie [m <sup>3</sup> /m] | Jaarlijkse verlies [m <sup>3</sup> ] |
|-------------|--------------|-------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| Initieel    | 15           | 1/10.000                                  | 16                                    | 32.000                               |
| structureel | 85           | 1/10.000                                  | 8                                     | 16.000                               |
| Initieel    | 15           | 1/4.000                                   | 15                                    | 30.000                               |
| structureel | 85           | 1/4.000                                   | 7,4                                   | 14.800                               |

Tabel. Q.5: Overzicht inputgegevens kostenberekening

|                               | Eenmalig: heden | Jaarlijks: heden tot +15 jaar | Jaarlijks: toekomst +16 tot +100 jaar |
|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| Categorie                     | Aanlegkosten    | Initieel onderhoud            | Structureel onderhoud                 |
| Discontovoet                  | 4%              | 4%                            | 4%                                    |
| Disconto factor*              | 1               | 11,6                          | 13,9                                  |
| m <sup>3</sup> zand 1/10.000  | 1.827.000       | 214.000                       | 16.000                                |
| m <sup>3</sup> zand 1/4.000   | 1.384.000       | 174.000                       | 14.800                                |
| Kosten per m <sup>3</sup> [€] | 3 – 4,5         | 3 – 4,5                       | 3 – 4,5                               |

\*Optelsom van alle verdisconteerde waarden van 0 tot 15 en van 16 tot 100.

$$CK = \sum_{0}^{15} \frac{K_t}{(1 + 0,04)^t} = 11,68 * K \quad (14)$$

$$CK = \sum_{16}^{100} \frac{K_t}{(1 + 0,04)^t} = 13,9 * K \quad (15)$$

Tabel. Q.6: Naar heden verdisconteerde totale kosten van duinuitbreiding ter bescherming van Bergen aan Zee.

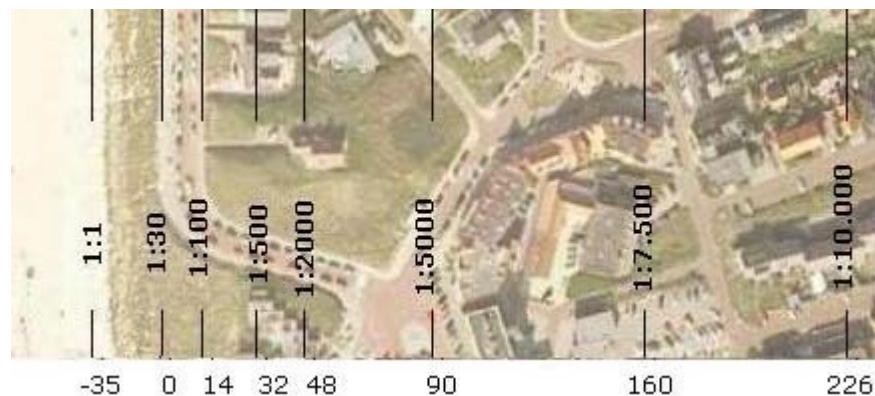
| Overschrijdingsfrequentie voor bouwgrens | Aanlegkosten duinuitbreiding in miljoenen euro's. | Verdisconteerde onderhoudskosten van duinuitbreiding in miljoenen euro's. |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 1/10.000                                 | 5,5 – 8,2                                         | 8,1 – 12,2                                                                |
| 1/4.000                                  | 4,2 – 6,2                                         | 6,6 – 10,0                                                                |

Het verwachte aantal meters duinafslag per jaar kan berekend worden door het oppervlak onder de grafiek uit Figuur 7.2 te bepalen. In deze bijlage wordt geïllustreerd hoe de onder- en bovengrens en de gemiddelde verwachte duinafslag zijn berekend. Het gaat hierbij om een voorbeeldberekening waarbij minder frequentielijnen worden gebruikt dan in het eigenlijke onderzoek.

Figuur. R.1 toont de overschrijdingskansen van duinafslag bij diverse afstanden tot de bouwgrens. De verwachte duinafslag voorbij de bouwgrens kan op twee manieren worden berekend. Resultierend in een hoge, een lage en een gemiddelde inschatting.

**Figuur. R.1**

Overschrijdings-  
frequentielijnen voor  
duinafslag en  
bijhorende afstand  
ten opzichte van de  
bouwgrens



De onderschatting komt tot stand door het aantal meters duinafslag tussen twee frequentielijnen te vermenigvuldigen met de kleinste overschrijdingsfrequentie. De overschatting komt tot stand door het aantal meters duinafslag tussen twee frequentielijnen te vermenigvuldigen van de grootste overschrijdingsfrequentie. De gemiddelde verwachte duinafslag is de middeling van de onder- en overschatting.

*Tabel. R.1: Voorbeeldberekening voor onder- en overschatting van jaarlijks verwachte duinafslagafslag in strekkende meters in de bebouwde zone.*

| Onderschatting             | Gemiddelde | Overschatting              |
|----------------------------|------------|----------------------------|
| $(14-0) \cdot 1/100 +$     | -          | $(14-0) \cdot 1/30 +$      |
| $(32-14) \cdot 1/500 +$    | -          | $(32-14) \cdot 1/100 +$    |
| $(48-32) \cdot 1/2.000 +$  | -          | $(48-32) \cdot 1/500 +$    |
| $(90-48) \cdot 1/5.000 +$  | -          | $(90-48) \cdot 1/2.000 +$  |
| $(160-90) \cdot 1/7.500 +$ | -          | $(160-90) \cdot 1/5.000 +$ |
| $(226-160) \cdot 1/10.000$ | -          | $(226-160) \cdot 1/7.500$  |
| = 0,21                     | = 0,47     | = 0,73                     |



Hoe dicht de overschrijdingsfrequentielijnen bij elkaar liggen des te kleiner de onderlinge afstand en des beter is de benadering van de verwachte duinafslag. Door het aantal meters duinafslag te vermenigvuldigen met de schade per strekkende meter (zie Figuur 7.7) kan het jaarlijkse risico door duinafslag bepaald worden.

Tabel. S.1 en Tabel. S.2 tonen het restrisico en de contante restschade bij beschermingsmaatregelen die leiden tot een verschuiving van de afslagrand met een overschrijdingsfrequentie van 1 / 4.000 tot voor de bouwgrens. De berekeningsmethode komt overeen met de aanpak uit hoofdstuk 7. Het onderzoeksgebied blijft beperkt tot de zone waar de overschrijdingskansen groter is dan 1/10.000 per jaar. Zie Bijlage I, Afbakening onderzoeksgebied.

*Tabel. S.1: Jaarlijks economisch risico en contante waarde in euro's ten gevolge van de verwachte stormschade aan risicovolle objecten in Bergen aan Zee. Discontovoet 7%, 0% economische groei.*

|                                             | Risico laag | Risico hoog | Contante waarde laag | Contante waarde hoog |
|---------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|
| Schade aan woningen door duinafslag         | 8.535       | 9.225       | 130.581              | 141.147              |
| Schade aan woningen door golfoverslag       | 17          | 36          | 258                  | 554                  |
| Tijdelijke waardedaling door fysieke schade | 130         | 169         | 1.989                | 2.586                |
| Schade aan bedrijven door duinafslag        | 2.188       | 3.283       | 33.482               | 50.222               |
| Schade aan bedrijven door golfoverslag      | 0           | 700         | 0                    | 10.710               |
| Totaal                                      | 10.870      | 13.413      | 166.309              | 205.219              |

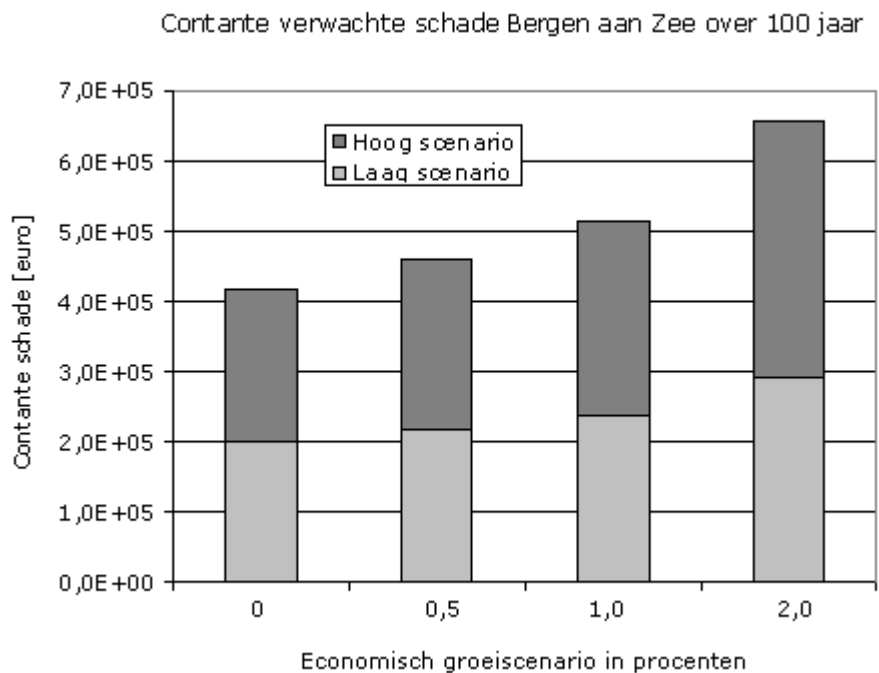
*Tabel. S.2: Jaarlijks economisch risico en contante waarde in euro's ten gevolge van de verwachte stormschade aan risicovrije objecten in Bergen aan Zee. Discontovoet 4%, 0% economische groei.*

|                                                                     | Risico laag | Risico hoog | Contante waarde laag | Contante waarde hoog |
|---------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|----------------------|----------------------|
| Schade dagrecreatie door natuurverlies                              | 232         | 2.000       | 5.916                | 51.000               |
| Schade verblijfsrecreatie door natuurverlies                        | 64          | 700         | 1.632                | 17.850               |
| Afname niet-gebruikswaarde natuur                                   | 100         | 800         | 2.550                | 20.400               |
| Schade dagrecreatie door kwaliteitsafname water en strand           | 0           | 100         | 0                    | 2.550                |
| Schade aan verblijfsrecreatie door kwaliteitsafname water en strand | 0           | 20          | 0                    | 510                  |
| Afname potentieel infiltratiegebied voor drinkwater                 | 800         | 3.200       | 20.400               | 81.600               |
| Verwachte overlast door evacuatie                                   | 0           | 625         | 0                    | 15.938               |
| Verwacht economisch verlies door slachtoffers                       | 0           | 93          | 0                    | 2.372                |
| Verwachte afname van geestelijke en lichamelijke gezondheid         | 160         | 800         | 4.080                | 20.400               |
| Totaal                                                              | 1.356       | 8.338       | 34.578               | 212.619              |

**Figuur. S.1**

Naar heden verdisconteerde restschade bij een veiligheidsniveau van 1 / 4.000 ter hoogte van de bouwgrens over een planperiode van 100 jaar.

Afhankelijk van de economische groei bedraagt de sociaal-economische restschade tussen de 2,0 en 4,1 ton en 2,9 en 6,6 ton.





## Bijlage T

## Slachtoffer- evacuatiemethode

In deze bijlage is een methode opgesteld waarmee een inschatting gemaakt kan worden van het aantal slachtoffers als gevolg van een overstroming in de zandige buitendijkse kustzone. Daarvoor is een evacuatie proces uitgewerkt.

De Standaardmethode 2004: Schade en Slachtoffers als gevolg van overstroming (Barentregt en Huizinga is opgesteld om een inschatting te maken van het aantal slachtoffers als gevolg van het overstromen van een dijkkring door dijk- of duinbres. Zoals aangegeven in hoofdstuk 2 wijken de maatgevende mechanismen in de buitendijkse kustzone bij storm af van de mechanismen bij een binnendijkse overstroming. De Standaardmethode wordt als uitgangspunt gebruikt en aangepast aan de specifieke omstandigheden van een buitendijkse overstroming op punten waar dit nodig is.

Globaal gezien bestaat de methode uit drie componenten.

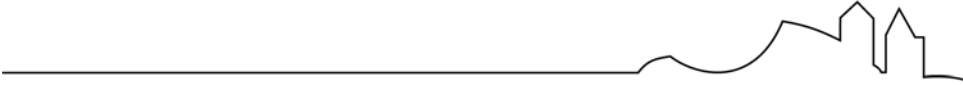
- Inventarisatie van de stormkenmerken
- Het aantal aanwezigen in het overstroomde gebied waarbij diverse evacuatie scenario's mee worden genomen.
- Het inschatten van het aantal dodelijke slachtoffers (mortaliteit) onder de getroffen.

### **Stormkenmerken**

Onder stormkenmerken worden de locatiespecifieke stroomsnelheden, waterdieptes en stijgsnelheden verstaan. Deze zijn van belang voor het bepalen van het aantal slachtoffers onder de getroffen. Voor binnendijks gebied worden deze berekend met behulp van 2-dimensionale hydraulische modellen. In het buitendijks gebied spelen deze aspecten een minder belangrijke rol omdat in de kustzone duinafslag het maatgevende schademechanisme is. Golfoverloop kan een aandeel hebben in het aantal slachtoffers wanneer een hoog overloopdebiet grote stroomsnelheden en muistromen tussen de buitendijkse bebouwing teweegbrengt.

Voor het berekenen van gedetailleerde stormkenmerken in de afslagzone zijn zelf huidige modelleren ontoereikend. In paragraaf 0 wordt een aantal veronderstelling gedaan welke een inschatting van het aantal slachtoffers alsnog mogelijk maakt.





### **Aantal aanwezigen bij diverse evacuatie scenario's**

Om een inschatting te kunnen maken van het aantal slachtoffers dat tijdens een overstroming van buitendijks gebied valt, is het van belang te weten hoeveel mensen zich in het gebied bevinden. Het aantal getroffen en kan geschat worden door het aantal inwoners en bezoekers te verminderen met het aantal evacués.

Het aantal evacués is afhankelijk van 1) de beschikbare tijd voor evacuatie of noodmaatregelen wanneer de autoriteiten (SVSD<sup>9</sup>) een stormvloedpeil voorzien dat tot een mogelijke overstroming van (een deel van) het buitendijkse of binnendijkse gebied zal leiden en 2) de benodigde tijd van de evacuatie zelf.

### **Beschikbare tijd**

Voor hoogwater in de rivieren is de beschikbare voorspellingsperiode vrij lang: de hoogwatergolf kan dagen van tevoren voorspeld worden aan de hand van neerslagmodellen en waterstanden stroomopwaarts. Een (extreme) waterstand op de Noordzee is daarentegen veel korter van tevoren te voorspellen. De tijdsduur ligt in de orde van grote van een getijdenperiode (6 tot 12 uur). Wel is het zo dat extreme weersomstandigheden, welke uiteindelijk verantwoordelijk zijn voor de extra golfhoogte en windopzet met het atmosferische model KNMI-HIRLAM<sup>10</sup> zo'n 48 uur vooruit voorspeld kunnen worden.

Tussen het tijdstip dat het hoogwater de Nederlandse kust bereikt en het tijdstip dat de daarbij gepaard gaande duinafslag en golfoverloop een gevaar gaat opleveren voor de bewoners van de kustzone kan een aanzienlijke tijdspanne zitten. Dit is afhankelijk van de initiële afstand van de bebouwing tot de kustlijn en het tempo waarmee de afslaglijn zich door duinerosie landinwaarts verplaatst.

### **Benodigde tijd**

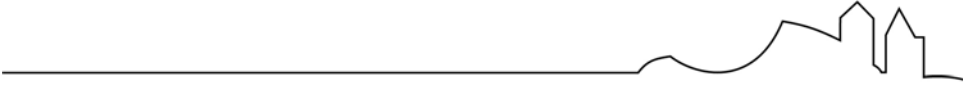
De benodigde tijd is de tijd die nodig is het gebied volledig te evacueren. Deze is op te delen in vier fasen.

- Besluitvormingsfase: de fase waarin aan de hand van voorspellingen wordt besloten om een waarschuwing af te geven.
- De waarschuwingsfase: de fase waarin de SVSD de daadwerkelijke waarschuwing afgeeft en de verantwoordelijke autoriteiten inlicht.
- De responsfase: de fase waarin de inwoners en bezoekers van het gebied worden ingelicht dat zij moeten vertrekken.
- De daadwerkelijke evacuatie: de fase waarin mensen daadwerkelijk het gebied verlaten.

---

<sup>9</sup> Stormvloedwaarschuwingdienst, <http://www.svsvd.nl/>

<sup>10</sup> [http://www.knmi.nl/kenniscentrum/watersnood\\_symposium.html](http://www.knmi.nl/kenniscentrum/watersnood_symposium.html)



### ***De besluitvormingsfase***

Het waarschuwingsprocédé geschiedt volgens een vast stramien (RIKZ, 1998). Het KNMI bepaalt continu aan de hand van meteorologische gegevens opzetverwachtingen langs de Nederlandse kust. Indien deze verwachte waterstanden zo hoog worden dat bepaalde peilhoogtes worden overschreden, wordt de SVSD gealarmeerd en bemand. Deze waarschuwing wordt minimaal 10 uur voor het betreffende hoogwater afgegeven. Aan de hand van de gegevens van het KNMI, computersimulaties en actuele meetgegevens bepaalt de SVSD of kritieke waterstanden worden bereikt of overschreden. Aan de hand hiervan wordt besloten tot het geven van (voor) waarschuwingen en / of alarmeringen. (Voor) waarschuwingen worden afgegeven bij stormpeilen die gemiddeld tweemaal per jaar voorkomen. De overschrijdingsfrequentie van het stormpeil dat leidt tot een alarmering varieert van eens in de 5 tot 10 jaar afhankelijk van de locatie.

### ***De waarschuwingsfase***

Bij een verwachte overschrijding van het waarschuwingspeil worden diverse instanties gewaarschuwd welke waterkerende maatregelen moeten treffen. Bij het overschrijden van het alarmpeil alarmeert de SVSD niet later dan zes uur voor het hoogwater belanghebbenden en adviseert het instellen van dijk- en duinbewaking. Het is vervolgens aan de beheerders om hulpverlenende instanties als de brandweer, landmacht en NS te waarschuwen. Via de media volgt een stormvloedwaarschuwing. Binnen 30 minuten na de alarmering zijn alle hulpdiensten inclusief een dijkleger paraat. Figuur. E.1 illustreert de operationele samenwerking bij een dreigende overstroming. Evacuatie en dijkbewaking zijn in handen van de lokale beheerders. De SVSD heeft hierin slechts een alarmerende en adviserende rol.

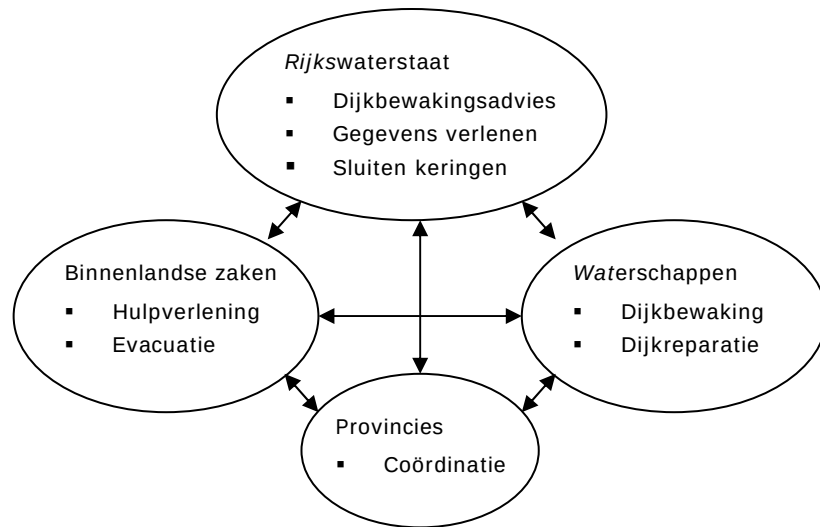
### ***De responsfase***

In de responsfase worden bewoners door de lokale overheden en hulpdiensten gesommeerd het gebied te verlaten. Dit kan gebeuren via radio, televisie, geluidswagens, deur tot deur bezoeken en binnenkort ook via een zogenaamde SMS-bom. Gezien het relatief kleine oppervlak van het gebied en het beperkte aantal buitendijks wonende burgers (circa 15.000, Poelmann et al., 2005) zijn deze binnen een uur te bereiken. Het is wel de vraag of iedereen ook daadwerkelijk gewaarschuwd wordt. Non respons in nachtelijke uren is moeilijk volledig uit te sluiten.

**Figuur. T.1**

Overzicht van de operationele samenwerking bij dreigende overstroming.

Bron: SVSD



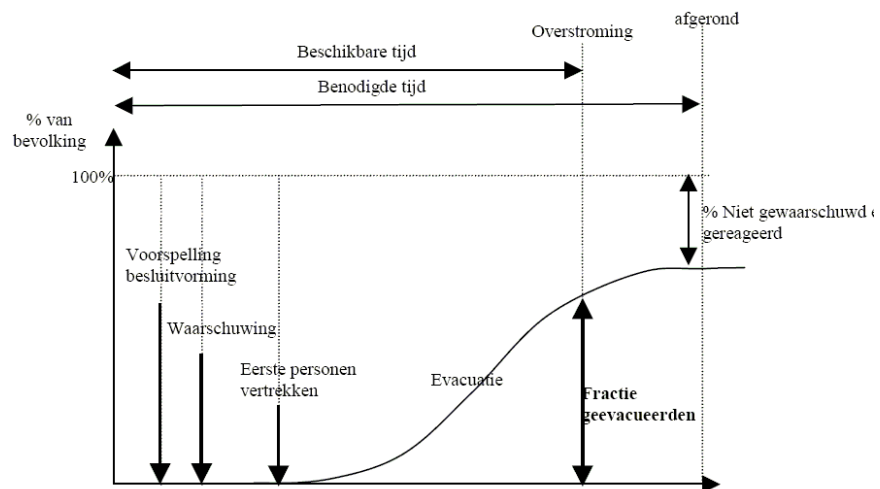
### De werkelijke evacuatie

De duur van fase 4, de daadwerkelijke evacuatie, kan berekend worden met behulp van de Evacuatie Calculator (EC) (Universiteit Twente, 2004). Met dit model wordt een inschatting gemaakt van de benodigde tijd om een gebied te ontruimen.

**Figuur. T.2**

Schematische weergave van de opbouw en tijdsduur van de evacuatie.

Bron: Van der Doef en Cappendijk (2006)

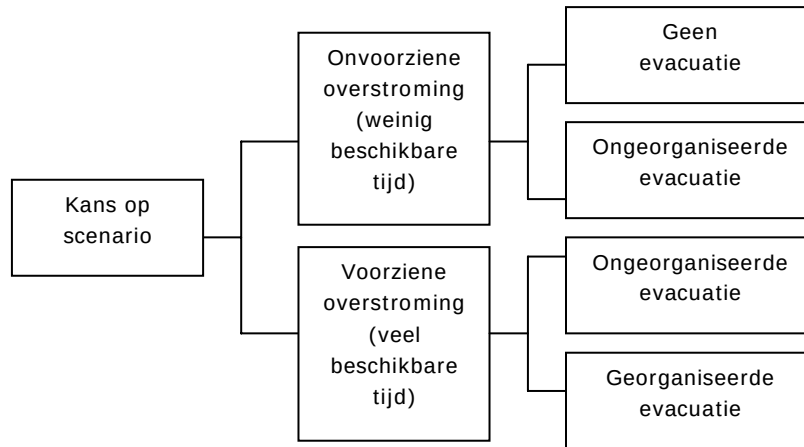


Het percentage geëvacueerde is, zoals **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.** illustreert, afhankelijk van de beschikbare tijd en de benodigde tijd. De beschikbare tijd is afhankelijk van het voorspellende vermogen van de waarschuwingdiensten en de snelheid waarmee de afslaglijnen zich als gevolg van duinerosie landinwaarts verplaatsen. De benodigde tijd is afhankelijk van de mate van organisatie van de evacuatie waarbij een goed georganiseerde evacuatie aanzienlijk minder tijd zou moeten vergen: vluchtroutes worden efficiënter benut en de noodzaak om snel het huis te verlaten is door goede communicatie bekend bij de bewoners (het urgentieniveau van de bewoners is hoger). Tevens zal het percentage “niet gewaarschuwd en niet gereageerd” beduidend kleiner of zelfs nul

zijn. Hieruit volgen een viertal scenario's welke worden weergegeven in Figuur T.3.

**Figuur. T.3**

*Mogelijke evacuatie scenario's voor het ontruimen van de kustzone.*



Uit deze scenario's kunnen boven- en ondergrenzen aan het aantal achterblijvers in en schade aan het gebied afgeleid worden. Waarbij het scenario "geen evacuatie" als bovengrens voor het aantal achterblijvers en schade en het scenario "georganiseerde evacuatie" de ondergrens vormt.

Het percentage evacués wordt geschat met behulp van Evacuatie Calculator. Voor de berekening wordt de daadwerkelijke evacuatie opgedeeld in twee fasen.

- De vertrekfase. Dit is de periode waarin mensen al gewaarschuwd zijn maar zich nog in de woning of op het werk bevinden.
- De fysieke verplaatsing. Dit is de periode waarin men het gebied aan het verlaten is (te voet, per fiets, auto of bus etc.) maar het te evacueren gebied nog heeft niet verlaten.

Om inzicht te krijgen in de vertrekfase worden vertrekprofielen opgesteld. Deze profielen geven het percentage bewoners weer dat is vertrokken vanuit hun verblijfplaats als functie van tijd. Op basis van analyses van Frieser (Frieser B., 2004) is binnen de EC voor een s-curve of logistische vertrekcurve gekozen. Afhankelijk van de urgentie van de evacuatie verloopt de curve steiler of vlakker.

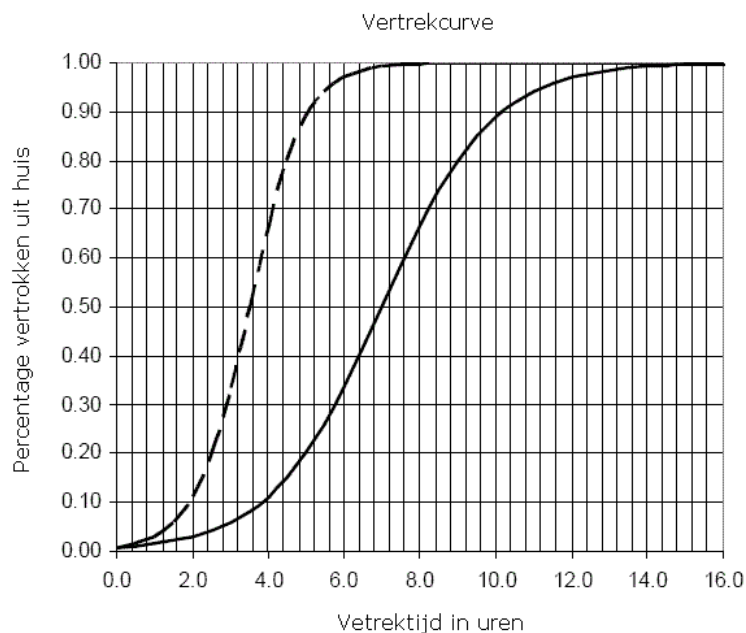
Welke vertrekcurve het best past bij de Nederlandse situatie is onbekend. Enerzijds kan gesteld worden dat de bewoners groot gevaar lopen indien het duin erodeert tot of zelf voorbij de woningen. Een hoge urgentiecurve zou daarom een logische keuze zijn. Anderzijds zijn er argumenten te bedenken voor een vlakkere vertrekcurve. Het is immers bekend dat weinig kustbewoners tegenwoordig nog weet hebben van de risico's die zij lopen. Grote rampen hebben zich de laatste vijftig jaar niet voorgedaan en de overheid is nog te zuinig met het verstrekken van heldere informatie omtrent de stormrisico's in

buitendijks gebied. Zie hiervoor ook het commentaar van de Commissie voor Bescherming en Ontwikkeling van Buitendijks Gebied (Poelmann, 2005).

**Figuur. T.4**

*Vertrekcurve met hoge (onderbroken lijn) en lage (doorlopende lijn) urgentie. Bij hoge urgentie is de bevolking zich in grote mate bewust van de noodzaak van de evacuatie.*

*Bron: Van der Doef en Cappendijk (2006)*



De tijdsduur van de fysieke verplaatsing wordt berekend aan de hand van simulaties van verkeersstromen van evacués met het verkeersmodel Onmitrans (Universiteit Twente, 2004). Overstromingen in de afslagzone zijn echter van zo'n afwijkende aard dat deze simulaties achterwege kunnen blijven. Bewoners van de kustzone kunnen zich immers binnen enkele minuten in veiligheid brengen door zich te voet enkele honderden meters landinwaarts te verplaatsen. De tijdsduur van de fysieke verplaatsing is daarmee verwaarloosbaar ten opzichte van de tijdsduur van de vertrekfase<sup>11</sup>. Het percentage personen dat daadwerkelijk in veiligheid is gebracht nadat opdracht is gegeven tot evacuatie kan zodoende weergegeven worden met de vertrekcurve zoals weergegeven in Figuur. T.4.

### **Mortaliteit**

Om inzicht te krijgen in het aantal dodelijke slachtoffers onder de achterblijvende fractie van de bevolking (de getroffen) bij een overstroming van de buitendijkse kustzone dient een slachtofferfunctie opgesteld te worden. Overigens is het goed mogelijk dat juist ten tijde van een stormvloed mensen van buiten het kustgebied naar de kust toetrekken. Deze ramptoeristen zijn zich wellicht minder bewust van het risico dat ze lopen en brengen met hun waaghalzerij niet alleen zichzelf maar ook reddingswerkers in gevaar.

<sup>11</sup> Mondelinge correspondentie met dhr. K. van Zuilekom, Civiele Techniek, Verkeer en Vervoer, Universiteit Twente.



In de functie worden een drietal zones onderscheiden waar slachtoffers kunnen vallen.

- De afslagzone. In deze zone vindt totale verwoesting van alle bouwwerken plaats. De zone kenmerkt zich verder door extreme stroomsnelheden en grote waterdiepte. Mortaliteit in deze zone is vrijwel 100%.
- De golfoverslagzone. De zone grenst direct aan de afslagzone. In deze zone zal veel golfoverslag en overloop plaatsvinden. De zone wordt gedomineerd door hoge stroomsnelheden:

$$v \geq 2m/s \text{ of } h.v \geq 7m^2/s.$$

- Bij deze stroom- en oppervlaktesnelheden worden mensen mee gespoeld. Er wordt aangenomen dat ze daarbij in de afslagzone geraken. De mortaliteit in deze zone komt overeen met zone 1 zoals gedefinieerd in Jonkman en Cappendijk (2006). Ook in deze zone is de mortaliteit 100%.
- De verre golfoverslag. De zone tot waar het zeewater reikt maar waar het directe gevaar minimaal is. Kenmerkend voor deze zone zijn de lage stroomsnelheden, kleine waterdiepte en de aanwezigheid van salt spray. Hier geldt een mortaliteit van 0,1 tot 0,5%. Deze slachtofferfractie is afgeleid uit Jonkman en Cappendijk (2006).

**Figuur. U.1**

Onderzoeksgebied Bergen aan Zee. De luchtfoto toont de circa 950 meter bebouwing langs de kustlijn. Met rood is de normaflslag aangegeven. Dit gebied slaat af bij een maatgevende storm.

Bron: Risicobeheersing in de kustzone.

Kaart:  
[www.maps.google.com](http://www.maps.google.com)

