

Juli 2002

# **Handboek Risicozonering Windturbines**

Versie 1.1, juli 2002

L. Rademakers, H. Braam (ECN)  
H. Brinkman (NRG)  
K. Ham (TNO-MEP)  
F. Verheij, H. Cleijne (KEMA)  
L. Folkerts (Ecofys)

# INHOUD

|                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------|----|
| DEFINITIES EN AFKORTINGEN                                   | 4  |
| Risicoanalyse                                               | 4  |
| Windenergie                                                 | 7  |
| 1. INLEIDING                                                | 8  |
| 1.1 Achtergrond                                             | 8  |
| 1.2 Beleidsmatige Inpassing van het Handboek                | 9  |
| 1.2.1 Huidige Situatie                                      | 9  |
| 1.2.2 Toekomstige Situatie                                  | 11 |
| 1.3 Risicoanalyses voor Windturbines                        | 12 |
| 1.4 Gebruik van het Handboek                                | 15 |
| 1.5 Generieke Conclusies                                    | 16 |
| 2. IDENTIFICATIE KWETSBARE OBJECTEN EN ACTIVITEITEN         | 17 |
| 3. BEBOUWING                                                | 19 |
| 3.1 Risicocriteria en Toetsing                              | 19 |
| 3.2 Rekenmethode                                            | 19 |
| 3.3 Overige Plaatsingscriteria                              | 20 |
| 4. WEGEN                                                    | 21 |
| 4.1 Risicocriteria en Toetsing: Personenvervoer             | 21 |
| 4.1.1 Rijkswegen                                            | 21 |
| 4.1.2 Overige Wegen                                         | 22 |
| 4.2 Risicocriteria en Toetsing: Vervoer Gevaarlijke Stoffen | 22 |
| 4.3 Rekenmethode                                            | 23 |
| 5. WATERWEGEN                                               | 25 |
| 5.1 Risicocriteria en Toetsing: Personenvervoer             | 25 |
| 5.1.1 Rijkswaerwegen                                        | 25 |
| 5.1.2 Overige Waterwegen                                    | 27 |
| 5.2 Risicocriteria en Toetsing: Vervoer Gevaarlijke Stoffen | 27 |
| 5.3 Rekenmethode                                            | 27 |
| 6. SPOORWEGEN                                               | 29 |
| 6.1 Risicocriteria en Toetsing: Personenvervoer             | 29 |
| 6.2 Risicocriteria en Toetsing: Vervoer Gevaarlijke Stoffen | 30 |
| 6.3 Rekenmethode                                            | 30 |
| 7. INDUSTRIE                                                | 31 |
| 7.1 Risicocriteria en Toetsing                              | 31 |
| 7.1.1 Inrichtingen: Generieke Regels                        | 31 |
| 7.1.2 Inrichtingen: BRZO-Plichtige zonder QRA               | 32 |
| 7.1.3 Inrichtingen: BRZO-Plichtige met QRA                  | 32 |
| 7.2 Rekenmethode                                            | 32 |
| 7.3 Contactorgaan                                           | 33 |
| 8. ONDERGRONDSE TRANSPORTLEIDINGEN EN KABELS                | 34 |
| 8.1 Risicocriteria en Toetsing                              | 34 |
| 8.2 Rekenmethode                                            | 34 |
| 9. BOVENGRONDSE LEIDINGEN                                   | 36 |

|      |                               |    |
|------|-------------------------------|----|
| 9.1  | Risicocriteria en Toetsing    | 36 |
| 9.2  | Rekenmethode                  | 36 |
| 10.  | HOOGSPANNINGSLIJNEN           | 38 |
| 10.1 | Risicocriteria en Toetsing    | 38 |
| 10.2 | Rekenmethode                  | 38 |
| 10.3 | Overige Plaatsingscriteria    | 38 |
| 10.4 | Contactorgaan                 | 39 |
| 11.  | DIJKLICHAMEN EN WATERKERINGEN | 40 |
| 11.1 | Risicocriteria en Toetsing    | 40 |
| 11.2 | Rekenmethode                  | 40 |
| 11.3 | Contactorgaan                 | 41 |
| 12.  | STRAALPADEN                   | 42 |
| 13.  | REFERENTIES                   | 44 |

## DEFINITIES EN AFKORTINGEN

### Risicoanalyse

|              |                                                                       |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------|
| <b>AMvB:</b> | Algemene Maatregelen van Bestuur [3]                                  |
| <b>BRZO:</b> | Besluit Risico's Zware Ongevallen 1999                                |
| <b>GR:</b>   | Groepsrisico                                                          |
| <b>IPR:</b>  | Individueel passantenrisico                                           |
| <b>PR:</b>   | Plaatsgebonden risico                                                 |
| <b>MCA:</b>  | Maximum Credible Accident                                             |
| <b>MHW:</b>  | Maatgevende Hoogwaterstand                                            |
| <b>MR:</b>   | Maatschappelijk risico                                                |
| <b>NS:</b>   | Nederlandse Spoorwegen                                                |
| <b>QRA:</b>  | Quantitative risk assesment - kwantitatieve risicoanalyse             |
| <b>RWS:</b>  | Rijkswaterstaat                                                       |
| <b>VROM:</b> | Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer |

**Bevoegd gezag:** Bestuursorgaan dat bevoegd zou zijn een vergunning te verlenen voor plaatsing van een windturbine of een windpark.

**Direct risico:** *Voor het doel van dit handboek als volgt gedefinieerd:* Het direct tot slachtoffers leiden door falen van de windturbine. Directe risico's ontstaan doordat een persoon (bijvoorbeeld een omwonende of passant) rechtstreeks wordt getroffen door een onderdeel van een windturbine.

**Faalkans:** de kans op bladbreuk of de kans op een ander scenario, meestal uitgedrukt in [per jaar].

**Groepsrisico (GR):** De kans per jaar dat in één keer een groep van tenminste een bepaalde grootte komt te overlijden door een ongeval binnen de inrichting of een andere risicodragende activiteit. De groep heeft betrekking op personen die geen deel uit maken van de activiteit. Er zijn twee normen voor het groepsrisico:

**Groepsrisico voor inrichtingen** (in dit handboek afgekort als **GR<sub>I</sub>**): De norm voor het GR<sub>I</sub> is dat een ongeval met 10 doden of meer slechts met een kans van één op de honderdduizend per jaar mag voorkomen ( $10^{-5}$  per jaar) en een ongeval met 100 of meer doden slechts met een kans van één op de 10 miljoen jaar ( $10^{-7}$  per jaar), etc.

**Groepsrisico voor transportroutes** (in dit handboek afgekort als **GR<sub>T</sub>**): De norm voor het GR<sub>T</sub> is dat een ongeval met tien doden of meer slechts met een kans van één op de tienduizend per jaar mag voorkomen ( $10^{-4}$  per jaar) en een ongeval met 100 of meer doden slechts met een kans van één op de miljoen jaar ( $10^{-6}$  per jaar) etc., per kilometer transportroute.

**Indirect risico:** *Voor het doel van dit handboek als volgt gedefinieerd:* Het indirect tot slachtoffers leiden door falen van de windturbine. Indirecte risico's ontstaan doordat een nabijgelegen object wordt getroffen dat op zijn beurt weer een risico voor de omgeving veroorzaakt.

**Individueel passantenrisico (IPR):** *Dit begrip wordt gebruikt door Rijkswaterstaat en de Nederlandse Spoorwegen binnen hun werken. Het heeft geen algemene toepassing.* Voor het risico voor de passant is een risicomaat gekozen die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlijdenskans per passant per jaar. Hierbij wordt de passant gevolgd gedurende zijn bezigheden in de nabijheid van het windturbinepark. Als toelaatbare waarde hanteren Rijkswaterstaat en NS  $10^{-6}$  per jaar. Voor een infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderd zestig kilometer per uur bestaan (b.v. de Hoge Snelheidslijn) hanteert NS een toelaatbare waarde van  $10^{-7}$  per jaar.

**Categorie 1, Kwetsbare objecten:** Definitie volgens de concept AMvB “Besluit Kwaliteitseisen Veiligheid Inrichtingen Milieubeheer”, [16], ook wel Categorie 1 objecten genoemd.

- a) woningen met uitzondering van:
  - vrijstaande woningen, voor zover deze verspreid liggen in een dichtheid van maximaal twee woningen per hectare;
  - dienst- en bedrijfswoningen die binnen een inrichting zijn gelegen;
  - lintbebouwing, voor zover deze loodrecht of nagenoeg loodrecht op de risicocontouren van een inrichting is gelegen;
- b) woonketen of woonwagens als bedoeld in de Woningwet;
- c) ligplaatsen als bedoeld in de Huisvestingswet;
- d) gebouwen waar dagopvang van minderjarigen plaats vindt;
- e) gebouwen die uitsluitend of in hoofdzaak gebruikt worden door een onderwijsinstelling;
- f) ziekenhuizen, verpleeginrichtingen en zorginstellingen;
- g) andere gebouwen die bestemd zijn voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten.

**Categorie 2, Beperkt kwetsbare objecten:** Definitie volgens de concept AMvB “Besluit Kwaliteitseisen Veiligheid Inrichtingen Milieubeheer”, [16], ook wel Categorie 2 objecten genoemd

- a) woningen, voor zover zij niet tot categorie 1 behoren;
- b) hotels, penitentiaire inrichtingen en asielzoekerscentra;
- c) gebouwen of terreinen waar arbeid wordt verricht, of die daartoe bestemd zijn, met uitzondering van inrichtingen;
- d) winkels, restaurants, en café's;
- e) gebouwen ten behoeve van het belijden van godsdienst of levensovertuiging;
- f) sport-, kampeer- en recreatieterreinen;
- g) andere objecten en terreinen die met de onder a tot en met f genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de aard van hun functie of de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, voor zover zij niet tot categorie 1 behoren;

**Maatschappelijk risico (MR):** *Dit begrip wordt gebruikt door Rijkswaterstaat en de Nederlandse Spoorwegen binnen hun werken. Het heeft geen algemene toepassing.* Het maatschappelijk risico is een maat voor het verwachte aantal dode passanten per jaar en is een risicomaat voor de maatschappelijke beleving. Bij de beoordeling van het maatschappelijk risico hanteren Rijkswaterstaat en NS het criterium dat er jaarlijks niet meer dan  $2 \cdot 10^{-3}$  passanten mogen overlijden.

**Maximale werpafstand:** De maximale afstand die door een afbrekend rotorblad tijdens een overtoersituatie overbrugd kan worden.

**Plaatsgebonden risico (PR):** De kans per jaar dat een persoon komt te overlijden door een ongeval binnen een inrichting (of door een andere risicodragende activiteit) indien hij zich permanent en onbeschermd op een bepaalde plaats zou bevinden. De norm voor het PR is de kans van één op de miljoen jaar, oftewel  $10^{-6}$  per jaar.

**Risico:** De kans op een incident in combinatie met de gevolgen van dat incident. In de context van risicoanalyses worden de gevolgen uitgedrukt in het aantal dodelijke slachtoffers gecombineerd met de kans op één of meer slachtoffers, hetzij per punt rond de inrichting (plaatsgebonden risico) hetzij op enige plaats rond de inrichting (groepsrisico).

**Scenario:** beschrijving van een manier waarop een windturbine een potentieel gevaar kan opleveren voor de omgeving.

## Windenergie

De specifieke terminologie voor windenergie en windturbines wordt toegelicht mede aan de hand van Fig. 1. De hieronder gegeven definities en toelichtingen zijn specifiek voor het doel van dit Handboek.

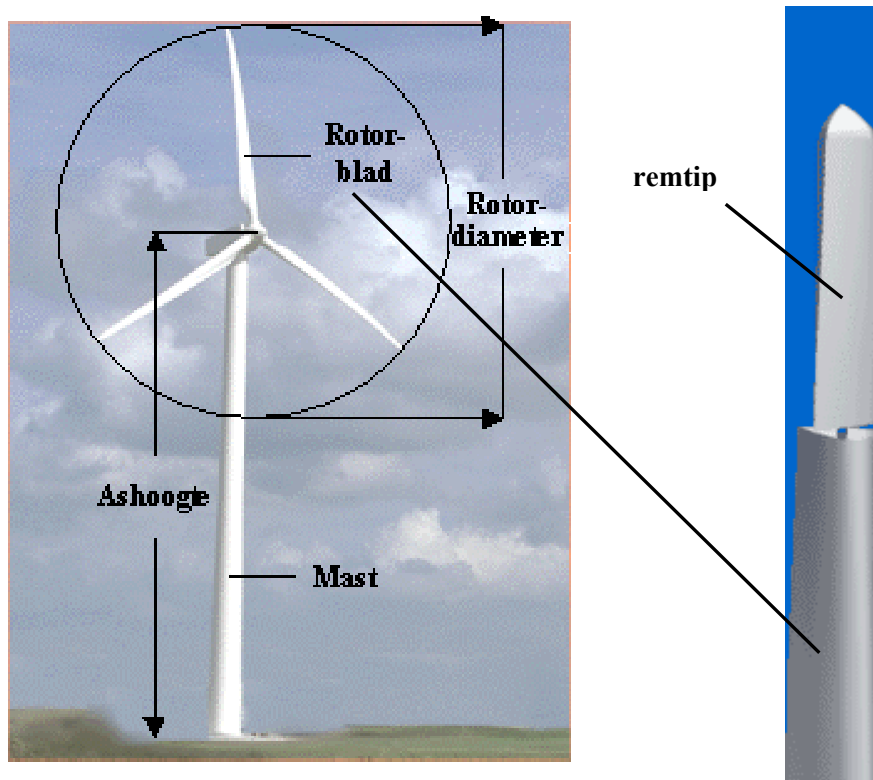


Fig. 1: *Overzicht van de hoofdcomponenten van een windturbine, rechts een rotorblad met een geopende remtip (bron: Internet site Projectbureau Duurzame Energie en Windpower.dk)*

**Ashoogte:** hoogte van het rotorcentrum boven het terrein.

**Bladbreek:** het afbreken van een heel blad bij de bladwortel of de naaf.

**Remmen:** het tot stilstand brengen van de rotor.

Normaal gesproken zijn turbines uitgerust met een aerodynamische rem (b.v. het verstellen van het hele blad of het verstellen van de remtip, zie Fig. 1) en een mechanische rem. De mechanische rem, vaak een schijfrem op de generatoras of de rotoras, wordt meestal pas gebruikt wanneer de aerodynamische rem niet functioneert. Het toerental waarbij de mechanische rem wordt geactiveerd is ongeveer 10 tot 25 % hoger dan het nominale toerental.

**Tipbreuk:** het afbreken van de remtip (zie Fig. 1).

**Toerental:** Omwentelingssnelheid van de rotor.

- Nominaal: omwentelingssnelheid waarbij het nominale vermogen wordt geleverd.
- Overtoren: omwentelingssnelheid die hoger ligt dan het nominale toerental.

**Vermogen:** het elektrisch vermogen dat door de windturbine aan het elektriciteitsnet wordt geleverd.

- Nominaal: een door de fabrikant gespecificeerde maximale waarde voor het elektrisch vermogen dat de turbine langdurig aan het net kan leveren. (Het nominaal vermogen wordt geleverd bij windsnelheden van ongeveer 12 m/s en hoger.)
- Maximaal: hoeveelheid vermogen die kortstondig aan het elektriciteitsnet geleverd kan worden.

# 1. INLEIDING

## 1.1 Achtergrond

De overheid had begin jaren negentig de doelstelling om op land 1000 MW windvermogen geplaatst te hebben in het jaar 2000. Inmiddels is deze doelstelling achterhaald; ultimo 2000 was slechts 430 MW gerealiseerd. Het is gebleken dat het vinden van geschikte locaties voor windturbines waarbij de hinder voor milieu en omwonenden zodanig beperkt blijft dat zonder bezwaar een park ontwikkeld kan worden minder snel gaat dan verwacht. Op basis van maatschappelijke ontwikkelingen wordt meer en meer uitgeweken naar locaties bij:

- infrastructurele werken zoals wegen en vaarwegen vanwege landschappelijke inpassing; en
- industriegebieden vanwege concentratie van industriële activiteiten.

Wanneer windturbines dicht bij infrastructurele werken of industriegebieden worden geplaatst kan falen van een windturbine een groter risico opleveren voor omwonenden en passanten dan wanneer deze turbine op een afgelegen locatie wordt geplaatst. Enerzijds zal het aantal passanten die zich kortere of langere tijd in de nabijheid van een windturbine ophouden groter zijn. Anderzijds kan men te maken krijgen met indirecte risico's doordat een falende windturbine een ongeluk kan initiëren bij nabijgelegen industriële activiteiten. Het is noodzakelijk om op een rationele manier met deze risico's om te gaan en te zorgen dat de risico's voldoen aan de geldende overheidscriteria. Dat wil zeggen, het moet voor alle betrokkenen duidelijk zijn welke risico's windturbines voor hun omgeving kunnen opleveren, hoe de risico's bepaald en gekwantificeerd moeten worden, en aan welke criteria ze getoetst moeten worden.

Vanaf begin jaren negentig hebben verschillende projectontwikkelaars en lokale overheden de opstellers van dit "Handboek Risicozonering Windturbines" benaderd om risicoanalyses uit te voeren voor nieuw te ontwikkelen windparken. De trend die de afgelopen jaren is waargenomen is dat een risicoanalyse standaard onderdeel gaat uitmaken van de vergunningaanvraag. Bij het uitvoeren van risicoanalyses (o.a. door de auteurs van het handboek) en bij het beoordelen van de risicoanalyses liep men tegen de volgende problemen aan:

- er was geen algemeen geaccepteerde methode gedocumenteerd volgens welke een risicoanalyse voor windturbines moet worden uitgevoerd;
- het ontbrak aan recente faalgegevens van windturbines;
- het was onduidelijk aan welke criteria voldaan moest worden en hoe de criteria voor windturbines toegepast moesten worden.

De manieren waarop de risicoanalyses werden uitgevoerd konden dan ook per geval verschillen en leiden tot andere resultaten. Bovendien accepteerde niet ieder bevoegd gezag de resultaten van een risicoanalyse, mede omdat men niet bekend was met de aanpak.

Dit zijn de redenen geweest voor NOVEM om in 2000 aan ECN opdracht te verstrekken om het onderhavige "Handboek Risicozonering Windturbines" op te stellen met daarin een uniforme methode voor het uitvoeren van risicoanalyses en voor het toetsen van de resultaten aan de geldende criteria. Hiervoor is een projectteam samengesteld met expertise op het gebied van windenergie en industriële veiligheid:

- ECN, afdeling Windenergie (Henk Braam, Luc Rademakers)
- NRG, afdeling Risk Management and Decision Analysis (Hans Brinkman)
- TNO-Mep, afdeling Industriële Veiligheid (Koos Ham)
- KEMA, afdeling Duurzame Energie (Hans Cleijne, Frits Verheij)
- ECOFYS (Luuk Folkerts)

Om ervoor te zorgen dat het handboek voldoende draagvlak zou krijgen is een klankbordgroep opgericht met daarin vertegenwoordigers van belanghebbende partijen.



- Ministeries: Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer  
Verkeer en Waterstaat, Directoraat Generaal Rijkswaterstaat  
Economische Zaken, NOVEM
- Provincies: Provincie Noord-Holland
- Beheerders van objecten: Corus  
Nederlandse Spoorwegen  
Gasunie  
Energiedistributiebedrijf Marinebasis
- Projectontwikkelaars: Siemens Nederland  
Essent  
NUON

## 1.2 Beleidsmatige Inpassing van het Handboek

### 1.2.1 Huidige Situatie

Windturbines vormen op meerdere manieren een risico voor hun omgeving of kunnen hinder opleveren voor mens en milieu. Te denken valt aan geluidhinder, slagschaduw, visuele hinder, afleiding van verkeersdeelnemers, afbrekende delen of ijsafwerping, risico's tijdens de installatie en de bouw of het aantasten van waterkeringen ten gevolge van trillingen. Het onderhavige handboek richt zich voornamelijk op de risico's die ontstaan wanneer windturbines zodanig falen dat onderdelen naar beneden vallen, rotoronderdelen worden weggeworpen of dat zelfs de hele turbine omvalt. Het handboek beperkt zich tot die risico's die ontstaan nadat de windturbines in bedrijf zijn genomen. Risico's tijdens installatie van een windturbine of tijdens het uitvoeren van onderhoudwerkzaamheden (denk hierbij aan een kraan die het verkeer hindert of een gasleiding die wordt beschadigd tijdens graafwerkzaamheden) worden in het handboek niet beschouwd.

Het handboek is van toepassing op windturbines met een rotoroppervlak van 40 m<sup>2</sup> of meer en die voldoen aan de IEC 61400-1 [8], respectievelijk NVN 11400-0 [9].

Dit handboek beschrijft methoden waarmee de kans kan worden bepaald dat een object of een persoon wordt getroffen door een windturbineonderdeel. Hierbij wordt aangenomen dat als een persoon wordt getroffen door een windturbinedeel, dit dodelijk letsel tot gevolg heeft. De aldus berekende risico's worden afgewogen tegen de normen die thans in het externe veiligheidsbeleid worden toegepast voor risicovolle inrichtingen [1]. In aanvulling op het externe veiligheidsbeleid dat algemeen van toepassing is, hanteren Rijkswaterstaat en de Nederlandse Spoorwegen (NS) voor vervoer over (rijks)wegen, spoorwegen en vaarwegen *interne risicocriteria* voor passanten [2], [14]: het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR). Het gaat hier om een intern beleid ter bescherming van passanten op rijkswegen en spoorwegen. Het beleid is niet algemeen voor alle wegen van toepassing. In beginsel kan elk bevoegd gezag aanvullende eisen stellen met betrekking tot de hoogte van het risico. Logischerwijs zouden voor verschillende typen risicobronnen evenwel dezelfde normen moeten gelden.

Het evalueren van economische gevolgschade valt buiten de reikwijdte van het handboek. Er bestaan geen wettelijke criteria voor het toetsen van economische schades. Het evalueren van het economisch risico zal de projectontwikkelaar van het windenergieproject moeten doen in overleg met de beheerder of eigenaar van het desbetreffende object.

Alle windenergieprojecten in Nederland dienen te voldoen aan het Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer [3]. Over de gevaarsaspecten van windturbines merkt het Besluit in de toelichting (paragraaf 5.1.1) het volgende op (zie kader).

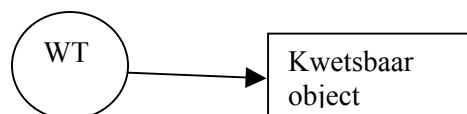
Indien een windturbine voldoet aan de IEC 61400-1 (2<sup>nd</sup> edition 1999, *Wind turbine generator systems – Part 1: Safety Requirements*) respectievelijk NVN 11400-0 (*Windturbines – Deel 0: Voorschriften voor typecertificatie – Technische eisen*), worden de gevaarsaspecten zoveel mogelijk beheerst.

Gevaarsaspecten kunnen verband houden met de constructie van de turbine zelf; het voldoen aan genoemde richtlijnen biedt onder normale omstandigheden een afdoende garantie. Ook kan de locatie van de turbine nabij andere activiteiten of installaties bepalend zijn voor omgevingsrisico's. Hierbij wordt opgemerkt dat in het kader van de ruimtelijke ordening rekening kan worden gehouden met de aard van een omgeving of gebied en het gewenste dan wel feitelijk gebruik daarvan.

Om na te gaan of “de gevaarsaspecten afdoende beheerst zijn” voor een windpark, kan een bevoegd gezag expliciet vragen om een kwantitatieve risicoanalyse. De risicoanalyse vormt dan onderdeel van de vergunningaanvraag. Het handboek dient te worden beschouwd als een praktijkrichtlijn voor het uitvoeren van risicoanalyses en het toetsen aan de in Nederland geldige risicocriteria. De methoden die in dit handboek zijn beschreven zijn echter geen regel of wet.

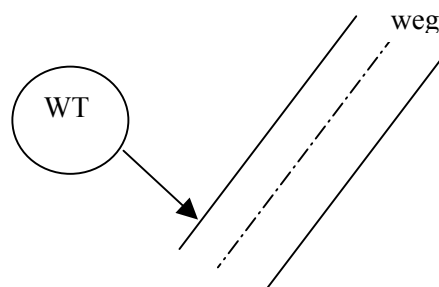
Voor wat betreft het formele toetsingskader door de vergunningverlener onderscheidt het Handboek vier situaties. Twee situaties waarbij sprake is van directe risico's (er kunnen slachtoffers vallen doordat windturbineonderdelen personen treffen) en twee waarbij sprake is van indirecte risico's, ook wel het domino effect genoemd.

#### **I. Windturbine in de nabijheid van een kwetsbaar object: direct risico voor object**



De windturbine kan in deze situatie een direct risico opleveren voor het kwetsbare object b.v. een woonwijk. De vergunningverlener kan toetsen aan [1].

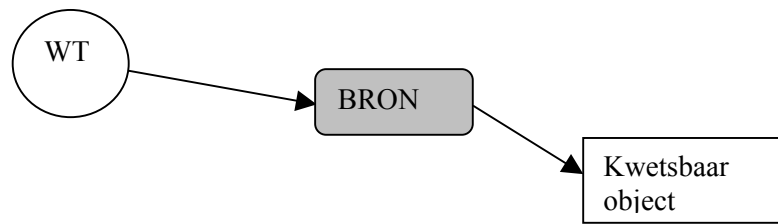
#### **II. Windturbine in de nabijheid van een weg, spoorweg of vaarweg: direct risico voor passanten**



Wegen worden niet gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. Windturbines geplaatst op eigendommen van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat en Rijkswaterstaat is zelf ook vergunningverlener. Windturbines geplaatst op eigendommen van de Nederlandse Spoorwegen vallen onder de beleidsregel van de NS en de NS is zelf ook vergunningverlener.

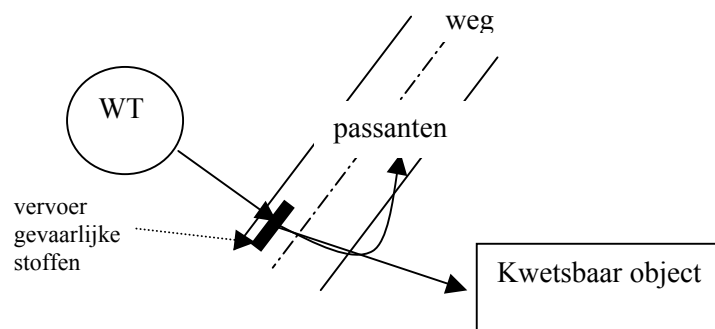
De beleidsregel geldt niet voor provinciale (vaar)wegen of gemeentelijke (vaar)wegen. Voor dit soort wegen zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing.

### III. Windturbine in de nabijheid van een risicobron (bijv. opslag gevaarlijke stof): indirect risico voor kwetsbaar object



Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het plaatsgebonden risico en het groepsrisico voor inrichtingen ten gevolge van de risicobron ook na de plaatsing van de windturbine voldoet aan de wettelijke (dan wel beleids-) normen die voor de risicovolle inrichtingen gelden.

### IV. Windturbine in de nabijheid van een weg, spoorweg of vaarweg: indirect risico voor kwetsbaar object t.g.v. ongeluk met vervoer gevaarlijke stoffen



Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het groepsrisico samenhangend met transportroutes [10] ten gevolge van het vervoer gevaarlijke stoffen ook na de plaatsing van de windturbine aan de normen voldoet van de “Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen” [17].

#### 1.2.2 Toekomstige Situatie

In februari 2002 is het ontwerp “Besluit kwaliteitseisen externe veiligheid” gepubliceerd in de Staatscourant [16]. Dit besluit legt normen vast voor het plaatsgebonden risico rond risicovolle inrichtingen waar gevaarlijke stoffen aanwezig zijn. Kenmerk van het besluit is dat met name het risico dat optreedt in kwetsbare en minder kwetsbare bestemmingen als gevolg van de risicobron, aan de risiconormen wordt getoetst. In nieuwe situaties mag het plaatsgebonden risico in beide typen bestemmingen niet hoger zijn dan  $10^{-6}$  per jaar. Voor bestaande situaties wordt krachtens het besluit tot 2010 een hoger plaatsgebonden risico toegelaten, waarna met name voor de kwetsbare bestemmingen de situatie gesaneerd moet zijn. **Tot de kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten behoren geen wegen of andere transportroutes.** Wel is het op grond van de Wet milieubeheer mogelijk om eisen te stellen aan situaties waarbij zich een domino-effect kan voordoen, zodat langs die weg het plaatsen van een windturbine nabij een opslag van gevaarlijke stoffen aan banden kan worden gelegd. Het besluit geldt **niet** voor aangewezen bedrijventerreinen. Voor aangewezen industrieterreinen is bepaald dat activiteiten met een verhoogd risico in sommige gevallen kunnen plaatsvinden.

Windturbines vallen niet onder de categorieën van inrichtingen waarop het ontwerp besluit zich thans richt. Gelet op de hoogte van de risico's rond windturbines is het echter enerzijds denkbaar en dat deze

alsnog onder de werking van het besluit worden gebracht, anderzijds is het ook los daarvan wenselijk om met de risico's rond windturbines op een vergelijkbare wijze als in het besluit, om te gaan. Ook beleidsmatig wordt dit wenselijk gevonden.

Wanneer het gaat om personen die direct door turbineonderdelen kunnen worden getroffen (Situatie I in par. 1.2.1) kan in beginsel ook nu al worden getoetst aan de normen die zijn vastgelegd in het "Besluit Kwaliteitseisen Externe Veiligheid", al is dit formeel gezien niet van toepassing.

Echter, wanneer een windturbine wordt geplaatst in de nabijheid van een inrichting die onder de werking van het besluit valt, dan bestaat er kans op een domino effect (Situatie III in par. 1.2.2). Op de getroffen installatie zijn de risiconormen van toepassing van genoemd besluit. Indien het risico van een inrichting waarop het besluit van toepassing is, wordt verhoogd door de plaatsing van een windturbine, kunnen aan de plaatsing van deze turbine, gelet op het besluit en op de algemene principes van de Wet milieubeheer, eisen worden gesteld. In dit Handboek wordt daarvan in beginsel uitgegaan.

Voor situatie II en situatie IV in par. 1.2.1 zijn vooralsnog geen wijzigingen voorzien.

### 1.3 Risicoanalyses voor Windturbines

Windturbines met een rotoroppervlak van meer dan 40 m<sup>2</sup> die in Nederland worden geplaatst dienen allemaal te voldoen aan de IEC 61400-2 [8], respectievelijk NVN 11400-0 [9]. Turbines die aan dit document voldoen zijn ontworpen voor een levensduur van tenminste 20 jaar. Ze voldoen aan de eisen die worden gesteld aan de materialen voor wat betreft vermoeiing, vocht inwerking, corrosie, verbindingstechnieken, etc. om deze levensduur te waarborgen. De veiligheidssystemen zijn zodanig ontworpen dat de turbine onder alle weerscondities veilig bedreven kan worden. Ook in geval van storingen aan de turbine zelf zorgen de veiligheidssystemen ervoor dat de turbine stil wordt gezet. De werking van de veiligheidssystemen wordt periodiek gecontroleerd. Verder worden er eisen gesteld aan het elektrisch systeem, de arbeidsveiligheid, en de onderhoudsprocedures, om de veiligheid van de turbine gedurende zijn levensduur te waarborgen. Aanvullende veiligheidseisen en eisen om hinder voor mens en milieu te beperken zijn geformuleerd in [3].

Desondanks kan het in de praktijk voorkomen dat windturbines falen en een risico voor hun omgeving kunnen opleveren. Om inzicht te krijgen in de risico's die dit soort incidentele gevallen vormen voor mens en milieu is het noodzakelijk om een risicoanalyse uit te voeren. In deze paragraaf wordt een typisch voorbeeld van een risicoanalyse beschreven. Aan de hand van dit voorbeeld wordt inzichtelijk gemaakt hoe een risicoanalyse wordt uitgevoerd en welke aspecten een rol spelen. Tevens is het een onderbouwing voor de indeling en opbouw van het handboek.

Stel dat een projectontwikkelaar twee windturbines met een diameter van 70 meter en een ashoogte van 85 m wil plaatsen in de nabijheid van de volgende *objecten*:

1. woonwijk (400 m)
2. industriegebied met kantoren en werkplaatsen (110 m)
3. rijksweg (30 m)
4. waterweg (100 m)
5. drukvat (250 m)
6. gasleiding (90 m)

(Tussen haakjes zijn de afstanden gegeven vanaf de turbines tot aan de objecten.) In figuur 1.1 is een situatieschets gegeven. De rasterlijnen hebben een onderlinge afstand van 200 m.

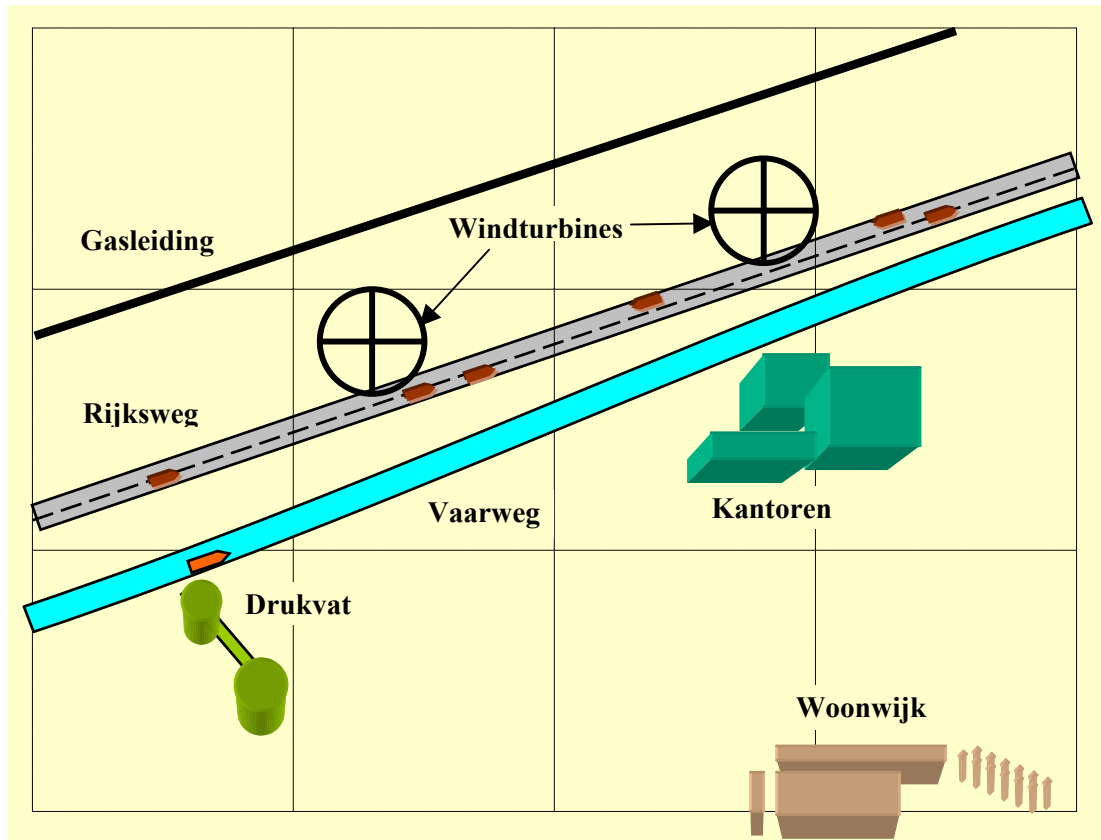


Fig. 1.1: *Situatieschets*

De twee vragen die in een risicoanalyse beantwoord moet worden zijn:

**“Vormen windturbines een significant risico voor nabijgelegen objecten en activiteiten en zo ja, is de som van dit risico en het bestaande risico lager dan de geldende criteria?”**

Om deze vraag te beantwoorden moeten achtereenvolgens de volgende vier vragen worden beantwoord.

### 1. Welke risico's vormen windturbines voor hun omgeving?

Voor de windturbines die geplaatst gaan worden, wordt een inventarisatie gemaakt van de manieren waarop ze een potentieel gevaar kunnen opleveren voor hun omgeving. Dit worden scenario's genoemd. Meestal gaat het om een afbrekend blad, of om het omvallen van een mast die personen of objecten kunnen treffen. (In het handboek worden dit verder kwetsbare objecten of kwetsbare activiteiten genoemd. Ze worden nader gespecificeerd in Hoofdstuk 3) Verder zijn ook de omstandigheden waaronder een windturbine faalt van belang. Een blad kan afbreken bij het nominale toerental, maar ook tijdens een overtoeren situatie. In dit laatste geval is de kans groot dat het blad verder wordt weggeslingerd. De kans op bladbreuk of de kans op een ander scenario, de faalkans genoemd, is bepaald uit incidenten met windturbines die in het verleden hebben plaats gevonden.

In Bijlage A: “*Analyse van Risicovolle Incidenten van Windturbines*” zijn de scenario's en faalkansen bepaald uit Deense, Duitse en Nederlandse faalgegevens die relevant zijn voor risicoanalyses van windturbines. De resultaten zijn samengevat in Tabel 1.1. Analyses die gedaan zijn in Bijlage B: “*Generieke Gegevens*” laten zien dat een tipbreuk voor risicoanalyses niet verder hoeft te worden beschouwd. IJsafwerking is alleen van belang voor het gebied onder de rotor.

Tabel 1.1: *Scenario's en faalkansen voor risicoanalyses*

| Scenario                                                                                                                                                                                                                                    | Faalfrequentie per turbine per jaar         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Breuk van geheel blad, onder te verdelen in de volgende drie scenario's:                                                                                                                                                                    | $8,4 \cdot 10^{-4}$                         |
| <i>Bladbreek bij nominaal rotor toerental</i>                                                                                                                                                                                               | $4,2 \cdot 10^{-4}$                         |
| <i>Bladbreek bij mechanisch remmen (<math>\approx 1,25</math> keer nominaal toerental)</i>                                                                                                                                                  | $4,2 \cdot 10^{-4}$                         |
| <i>Overtoeeren (<math>\approx 2,0</math> keer nominaal toerental)</i>                                                                                                                                                                       | $5,0 \cdot 10^{-6}$                         |
| Omvallen van de hele turbine door mastbreuk                                                                                                                                                                                                 | $3,2 \cdot 10^{-4}$                         |
| Naar beneden vallen van hele gondel en/of rotor                                                                                                                                                                                             | $1,3 \cdot 10^{-4}$                         |
| Naar beneden vallen van: <ul style="list-style-type: none"> <li>kleine onderdelen (bouten, beschermingskappen, anemometer, etc.)</li> <li>bladdelen nadat een blad de toren heeft geraakt</li> <li>stukken ijs tijdens stilstand</li> </ul> | kwalitatief beschouwen<br>(Zie Bijlage C.3) |

## 2. Tot welke afstand dienen objecten meegenomen te worden in de risicoanalyse?

In principe worden alle objecten beschouwd die mogelijk door een afbrekend rotorblad tijdens een overtoerensituatie getroffen kunnen worden. De maximale afstand die door een afbrekend rotorblad tijdens een overtoerensituatie overbrugd kan worden, wordt de maximale werpafstand genoemd. De maximale werpafstand is erg afhankelijk van het type turbine en wordt onder andere bepaald door de diameter van de turbine, het rotortoerental en de ashoogte. Voor de meest voorkomende 3-bladige turbines tussen de 500 kW en 2 MW zijn de maximale werpafstanden tussen de 300 en 400 m.

In Bijlage C: “*Rekenmethode Werpafstanden en Trefkansen*” wordt beschreven op welke manier de maximale werpafstanden berekend moeten worden. Als richtlijn voor de maximale werpafstanden kunnen de in Hoofdstuk 2 opgenomen generieke waarden worden genomen.

## 3. Op welke manier worden trefkansen voor personen en objecten bepaald?

Wanneer bekend is welke scenario's relevant zijn voor de te plaatsen turbines, wat de faalkansen zijn en wanneer bekend is voor welke kwetsbare objecten de risico's bepaald moeten worden, kan de trefkansberekening worden uitgevoerd. In principe wordt voor bladbreek uitgegaan van kogelbaanberekeningen. Hierbij kunnen ook nog de luchtkrachten worden verdisconteerd. De eigenlijke trefkans van een persoon of object wordt verder nog bepaald door de afmetingen van het blad en van de persoon of object in rekening te brengen. Voor passerende objecten zoals auto's en treinen wordt ook de verblijfstijd en de remweg meegenomen.

In Bijlage C: “*Rekenmethode Werpafstanden en Trefkansen*” worden de methodes en procedures beschreven om de werpafstanden van turbineonderdelen te bepalen en de kansen te bepalen dat bijvoorbeeld een persoon, een gebouw, of een passerende auto wordt getroffen.

#### 4. Aan welke criteria moet getoetst worden?

Het toe te passen criterium voor het beoordelen van de resultaten van een risicoanalyse is sterk afhankelijk van de geldende situatie zoals geschetst in paragraaf 1.2.1.

In het genoemde voorbeeld is Situatie I van toepassing op de woonwijk en de kantoren.

Situatie II is van toepassing op personenvervoer over de rijksweg en de vaarweg. De criteria van NS/Rijkswaterstaat zijn alleen dan geldig wanneer de windturbines op het terrein van NS of Rijkswaterstaat worden geplaatst. Overige wegen zoals de vaarweg in bovengenoemd voorbeeld, valt niet onder de verantwoordelijkheid van NS of Rijkswaterstaat. Hiervoor zijn de criteria van NS en Rijkswaterstaat [2], [14] niet van toepassing<sup>1</sup>.

Situatie III is van toepassing op het drukvat en de gasleiding.

Situatie IV tenslotte is van toepassing op vervoer van gevaarlijke stoffen over de rijksweg en de vaarweg.

In Bijlage D: “*Risicocriteria*” is een overzicht gemaakt van de geldende criteria die van toepassing zijn. In de bijlage is verder aangegeven op welke manier de resultaten van een risicoanalyse aan de criteria getoetst moeten worden, hetzij direct of indirect.

### 1.4 Gebruik van het Handboek

Het handboek is opgezet vanuit de perceptie van de gebruikers, met name projectontwikkelaars, uitvoerders van een risicoanalyse en beoordelaars van een risicoanalyse. De eerste stap in een risicoanalyse is een inventarisatie te maken van kwetsbare objecten in de nabijheid van het nieuw te ontwikkelen windturbineproject. Dit gebeurt veelal door een bezoek te brengen aan de locatie of topografische kaarten te raadplegen. In het handboek worden tien hoofdcategorieën van objecten onderscheiden.

1. Bebouwing
2. Wegen
3. Waterwegen
4. Spoorwegen
5. Industrie
6. Ondergrondse transportleidingen en kabels
7. Bovengrondse leidingen
8. Hoogspanningslijnen
9. Dijklichamen en waterkeringen
10. Straalpaden

Per categorie wordt vervolgens een onderverdeling aangebracht. Voor het doel in dit handboek is deze indeling gebaseerd op de activiteiten of functies die in of bij zo'n object worden uitgevoerd. Deze activiteiten hebben vaak overeenkomsten in de rekenmethode, de van toepassing zijnde criteria, of de manier om aan deze criteria te toetsen. In Hoofdstuk 2 wordt de indeling van objecten verder uitgewerkt en toegelicht.

Vervolgens is in het handboek aan elk van de tien bovenstaande objecten een apart hoofdstuk gewijd, de Hoofdstukken 3 tot en met 12. Voor elk object kan de gebruiker van het handboek nagaan:

- welke rekenmethoden en faalkansen van toepassing zijn om de trefkansen voor het object of activiteit te bepalen;
- welke risicocriteria van toepassing zijn en op welke manier de resultaten van de trefkansen aan deze criteria getoetst moet worden.

---

<sup>1</sup> Zoals eerder opgemerkt hebben de meeste auteurs van het handboek in het verleden diverse risicoanalyses uitgevoerd. In situaties die vergelijkbaar waren met situatie II in par. 1.2.1 en waarbij de wegen onder het beheer van de provincie of gemeente vielen, waren er geen criteria voorhanden om de risico's voor passanten te beoordelen. Het bevoegd gezag heeft in de meeste gevallen de criteria van NS/Rijkswaterstaat gehanteerd om de resultaten van de risicoanalyses te kunnen toetsen.

Per object worden diverse verwijzingen gemaakt naar de bijlagen A t/m D. In deze bijlagen is gedetailleerde informatie te vinden over de toe te passen rekenmethoden, toetsingscriteria en faalkansen. Tevens is in de bijlagen een onderbouwing te geven waarom een bepaalde rekenmethode, een criterium of faalkans van toepassing is.

Zoals in paragraaf 1.2 is aangegeven zijn voor de meeste objecten criteria voorhanden waaraan de risico's en hinder voor mens en milieu getoetst kunnen worden. In sommige gevallen, met name voor hoogspanningslijnen en straalpaden zal falen leiden tot alleen economische schade.

Waar nodig zijn in de hoofdstukken 3 t/m 12 zogenaamde beslisregels toegevoegd om aan te geven in welke gevallen een kwantitatieve risicoanalyse moet worden uitgevoerd. Tevens zijn waar nodig voorbeelden toegevoegd om te illustreren op welke manier een analyse moet worden uitgevoerd of hoe de resultaten moeten worden getoetst aan de criteria.

## 1.5 Generieke Conclusies

Het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse volgens de methode die in dit handboek is beschreven kan arbeidsintensief zijn. In veel gevallen komt het voor dat met een eenvoudige aanpak en conservatieve uitgangspunten kan worden aangetoond dat de veiligheidscriteria niet worden overschreden. Daarom zijn in Bijlage B "*Generieke Gegevens*", generieke conclusies afgeleid voor wat betreft trefkansen van personen en objecten. Met deze conclusies kan in vele gevallen het arbeidsintensief analysewerk worden vermeden.

De generieke conclusies zijn gebaseerd op gegevens van commercieel verkrijgbare windturbines in Nederland die aan tenminste de volgende specificaties voldoen:

- driebladig;
- nominaal vermogen tussen de 500 kW en 2000 kW;
- gecertificeerd volgens de in Europa geldige veiligheidsnormen voor windturbines, bijvoorbeeld de NVN 11400-0 "*Wind turbines – Part 0 Criteria for type certification – Technical Criteria*" van 1999;
- geoptimaliseerd voor het windklimaat dat van toepassing is voor vele locaties in Nederland, oftewel windklasse 2<sup>2</sup>;
- vermogensregeling door middel van bladhoekverstelling (dus geen overtrekregeling met remtippen);

De conclusies zijn afgeleid door de gegevens toe te passen in berekeningen voor veel voorkomende situaties zoals het bepalen van risicocontouren en het bepalen van trefkansen van passerende objecten. De manier waarop de generieke gegevens en conclusies moet worden toegepast is beschreven in de Hoofdstukken 3 t/m 12.

---

<sup>2</sup> In de documenten IEC 61400-1 en in de NVN 11400-0 worden vier windklassen onderscheiden die overeenkomen met het windklimaat in het binnenland (klasse 4) tot en met het windklimaat aan de kust of offshore (klasse 1).



## 2. IDENTIFICATIE KWETSBARE OBJECTEN EN ACTIVITEITEN

De eerste stap in een risicoanalyse is om na te gaan welke kwetsbare objecten en activiteiten zich bevinden in de nabijheid van de turbines en tot welke afstand deze objecten nog beschouwd dienen te worden bij de verdere uitwerking van de risicoanalyses.

Een windturbine kan een risico vormen voor een nabijgelegen object of activiteit wanneer het zich bevindt binnen de werpafstand van een blad dat afbreekt tijdens een overtoerensituatie. Deze werpafstand wordt berekend door aan te nemen dat de rotor in overtoeren is en draait met een toerental dat gelijk is aan twee keer het nominale toerental, het blad breekt bij de bladwortel en wordt weggeslingerd volgens een kogelbaan. De reikwijdte waarbinnen kwetsbare objecten nog beschouwd moeten worden is vooral afhankelijk van de windturbine. Bepalend hierbij zijn de diameter van de turbine, het rotortoerental waarbij een blad breekt, en de ashoogte.

### Generieke waarden

Als richtlijn zijn voor driebladige windturbines in de range van 500 kW tot 2000 kW de maximale werpafstanden van afbrekende bladen tijdens een overtoerensituatie berekend en gegeven in onderstaande tabel.

| Type Turbine                                       | WT500 | WT750 | WT1000 | WT1250 | WT1500 | WT1750 | WT2000 | WT2250 |
|----------------------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Vermogen [kW]                                      | 500   | 750   | 1000   | 1250   | 1500   | 1750   | 2000   | 2250   |
| Maximale werpafstand bij 2 keer nominaal toerental | 326   | 337   | 348    | 362    | 370    | 379    | 392    | 397    |

De manier waarop de trefkansen bepaald moeten worden en de risico's beoordeeld moeten worden is sterk afhankelijk van het object zelf, de activiteiten die er plaats vinden of de functie die het vervult. Binnen de maximale werpafstanden kunnen zich diverse objecten bevinden. De tweede stap bij het uitvoeren van een risicoanalyse is om het nabijgelegen object in te delen in één van de tien onderstaande hoofdcategorieën.

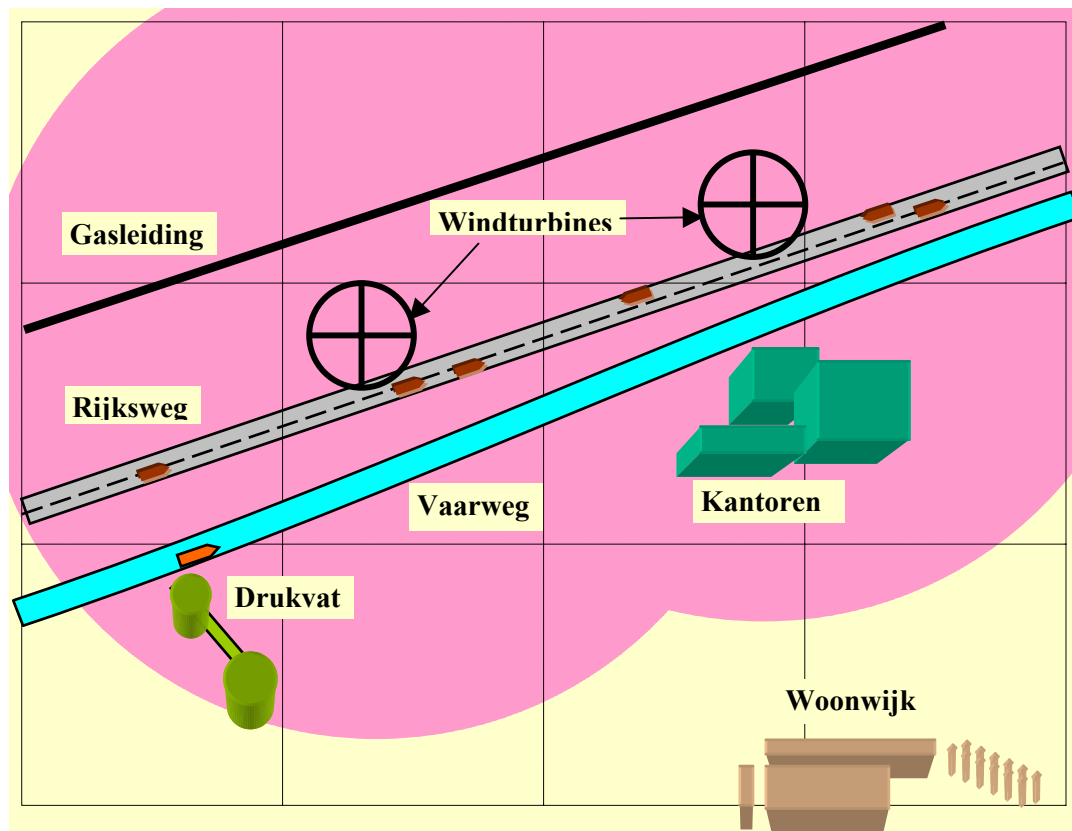
1. Bebouwing
2. Wegen
3. Waterwegen
4. Spoorwegen
5. Industrie
6. Ondergrondse transportleidingen en kabels
7. Bovengrondse leidingen
8. Hoogspanningslijnen
9. Dijklichamen en waterkeringen
10. Straalpaden

Het identificeren van deze objecten gebeurt veelal door een bezoek te brengen aan de locatie, topografische kaarten te raadplegen, contact op te nemen met de gemeente of provincie, of met de beheerder of eigenaar van het object. Ook bij het kadaster of bij het KLIC (Kabel- en Leidingen Informatiecentrum) kan informatie worden verkregen over de aanwezige objecten.

Per categorie moet vervolgens worden nagegaan wat de activiteiten zijn bij dit object en welke functie het vervult. Ook hier kan weer informatie worden ingewonnen door een bezoek aan de locatie. Echter, meestal is het nodig om contact op te nemen met de gemeente of provincie, of met de beheerder of eigenaar van het object. Een opslagtank valt bijvoorbeeld onder de hoofdcategorie "5. Industrie". Om te achterhalen welke stof er in de tank wordt opgeslagen is het noodzakelijk om contact op te nemen met de beheerder van de tank. De verdere onderverdeling van de tien hoofdcategorieën is te vinden in de hierna volgende hoofdstukken.

### Voorbeeld

De maximale werpafstanden van de turbines bedraagt 370 m. De contouren zijn ingetekend in onderstaande figuur. Alle objecten binnen deze contouren moeten in de risicoanalyse worden beschouwd. Alleen de woonwijk hoeft verder niet meer beschouwd te worden.



### 3. BEBOUWING

In de hoofdcategorie *bebouwing* vallen o.a. woonhuizen, ziekenhuizen, sportcomplexen, kantoren, e.d.. Voor de bebouwing wordt een onderverdeling gemaakt naar twee categorieën “kwetsbare objecten” en “beperkt kwetsbare objecten” conform de lijst zoals die in de concept AMvB [16] wordt gebruikt. Het projectteam en de klankbordgroep hebben besloten deze lijst van toepassing te verklaren op windturbines.

De onderverdeling is gebaseerd op basis van het PR (Plaatsgebonden Risico) volgens “*Handreiking externe veiligheid voor inrichtingen*” [1]. Volgens deze handreiking mogen kwetsbare objecten zich niet binnen de  $PR = 10^{-6}$  contour bevinden. Minder kwetsbare objecten mogen zich tussen de  $PR = 10^{-6}$  en  $PR = 10^{-5}$  contour bevinden.

#### 3.1 Risicocriteria en Toetsing

Voor de hoofdcategorie “Bebouwing” is zowel het Plaatsgebonden Risico (PR) als Groepsrisico voor Inrichtingen (GR<sub>I</sub>) van toepassing (Zie Bijlage D, Hoofdstuk 2).

Direct kan getoetst worden of:

- alle kwetsbare objecten zich buiten de  $PR = 10^{-6}$  contour bevinden.
- beperkt kwetsbare objecten zich buiten de  $PR = 10^{-5}$  contour bevinden.

Tevens moet worden nagegaan of het verwacht aantal slachtoffers per jaar per incident beneden de norm van het GR<sub>I</sub> blijft.

##### Generieke waarden

Volgens Bijlage B komt de  $PR = 10^{-6}$  contour overeen met de maximale werpafstand van een blad bij nominaal toerental en de  $PR = 10^{-5}$  contour met de halve rotordiameter.

Als richtlijn zijn voor gecertificeerde, driebladige windturbines in de range van 500 kW tot 2000 kW de afstanden berekend voor de  $PR = 10^{-5}$  en  $10^{-6}$  contour berekend.

| Type Turbine               | WT500 | WT750 | WT1000 | WT1250 | WT1500 | WT1750 | WT2000 |
|----------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Nominaal vermogen [kW]     | 500   | 750   | 1000   | 1250   | 1500   | 1750   | 2000   |
| $PR = 10^{-6}$ contour [m] | 111   | 117   | 124    | 130    | 134    | 139    | 144    |
| $PR = 10^{-5}$ contour [m] | 20    | 24    | 28     | 31     | 37     | 36     | 39     |

#### 3.2 Rekenmethode

De PR contouren worden bepaald conform:

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.1
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.1
- Bijlage C.3: Incidenten Binnen de Rotordiameter

Om te kunnen toetsen aan het groepsrisico moet het aantal personen worden bepaald dat per incident getroffen kan worden. De trefkans van een groep personen wordt eveneens berekend conform:

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.1
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.1

- Bijlage C.3: Incidenten Binnen de Rotordiameter

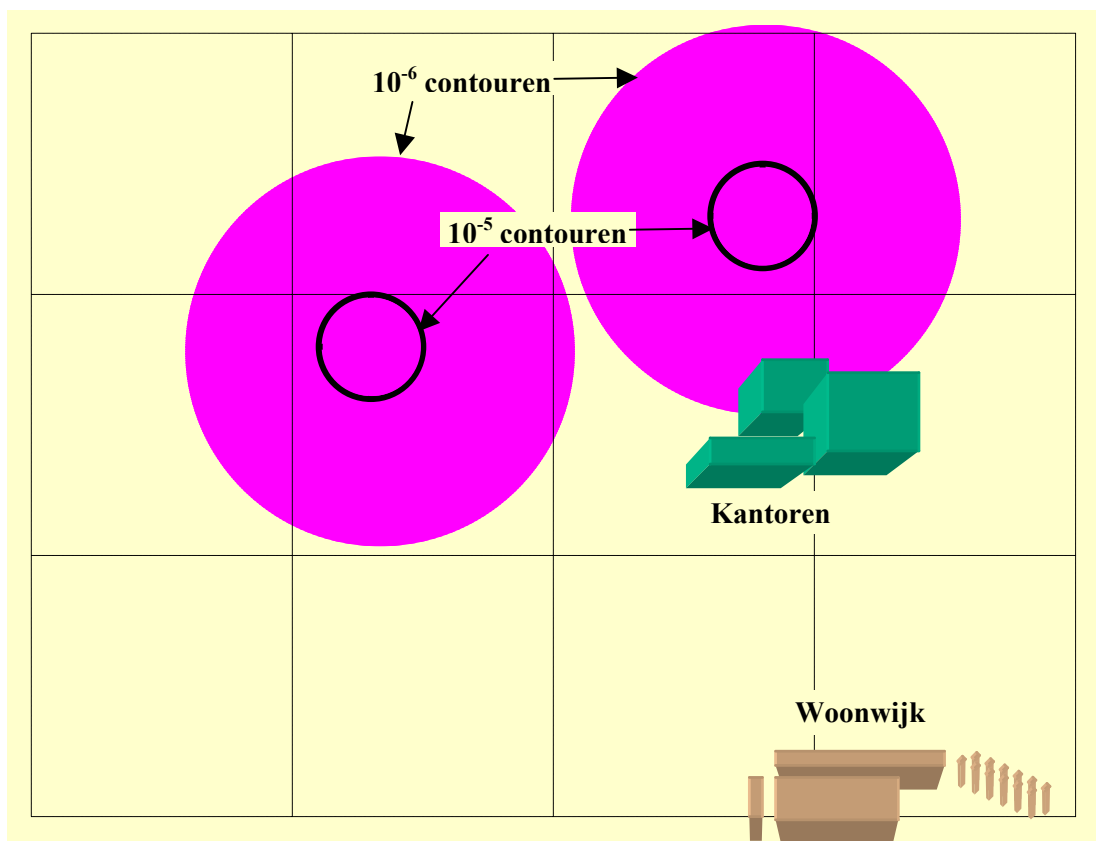
### 3.3 Overige Plaatsingscriteria

Voor het plaatsen van windturbines in de gebouwde omgeving moet voldaan zijn aan de voorschriften in de AMvB (Algemene Maatregel van Bestuur) genoemd in artikel 8.40 van de Wet Milieubeheer [3]. Hierin staan o.a. eisen over veiligheid, maximaal geluidsniveau, en slagschaduw. Verder stelt de AMvB dat turbines niet mogen draaien wanneer er ijs op de bladen zit.

#### Voorbeeld

In onderstaande figuur zijn de  $PR = 10^{-5}$  contouren ingetekend op 35 m (halve rotordiameter) en de  $PR = 10^{-6}$  contouren op 134 m. De kantoren dienen beschouwd te worden als “beperkt kwetsbare objecten”. De kantoren staan buiten de  $PR = 10^{-5}$  contour maar binnen de  $PR = 10^{-6}$  contour. De woonwijk is een “kwetsbaar object” en staat buiten de  $PR = 10^{-6}$  contour. De risico's voor de kantoren en de woonwijk voldoen aan het criterium van plaatsgebonden risico.

Er bevinden zich in dit voorbeeld geen grote groepen personen in de nabijheid van de turbine. De personen in het kantoor zijn zodanig verspreid dat een rotorblad te klein is om bij één incident tenminste 10 slachtoffers te maken. Het  $GR_i$  voldoet daarmee aan de criteria voor  $GR_L$ .



## 4. WEGEN

Wegen waar turbines naast geplaatst zijn of gaan worden, kunnen worden ingedeeld in rijkswegen, provinciale wegen, gemeentelijke wegen, en private wegen. Voor ieder soort weg geldt een ander bevoegd gezag. Bij het bevoegd gezag kan de projectontwikkelaar informatie inwinnen over de aard van het transport, het aantal passages van b.v. auto's fietsers, en de geldende criteria etc. Voor de risicoanalyses wordt de hoofdcategorie "wegen" onderverdeeld in:

1. *Personenvervoer*. Hieronder vallen alle personen die zich verplaatsen over de weg zoals fietsers, voetgangers, auto's met inzittenden, touringcars, en bestuurders van vrachtauto's met ongevaarlijke goederen. (Situatie II in paragraaf 1.2.1).
2. *Vervoer van gevaarlijke stoffen*. Dit betreft bijvoorbeeld tankauto's met gas, diesel, chloor, benzine etc. (Situatie IV in paragraaf 1.2.1).

### 4.1 Risicocriteria en Toetsing: Personenvervoer

Wegen worden **niet** gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. Windturbines geplaatst op eigendommen van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat en Rijkswaterstaat is zelf ook de vergunningverlener. Deze beleidsregel geldt niet voor provinciale wegen of gemeentelijke wegen. Voor dit soort wegen zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing.

#### 4.1.1 Rijkswegen

Windturbines geplaatst op eigendommen van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat [2,14] en Rijkswaterstaat is zelf ook de vergunningverlener. In die situaties waarin de windturbine(s) niet op het eigendom van Rijkswaterstaat worden geplaatst, maar wel in de nabijheid van een rijksweg, verzoekt Rijkswaterstaat het bevoegde gezag rekening te houden met de afstanden zoals in de beleidsregel zijn vermeld.

Het risico t.g.v. het falen van een windturbine is alleen van toepassing voor artikel 3 uit de beleidsregel, welke betrekking heeft op wegen. Artikel 3 is hieronder gegeven. Een kwantitatieve risicoanalyse kan geëist worden wanneer plaatsing niet voldoet aan Artikel 3. E.e.a. is weergegeven in de beslisregel in Fig. 4.1.

#### **Artikel 3 Wegen**

1. Langs rijkswegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van tenminste 30m uit de rand van de verharding of bij een rotordiameter groter dan 60m, tenminste de halve diameter.
2. Binnen 30m uit de rand van de verharding en op parkeerplaatsen en tankstations<sup>1)</sup> gelegen langs auto(snel)wegen als bedoeld in het RVV 1990 artikel 1c,d met een directe aansluiting op de auto(snel)weg, die primair bestemd zijn voor een kort oponthoud van de weggebruiker, wordt plaatsing van windturbines slechts toegestaan indien uit een aanvullend onderzoek blijkt dat er geen onaanvaardbaar verhoogd veiligheidsrisico bestaat.
3. In afwijking van het bepaalde in lid 1 wordt nabij een knooppunt of aansluiting of op locaties waarbij de rotorbladen zich boven de verharding zullen bevinden plaatsing van windturbines slechts toegestaan indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat er geen onaanvaardbaar verhoogd risico is voor de verkeersveiligheid.

<sup>1)</sup> In dit handboek worden tankstations beschouwd als "Industrie" en verder behandeld conform de richtlijnen in Hoofdstuk 7.

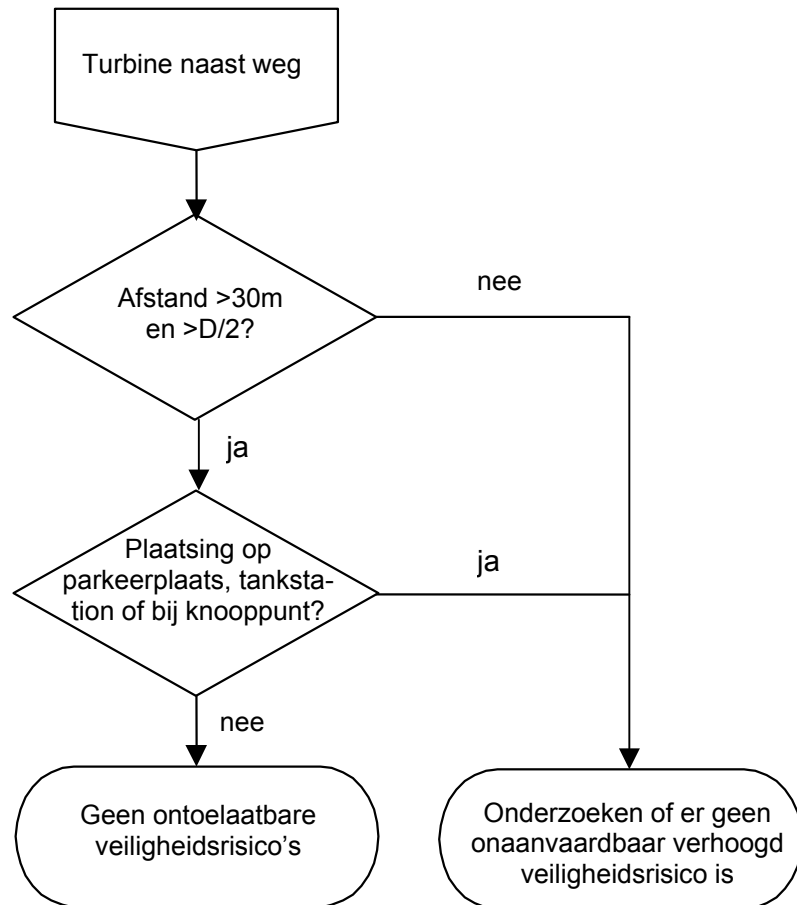


Fig. 4.1: *Beslisregel om na te gaan wanneer er aanvullende risicoanalyses moeten worden uitgevoerd*

Wanneer er volgens de beleidsregel van Rijkswaterstaat een aanvullende risicoanalyse noodzakelijk is, dan zijn het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) volgens NS/Rijkswaterstaat (Zie bijlage D, Hoofdstuk 3 en [14], [2]) van toepassing.

#### 4.1.2 Overige Wegen

Wegen worden **niet** gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. Voor alle wegen die geen eigendom zijn van Rijkswaterstaat maar bijvoorbeeld van de provincie of de gemeente, zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing.

In het verleden is regelmatig gebleken dat het bevoegd gezag toch een risicoanalyse wilde hebben van een nieuw te ontwikkelen windturbineproject naast hun wegen. Om de risicoanalyse toch te kunnen beoordelen werd getoetst aan de beleidsrichtlijn van Rijkswaterstaat [14], [2]. Gemeenten en provincies kunnen deze beleidsrichtlijn met daarin de risicocriteria IPR en MR tevens gebruiken voor het ontwikkelen van een plaatsingsbeleid van windturbines naast hun eigen wegen.

## 4.2 Risicocriteria en Toetsing: Vervoer Gevaarlijke Stoffen

Voor het vervoer van gevaarlijke stoffen moet nagegaan worden of plaatsing van de windturbines niet leidt tot een onaanvaardbaar verhoogd risico. Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het groepsrisico samenhangend met transportroutes [10] ten gevolge van het vervoer

gevaarlijke stoffen ook na de plaatsing van de windturbine aan de normen voldoet van de “Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen”[17].

Vaak is de kans op bezwijken per jaar per eenheid trajectlengte van een tankwagen (b.v. ten gevolge van aanrijdingen of andere ongelukken) bekend uit generieke databases (zie Tabel 4.1 in Bijlage D voor een overzicht met generieke databases). De windturbines mogen niet substantieel bijdragen tot een hogere bezwikkans van het transport. De maximaal toelaatbare toename moet de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag of met de eigenaar van het transport vaststellen. Vaak wordt een toename van 1% beschouwd als maximum, maar dat is geen regel. Indien de toename substantieel wordt kan besloten worden om alsnog een volledige QRA uit te voeren voor het transport. Te allen tijde mogen het PR en het GR<sub>T</sub> voor gevaarlijk transport niet worden overschreden.

In Bijlage B is een voorbeeld uitgewerkt van een tankauto die een windpark bestaande uit 20 turbines langs de weg passeert met een snelheid van 50 km per uur. In dit voorbeeld is het toegevoegde voorbeeld verwaarloosbaar klein.

### 4.3 Rekenmethode

1. *Personenvervoer*: Om te kunnen toetsen aan het IPR moet de kans per jaar worden bepaald dat één passant door een turbineonderdeel getroffen wordt conform:

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

De passant die hiervoor wordt beschouwd is die passant die jaarlijks het meest in de nabijheid van de windturbine(s) verkeert. Dit kan bijvoorbeeld een ouder zijn die haar kind te voet of per fiets naar school brengt. Ongeveer 200 dagen per jaar passeert deze ouder dagelijks de windturbine acht keer met een lage snelheid.

Om te kunnen toetsen aan het MR moet het aantal personen worden bepaald dat jaarlijks door een turbineonderdeel getroffen kan worden conform:

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

Om te toetsen aan het MR moeten de jaarlijkse trefkansen van alle passanten bij elkaar opgeteld worden.

2. *Vervoer van gevaarlijke stoffen*: De trefkans van auto's die gevaarlijke stoffen vervoeren of die bij een overslagbedrijf gevuld of geleegd worden, wordt bepaald volgens

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

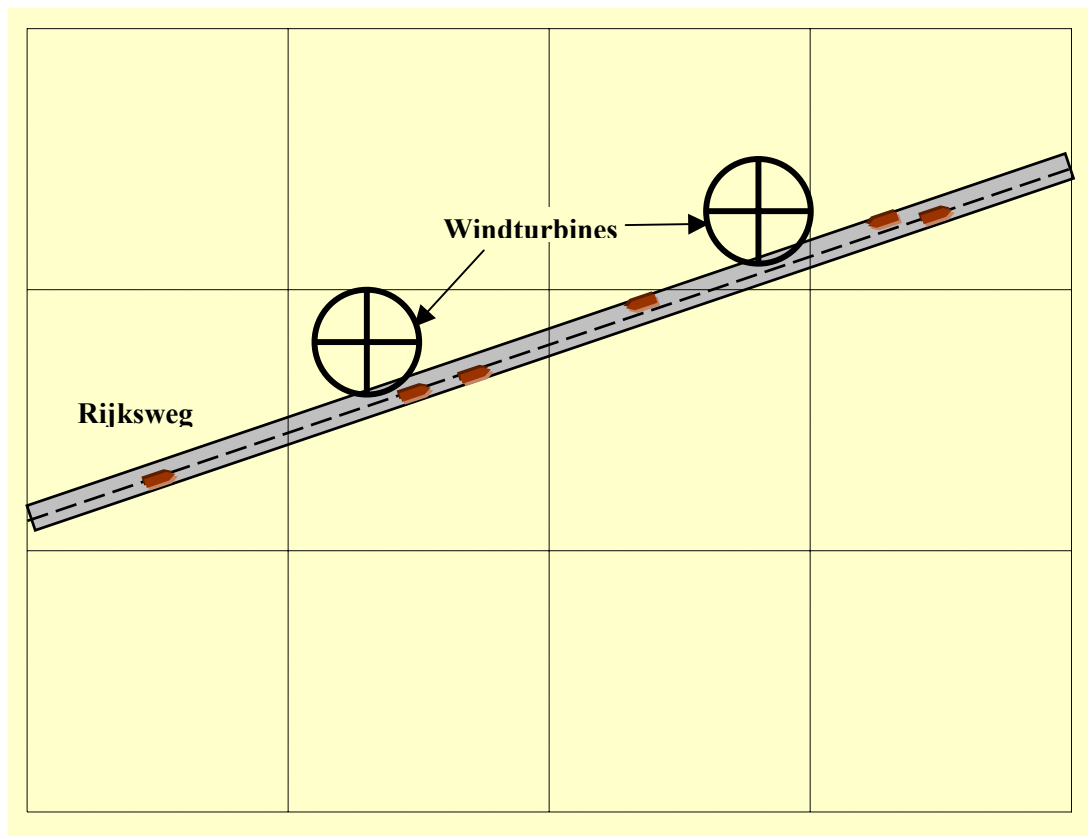
Voor het in rekening brengen van de verblijfstijd moet speciale aandacht worden gegeven aan auto's, bussen, fietsers etc. die zich langere tijd op één en dezelfde plek kunnen bevinden. Bijvoorbeeld veel voorkomende files op het stuk weg bij de windturbines, laad- en losplaatsen, en parkeerplaatsen.

Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt,  $P_{zwpt}(x,y)$ , worden berekend. Voor generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

### Voorbeeld

In onderstaande figuur is te zien dat de rand van de weg (eigendom van Rijkswaterstaat) zich bevindt op een afstand minder dan een halve rotordiameter. De rotorbladen draaien boven de weg. Het personenvervoer moet dus getoetst worden aan het IPR en MR [2], [14].

Verder moet worden nagegaan of over de weg gevaarlijke stoffen worden getransporteerd. De trefkans van een auto met gevaarlijke stoffen moet indirect getoetst worden aan het PR het  $GR_T$ . Het voorbeeld in Bijlage B, Hoofdstuk 4 is analoog aan de situatie in dit voorbeeld. Alleen het aantal turbines is nu 2 in plaats van 20 en de passeersnelheid is 80 km per uur in plaats van 50 km per uur. Hierdoor is de trefkans voor een passerende tankauto in dit geval kleiner dan in het voorbeeld in Bijlage B. De toegevoegde bezwijkkans is dus verwaarloosbaar klein.





## 5. WATERWEGEN

Evenals voor de wegen geldt dat vaarwegen ingedeeld kunnen worden naar hun beheerder op rijksniveau, provinciaal niveau, gemeentelijk niveau of private beheerder. Bij de eigenaar of beheerder van de waterweg kan informatie worden ingewonnen over de aard van het transport, het aantal passages van schepen en passanten en de geldende risicocriteria.

Rijkswaterstaat maakt onderscheid naar windturbines naast of in de Noordzee, grote wateren, en vaarwegen door kanalen en rivieren. De Noordzee wordt in dit handboek buiten beschouwing gelaten omdat dit een zeer specifiek probleem is. Voor de risicoanalyses wordt de hoofdcategorie “waterwegen” onderverdeeld in:

1. *Personenvervoer*. Hieronder vallen alle personen die zich verplaatsen over de waterweg zoals plezierboten, jachten, roeiboten, etc. en bemanning van vrachtboten (Situatie II in paragraaf 1.2.1).
2. *Vervoer van gevaarlijke stoffen*. Dit betreft bijvoorbeeld tankers met gas, diesel, benzine, of een andere gevaarlijke stof (Situatie IV in paragraaf 1.2.1)..

### 5.1 Risicocriteria en Toetsing: Personenvervoer

Waterwegen worden **niet** gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. Windturbines geplaatst op eigendommen van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat en Rijkswaterstaat is zelf ook de vergunningverlener. Deze beleidsregel geldt niet voor provinciale vaarwegen of gemeentelijke vaarwegen. Voor dit soort wegen zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing.

#### 5.1.1 Rijksvaarwegen

Windturbines geplaatst op eigendommen van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat [2,14] en Rijkswaterstaat is zelf ook de vergunningverlener. In die situaties waarin de windturbine(s) niet op het eigendom van Rijkswaterstaat worden geplaatst, maar wel in de nabijheid van een rijksvaarweg, verzoekt Rijkswaterstaat het bevoegde gezag rekening te houden met de afstanden zoals in de beleidsregel zijn vermeld.

Het risico t.g.v. het falen van een windturbine is alleen van toepassing voor artikel 4 uit de beleidsregel, welke betrekking heeft op vaarwegen. Artikel 4 is hieronder gegeven. Een kwantitatieve risicoanalyse kan geëist worden wanneer plaatsing niet voldoet aan Artikel 4. E.e.a. is weergegeven in de beslisregel in Fig. 5.1.

#### **Artikel 4 Kanalen, rivieren en havens**

1. Langs kanalen, rivieren en havens wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van tenminste 50m uit de rand van de vaarweg.
2. Binnen 50m uit de rand van de vaarweg wordt plaatsing slechts toegestaan indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat er geen hinder voor wal- en scheepsradar optreedt. De minimale afstand tot de rand van het vaarweg is altijd tenminste de helft van de rotordiameter.
3. Het bepaalde onder het eerste en tweede lid laat onverlet de toepassing van de Beleidslijn ruimte voor de rivier.
4. Plaatsing mag geen visuele hinder opleveren voor het scheepvaartverkeer en bedienend personeel van kunstwerken. Het zicht op vaarwegmarkeringstekens mag niet doorplaatsing van windturbines worden afgeschermd.

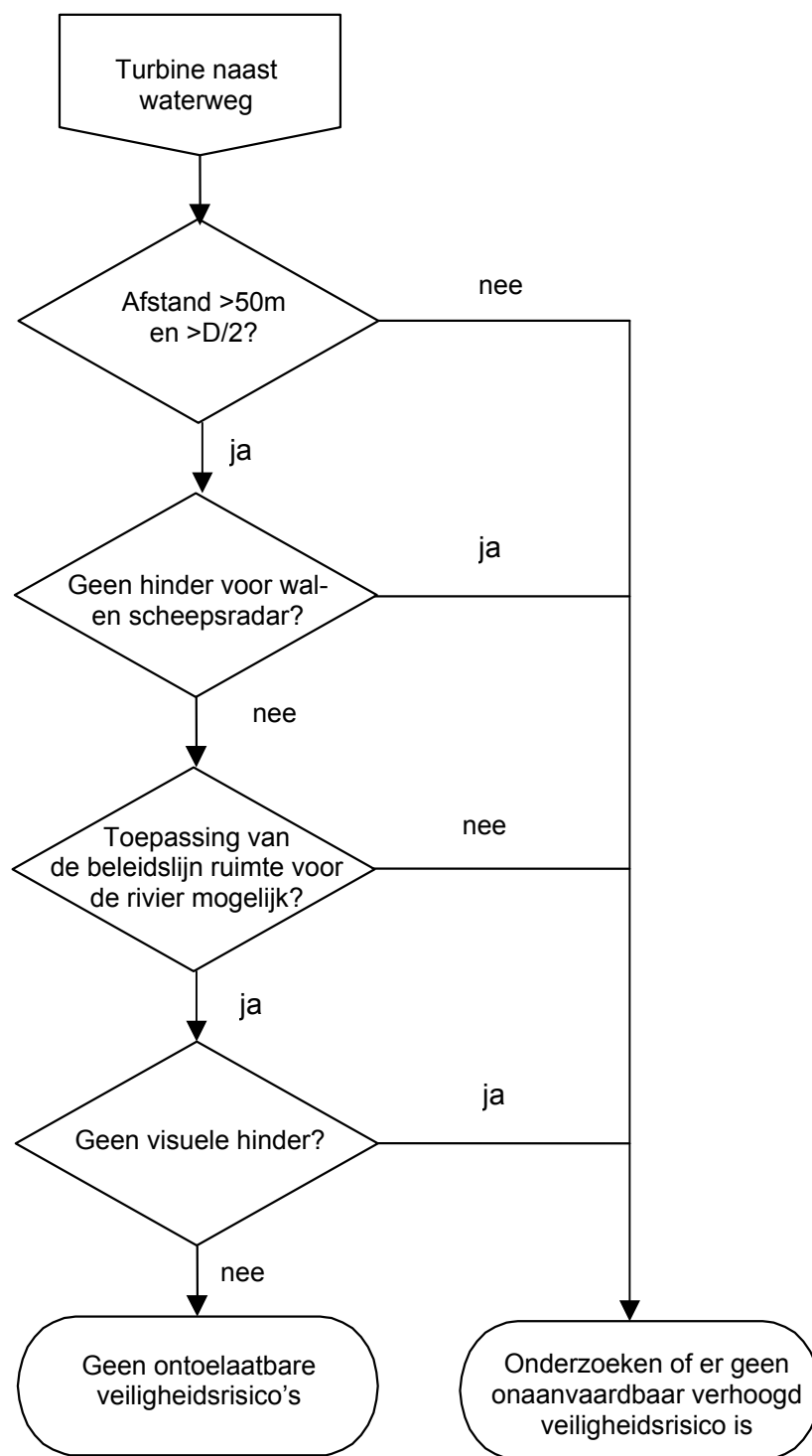


Fig. 5.1: *Beslisregel om na te gaan wanneer er aanvullende risicoanalyses moeten worden uitgevoerd*

Wanneer er volgens de beleidsregels van Rijkswaterstaat een aanvullende risicoanalyse noodzakelijk is dan zijn het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) van toepassing (Zie bijlage D, Hoofdstuk 3 en [2], [14]).

### 5.1.2 Overige Waterwegen

Waterwegen worden **niet** gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. Voor alle wegen die geen eigendom zijn van Rijkswaterstaat maar bijvoorbeeld van de provincie of de gemeente, zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing.

In het verleden is regelmatig gebleken dat het bevoegd gezag toch een risicoanalyse wilde hebben van een nieuw te ontwikkelen windturbineproject naast hun vaarwegen. Om de risicoanalyse toch te kunnen beoordelen werd getoetst aan de beleidsrichtlijn van Rijkswaterstaat [14], [2]. Gemeenten en provincies kunnen deze beleidsrichtlijn met daarin de risicocriteria IPR en MR tevens gebruiken voor het ontwikkelen van een plaatsingsbeleid van windturbines naast hun eigen waterwegen.

## 5.2 Risicocriteria en Toetsing: Vervoer Gevaarlijke Stoffen

Voor vervoer van gevaarlijke stoffen moet nagegaan worden of plaatsing van de windturbines leidt tot een onaanvaardbaar verhoogd risico. Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het groepsrisico samenhangend met transportroutes [10] ten gevolge van het vervoer gevaarlijke stoffen ook na de plaatsing van de windturbine aan de normen voldoet van de “Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen” [17].

Vaak is de kans op bezwijken per jaar per eenheid trajectlengte van een tanker (b.v. ten gevolge van aanvaringen of andere ongelukken) bekend uit generieke databases (zie Tabel 4.1 in Bijlage D voor een overzicht met generieke databases). De windturbines mogen niet substantieel bijdragen tot een hogere bezwikkans van het transport. De maximaal toelaatbare toename moet de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag of met de eigenaar van het transport vaststellen. Vaak wordt een toename van 1% beschouwd als maximum, maar dat is geen regel. Indien de toename substantieel wordt kan besloten worden om alsnog een volledige QRA uit te voeren voor het transport. Te allen tijde mogen het PR en het GR<sub>T</sub> voor gevaarlijk transport niet worden overschreden.

## 5.3 Rekenmethode

1. *Personenvervoer*: Om te kunnen toetsen aan het IPR moet de kans per jaar worden bepaald dat één passant door een turbineonderdeel getroffen wordt conform:

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

De passant die hiervoor wordt beschouwd is die passant die jaarlijks het meest in de nabijheid van de windturbine(s) verkeert. Dit kan bijvoorbeeld een schipper van een vrachtboot zijn die dagelijks 2 keer per dag het windpark passeert.

Om te kunnen toetsen aan het MR moet het aantal personen worden bepaald dat jaarlijks door een turbineonderdeel getroffen kan worden conform:

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

Om te toetsen aan het MR moeten de jaarlijkse trefkansen van alle passanten bij elkaar opgeteld worden.

2. *Vervoer van gevaarlijke stoffen*: De trefkans van schepen die gevaarlijke stoffen vervoeren of die bij een overslagbedrijf geladen of gelost worden, wordt bepaald volgens

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreek; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

Voor het in rekening brengen van de verblijfstijd moet speciale aandacht worden gegeven aan boten en schepen die zich langere tijd op één en dezelfde plek kunnen bevinden, bijvoorbeeld jachthavens, laad- en losplaatsen, of plaatsen waar goederen worden overgeslagen.

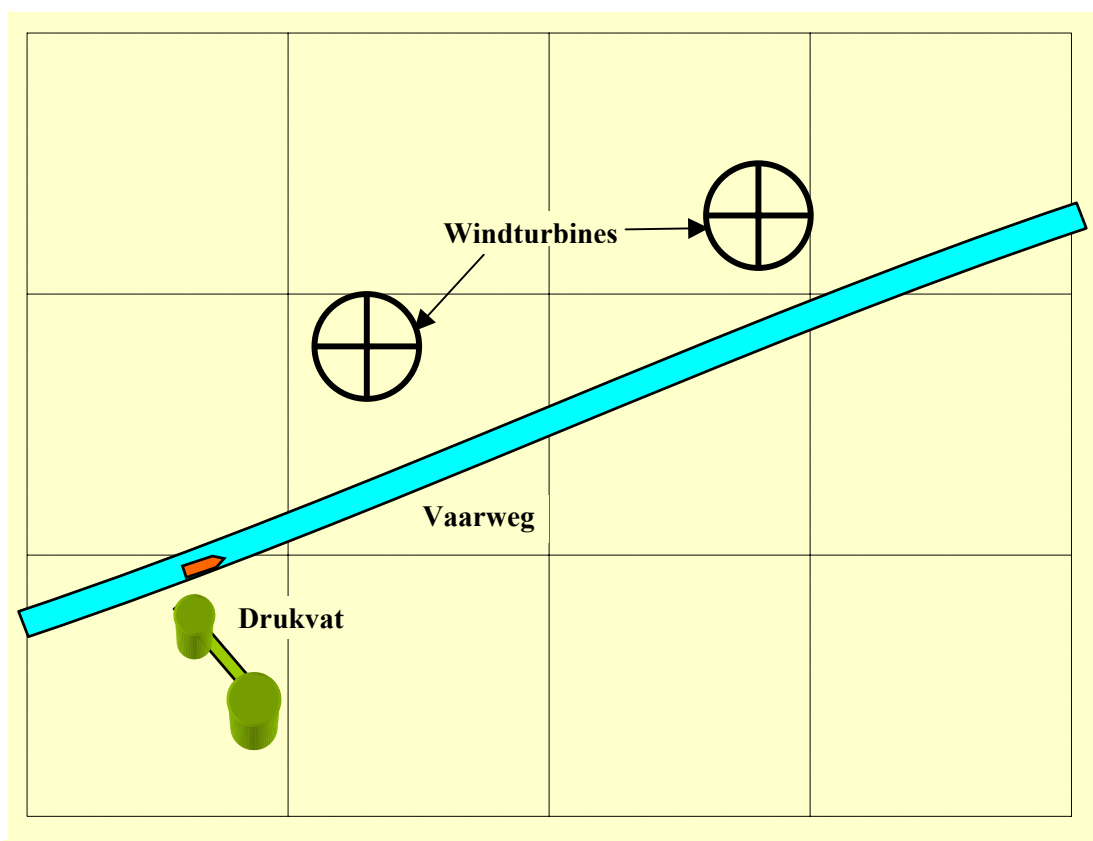
Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt,  $P_{zwpt}(x,y)$ , worden berekend. Voor generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

#### Voorbeeld

De vaarweg is eigendom van de gemeente. Voor deze vaarweg zijn geen algemene veiligheidsnormen van toepassing. Wanneer de gemeente toch een risicoanalyse wil laten uitvoeren en toetsen kan ze gebruik maken van de beleidsrichtlijn van Rijkswaterstaat.

De vaarweg bevindt zich op meer dan een halve rotordiameter en meer dan 50 meter van de turbines. Voor passerende schepen hoeft geen risicoanalyse te worden uitgevoerd.

Bij navraag blijkt dat bij het drukvat drie keer per maand explosief gas onder hoge druk wordt overgepompt van een schip naar het drukvat. De trefkans van het schip met de explosieve lading is kleiner dan 1% van de generieke bezwijkkans van gastankers zoals die in het “paarse boek” (CPR 18E) gegeven zijn. Het bevoegd gezag besluit dat de toename van het risico verwaarloosbaar klein is. (De risico's voor het drukvat worden in Hoofdstuk 7 beschouwd.)



## 6. SPOORWEGEN

Nagenoeg alle spoorwegen in Nederland vallen onder de verantwoordelijkheid van Railinfrabeheer (RIB). RIB moet een vergunning verstrekken voor plaatsing van windturbines wanneer een (deel van een) rotorblad binnen het beheersgebied draait. Het beheersgebied van RIB strekt zich uit tot 7,85 meter uit het hart van het naastliggend spoor. *(2,85 meter in verband met onder andere bovenleidingportalen en 5 meter omdat de draaiende delen van de windturbine 5 meter uit de bovenleiding moeten blijven en omdat de turbine niet boven de spoorweg mag draaien.)* De vergunningverlenende bevoegdheid van RIB is beperkt tot het gebied zoals dat intern bij RIB is vastgesteld. Wanneer windturbines in de nabijheid van een spoorweg worden gebouwd, maar buiten het beheersgebied van RIB is toestemming van RIB wel noodzakelijk. RIB beschouwt een afstand tot ongeveer 100 m als “in de nabijheid”.

RIB en Rijkswaterstaat Directie Zuid-Holland hebben een visie ontwikkeld inzake plaatsingsmogelijkheden van windturbines [2]. Deze visie is door NS vertaald naar plaatsingsadvies voor windturbines binnen het beheersgebied van RIB.

In verband met de spoorwegveiligheid moeten in elk geval bij ieder verzoek tot plaatsing twee aspecten worden beoordeeld, te weten:

- 1) de afstand tot de spoorweg;
- 2) het veiligheidsrisico.

Ad. 1) Ten aanzien van de minimaal vereiste afstand van de mast tot het spoor heeft RIB het volgende vastgesteld:

$$\text{Minimale afstand} = 2,85 \text{ m} + 5,0 \text{ m} + \text{halve rotordiameter.}$$

Ad. 2) Ten aanzien van het veiligheidsrisico kan RIB een risicoanalyse eisen. RIB kan dit vragen voor zowel de vergunningverlening als voor het geven van toestemming wanneer een windturbine in de nabijheid van een spoorweg maar buiten het beheersgebied wordt geplaatst. Voor de risicoanalyses wordt de hoofdcategorie “spoorwegen” onderverdeeld in:

1. *Personenvervoer*. Hieronder vallen alle personen die zich per trein verplaatsen zoals personentreinen en personeel van goederentreinen met ongevaarlijke goederen (Situatie II in paragraaf 1.2.1).
2. *Vervoer van gevaarlijke stoffen*. Dit betreft bijvoorbeeld treinen met tankwagons met gas, diesel, chloor, benzine etc. (Situatie IV in paragraaf 1.2.1). Het bovengenoemd plaatsingsadvies geldt ook ten aanzien van emplacementen en raccordementen. Met betrekking tot deze twee merkt de richtlijn van RIB het volgende op “... dat nog nader onderzoek moet worden verricht naar de consequenties hiervan voor Externe Veiligheid in relatie tot vervoer gevaarlijke stoffen”. In dit handboek is dit aspect nader uitgewerkt.

Bij RIB kan de projectontwikkelaar informatie inwinnen over de aard van het transport, het aantal passages van personen en goederentreinen en de geldende risicocriteria.

### 6.1 Risicocriteria en Toetsing: Personenvervoer

Voor personenvervoer dient het risico voor passanten te voldoen aan het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) (Zie bijlage D, Hoofdstuk 3 en [2]).

## 6.2 Risicocriteria en Toetsing: Vervoer Gevaarlijke Stoffen

Voor vervoer van gevaarlijke stoffen moet nagegaan worden of plaatsing van de windturbines niet leidt tot een onaanvaardbaar verhoogd risico. Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het groepsrisico samenhangend met transportroutes [10] ten gevolge van het vervoer gevaarlijke stoffen ook na de plaatsing van de windturbine aan de normen voldoet van de “Nota Risiconormering Vervoer Gevaarlijke Stoffen” [17].

Vaak is de kans op bezwijken per jaar per eenheid trajectlengte van een trein (b.v. ten gevolge van aanrijdingen of andere ongelukken) bekend uit generieke databases (zie Tabel 4.1 in Bijlage D voor een overzicht met generieke databases). De windturbines mogen niet substantieel bijdragen tot een hogere bezwijkkans van het transport. De maximaal toelaatbare toename moet de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag of met de eigenaar van het transport vaststellen. Vaak wordt een toename van 1% beschouwd als maximum, maar dat is geen regel. Indien de toename substantieel wordt kan besloten worden om alsnog een volledige QRA uit te voeren voor het transport. Te allen tijde mogen het PR en het  $GR_T$  voor gevaarlijk transport niet worden overschreden.

## 6.3 Rekenmethode

1. *Personenvervoer*: Om te kunnen toetsen aan het IPR moet de kans per jaar worden bepaald dat één passant door een turbineonderdeel getroffen wordt conform:

- Bijlage C.1: Bladbreuk; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreuk; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

De passant die hiervoor wordt beschouwd is die passant die jaarlijks het meest in de nabijheid van de windturbine(s) verkeert. Dit kan bijvoorbeeld een forens zijn die 200 dagen per jaar, 2 keer per dag een windpark passeert.

Om te kunnen toetsen aan het MR moet het aantal personen worden bepaald dat jaarlijks door een turbineonderdeel getroffen kan worden conform:

- Bijlage C.1: Bladbreuk; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreuk; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

Om te toetsen aan het MR moeten de jaarlijkse trefkansen van alle passanten bij elkaar opgeteld worden.

2. *Vervoer van gevaarlijke stoffen*: De trefkans van tankwagons die gevaarlijke stoffen vervoeren of die bij een overslagbedrijf geladen of gelost worden, wordt bepaald volgens

- Bijlage C.1: Bladbreuk; Hoofdstuk 2 en Paragraaf 3.3;
- Bijlage C.2: Mastbreuk; Paragraaf 1.2.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

Voor het in rekening brengen van de verblijfstijd moet speciale aandacht worden gegeven aan treinen die zich langere tijd op één en dezelfde plek kunnen bevinden, bijvoorbeeld op stations en rangeerterreinen.

Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt,  $P_{zwpt}(x,y)$ , worden berekend. Voor generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

## 7. INDUSTRIE

Voor industriegebieden wordt onderscheid gemaakt naar de volgende typen inrichtingen [1].

1. Inrichtingen die onder de *generieke regels* vallen en overige stationaire inrichtingen.
2. *BRZO-plichtige inrichtingen* (Besluit Risico's Zware Ongevallen) waarvoor géén kwantitatieve risicoanalyse (QRA) vereist wordt.
3. *BRZO-plichtige inrichtingen* waarvoor een kwantitatieve risicoanalyse vereist wordt.

Daarnaast is er nog de categorie "*lichte industrie*" zoals werkplaatsen en kantoren, waar niet in continuïteit gewerkt wordt en waar geen of slechts kleine hoeveelheden gevaarlijke stoffen worden gebruikt. Vanuit het oogpunt van risicoanalyses is deze categorie verder als "beperkt kwetsbare objecten" te beschouwen en te behandelen volgens de richtlijnen in Hoofdstuk 3 "Bebouwing".

De projectontwikkelaar dient na te gaan welke activiteiten plaatsvinden op het nabijgelegen bedrijventerrein. Bij de eigenaar of beheerder van het bedrijventerrein of bij de gemeente of provincie kan hij navragen welke type inrichtingen zich op het terrein bevinden en of de inrichtingen BRZO-plichtig zijn.

Voor windturbines geplaatst op of naast een inrichting is situatie III uit paragraaf 1.2.1 van toepassing. Inrichtingen worden niet gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. De inrichtingen zelf moeten voldoen aan het plaatsgebonden risico, PR, en het groepsrisico voor inrichtingen, GR<sub>I</sub>.

Voor de industriegebieden geldt dat incidenten met windturbines direct en indirect tot slachtoffers kunnen leiden. Incidenten kunnen *direct* leiden tot slachtoffers wanneer medewerkers op of buiten de inrichting rechtstreeks door een blad worden getroffen.

Incidenten kunnen *indirect* leiden tot slachtoffers wanneer bijvoorbeeld een leidingbrug door een afbrekend blad wordt getroffen. De leidingbrug kan falen, waarna giftige gassen ontsnappen die kunnen leiden tot slachtoffers op of buiten de inrichting. In feite vormt een windturbine een extra initiërende gebeurtenis die de reeds bestaande kans op falen van de risicobron kan verhogen. Dit wordt ook het domino-effect genoemd. Indien het risico van een inrichting wordt verhoogd door plaatsing van een windturbine, kunnen aan de plaatsing van deze windturbine, gelet op de algemene principes van de Wet milieubeheer en het concept "*Besluit kwaliteitseisen externe veiligheid inrichtingen milieubeheer*" [16], eisen worden gesteld. Het handboek biedt een aanpak om het toegevoegde risico voor een inrichting te kwantificeren.

### 7.1 Risicocriteria en Toetsing

Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het plaatsgebonden risico, PR, en het groepsrisico voor inrichtingen, GR<sub>I</sub>, ten gevolge van de bestaande risicobron ook na de plaatsing van de windturbine voldoet aan de wettelijke (dan wel beleids-) normen die voor de risicovolle inrichtingen gelden. Het PR en GR<sub>I</sub> zijn van toepassing op kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten buiten de inrichting of buiten het industrieterrein.

Om na te gaan of het PR en GR van de inrichtingen na plaatsing van de windturbines nog steeds voldoen aan de criteria, kunnen de volgende toetsingsmethoden gebruikt worden. (Zie ook Bijlage D, Hoofdstuk 4.)

#### 7.1.1 Inrichtingen: Generieke Regels

De normen voor PR en GR<sub>I</sub> mogen na plaatsing van de windturbines niet worden overschreden.

Voor de inrichtingen die onder de generieke regels vallen kan, als rekening moet worden gehouden met treffen door een blad, mast of gondel, een veel zwaarder Most Credible Accident gaan gelden dan waarmee in een generieke regeling rekening is gehouden. Dit soort inrichtingen, voorheen als nagenoeg risicoloos beschouwd, worden door de bouw van windturbines risicovoller. Denk

bijvoorbeeld aan een bovengronds gasstation, waarvan de huidige geldende veiligheidsafstanden niet zijn gebaseerd op een guillotinebreuk en ontsteking van een voedingsleiding, hetgeen bij een treffer door een turbineonderdeel wel zou kunnen plaatsvinden. Dit soort inrichtingen kan dus kwetsbaar blijken voor windturbines. In deze gevallen kan een QRA noodzakelijk zijn.

Voor faalmechanismen die in de generieke regelingen wél zijn beschouwd, zijn de faalfrequenties per jaar vaak bekend uit generieke databases (bijvoorbeeld Tabel 4.1 in Bijlage D). Met de beheerder van de inrichting moet worden afgestemd of de uit de databases bekende generieke faalfrequenties voor de specifieke situatie van toepassing zijn. De windturbine mag niet substantieel bijdragen tot een hogere faalfrequentie van de inrichting. De maximaal toelaatbare toename van de faalfrequentie moet door de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag en de eigenaar van de risicogevoelige inrichting worden vastgesteld. Vaak wordt een toename van 1% als maximum beschouwd maar dit is geen regel.

### 7.1.2 Inrichtingen: BRZO-Plichtige zonder QRA

De normen voor PR en GR<sub>T</sub> mogen na plaatsing van de windturbines niet worden overschreden.

Voor BRZO-plichtige inrichtingen waarvoor geen QRA is uitgevoerd kan, als rekening moet worden gehouden met treffen door een blad, mast of gondel, een veel zwaarder Most Credible Accident gaan gelden dan in de reeds beschreven ongevalsscenario's en de daarbijbehorende preventieve maatregelen. Dit soort inrichtingen kan dus kwetsbaar blijken voor windturbines. In deze gevallen kan een QRA noodzakelijk zijn.

Voor faalmechanismen die in de ongevalsscenario's van de inrichting wél zijn beschouwd, zijn de faalfrequenties per jaar vaak bekend uit generieke databases (bijvoorbeeld Tabel 4.1 in Bijlage D). Met de beheerder van de inrichting moet worden afgestemd of de uit de databases bekende generieke faalfrequenties voor de specifieke situatie van toepassing zijn. De windturbine mag niet substantieel bijdragen tot een hogere faalfrequentie van de inrichting. De maximaal toelaatbare toename van de faalfrequentie moet door de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag en de eigenaar van de risicogevoelige inrichting worden vastgesteld. Vaak wordt een toename van 1% als maximum beschouwd maar dit is geen regel.

Stel dat een tank een intrinsieke faalfrequentie heeft van  $3 \cdot 10^{-4}$  per jaar waarbij een gevaarlijke stof vrijkomt. De kans dat een windturbineonderdeel de tank treft is bepaald op  $2 \cdot 10^{-6}$  per jaar. Een treffer hoeft niet persé tot falen van de tank te leiden. Het bevoegd gezag kan beslissen of deze trefkans voldoende laag is en of het risico niet substantieel toeneemt. In dit geval neemt de kans op falen van de tank met maximaal 0,7% toe. Indien het bevoegd gezag de trefkans te hoog vindt kan besloten worden om een verdere analyse uit te voeren van de gevolgschade, b.v. de kans dat de tank daadwerkelijk faalt tengevolge van de treffer. Wanneer ook dit niet afdoende is kan besloten worden om alsnog een volledige kwantitatieve risicoanalyse uit te voeren voor de risicogevoelige inrichting.

### 7.1.3 Inrichtingen: BRZO-Plichtige met QRA

De normen voor PR en GR<sub>I</sub> mogen na plaatsing van de windturbines niet overschreden worden.

Voor BRZO plichtige inrichtingen waarvoor een kwantitatieve risicoanalyse is uitgevoerd moet het toegenomen risico ten gevolge van de windturbine worden bepaald, bijvoorbeeld door aanpassen van de bestaande QRA waarbij de risico's ten gevolge van de windturbines worden beschouwd.

## 7.2 Rekenmethode

De trefkansen van objecten op industriegebieden zoals opslagtanks, kantoren e.d. dienen berekend te worden conform de methoden in Bijlage C.1 (H. 2 en par. 3.4).



Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt Pzwpt (x,y), worden berekend. Voor generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

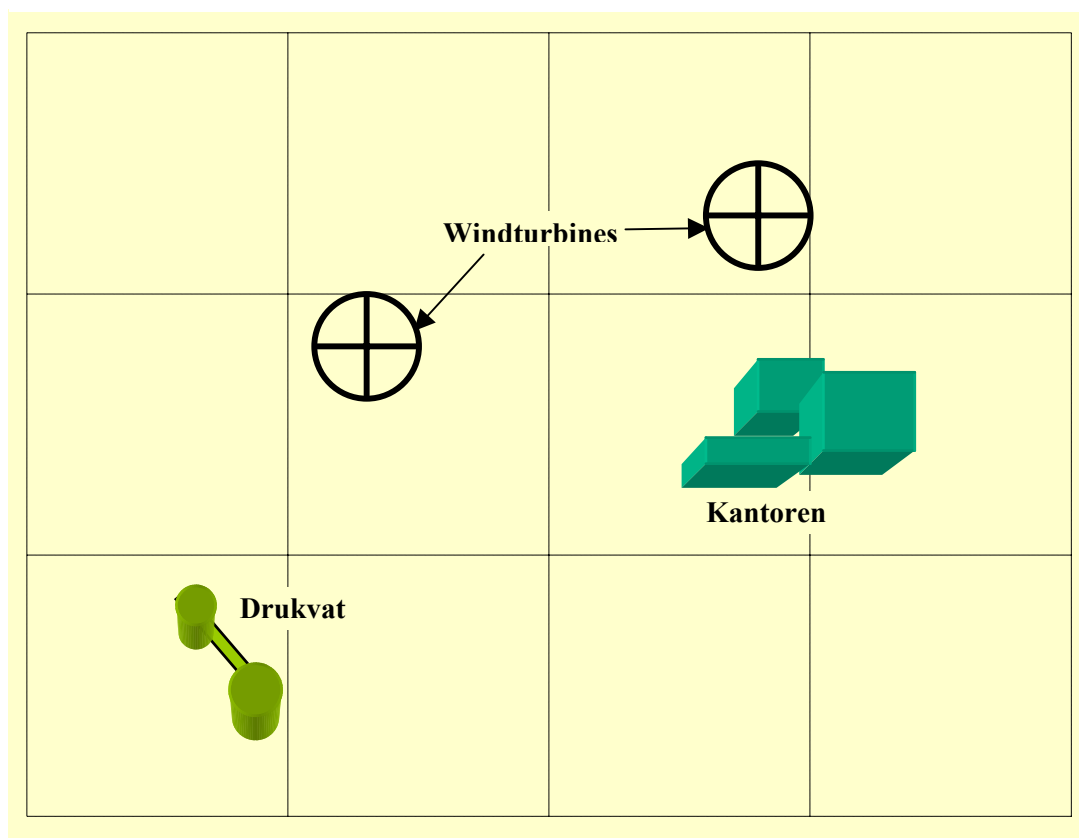
### 7.3 Contactorgaan

1. Inrichtingen waarvoor een *generieke regeling* geldt: gemeente in overleg met de eigenaar van de installatie. (Meer informatie over inrichtingen waarvoor generieke regelingen gelden kan worden gevonden in de AMvB's, besluiten, circulaire's en CPR richtlijnen.)
2. *BRZO-plichtig*: provincie (soms gemeente) in overleg met eigenaar van de inrichting.

#### Voorbeeld

Bij navraag blijkt dat het drukvat een BRZO-plichtige inrichting is waarvoor geen QRA is uitgevoerd. De berekende kans dat een afbrekend blad het drukvat treft is kleiner dan 1% van de generieke bezwijkkans van drukvaten zoals die in het "paarse boek" (CPR 18E) gegeven zijn. Het bevoegd gezag besluit dat toegenomen risico verwaarloosbaar klein is.

De kantoren zijn te beschouwen als "niet kwetsbare objecten" en zijn reeds behandeld in Hoofdstuk 3 "Bebouwing".



## 8. ONDERGRONDSE TRANSPORTLEIDINGEN EN KABELS

Ondergrondse leidingen en kabels kunnen door afbrekende turbineonderdelen worden beschadigd. Leidingen waardoor gevaarlijke stoffen worden getransporteerd kunnen na beschadiging lek raken, hetgeen kan leiden tot slachtoffers. Wanneer de overige leidingen en kabels worden beschadigd kan dit leiden tot procesonderbreking of milieuschade. Ondergrondse transportleidingen en kabels worden voor het doel in dit handboek onderverdeeld in:

1. Leidingen waardoor *gevaarlijke stoffen* worden getransporteerd, zoals aardgasleidingen of hoge druk leidingen.
2. Leidingen waardoor *ongevaarlijke stoffen* worden getransporteerd, zoals drinkwaterleidingen, rioleringen, en stadsverwarming.
3. *Kabels*, zoals kabels voor elektriciteitsvoorziening, centrale antenne, en telecommunicatie.

In het kader van risicoanalyses hoeven kabels en leidingen waardoor ongevaarlijke stoffen worden getransporteerd verder niet te worden beschouwd. Er zijn geen risicocriteria waaraan getoetst hoeft te worden. De trefkans wordt berekend conform Bijlage C.1 (H. 2 en par. 3.2). Met de berekende trefkans kunnen de projectontwikkelaar en de eigenaar van de kabels of leidingen een inschatting maken van de bezwijkkans en de mogelijke economische schade.

De hierna volgende paragrafen hebben alleen betrekking op leidingen waardoor gevaarlijke stoffen worden getransporteerd.

Incidenten met windturbines kunnen *indirect* leiden tot slachtoffers wanneer bijvoorbeeld een leiding wordt beschadigd. In feite vormt een windturbine een extra initiërende gebeurtenis die de reeds bestaande kans op falen van de risicobron kan verhogen. Dit wordt ook het domino-effect genoemd. Indien het risico van een leiding wordt verhoogd door plaatsing van een windturbine, kunnen aan de plaatsing van deze windturbine, gelet op de algemene principes van de Wet milieubeheer en het concept “*Besluit kwaliteitseisen externe veiligheid inrichtingen milieubeheer*” [16], eisen worden gesteld. Het handboek biedt een aanpak om het toegevoegde risico voor een inrichting te kwantificeren.

### 8.1 Risicocriteria en Toetsing

In het algemeen vallen ondergrondse transportleidingen waardoor gevaarlijke stoffen worden getransporteerd onder generieke regelingen. (Ondergrondse transportleidingen op een inrichting vallen onder de categorie “Industrie” zoals behandeld in Hoofdstuk 7.) Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het plaatsgebonden risico, PR, en het groepsrisico voor inrichtingen, GR<sub>I</sub>, ten gevolge van de risicobron ook na de plaatsing van de windturbine voldoet aan de wettelijke (dan wel beleids-) normen die voor de risicovolle inrichtingen gelden

Voor leidingbreuk zijn de faalfrequenties per jaar vaak bekend uit generieke databases (bijvoorbeeld Tabel 4.1 in Bijlage D). Met de beheerder van de transportleidingen moet worden afgestemd of de uit de databases bekende generieke faalfrequenties voor de specifieke situatie van toepassing zijn. De windturbine mag niet substantieel bijdragen tot een hogere faalfrequentie van de leiding. De maximaal toelaatbare toename van de faalfrequentie moet door de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag en de beheerder van de leiding worden vastgesteld. Vaak wordt een toename van 1% als maximum beschouwd maar dit is geen regel.

### 8.2 Rekenmethode

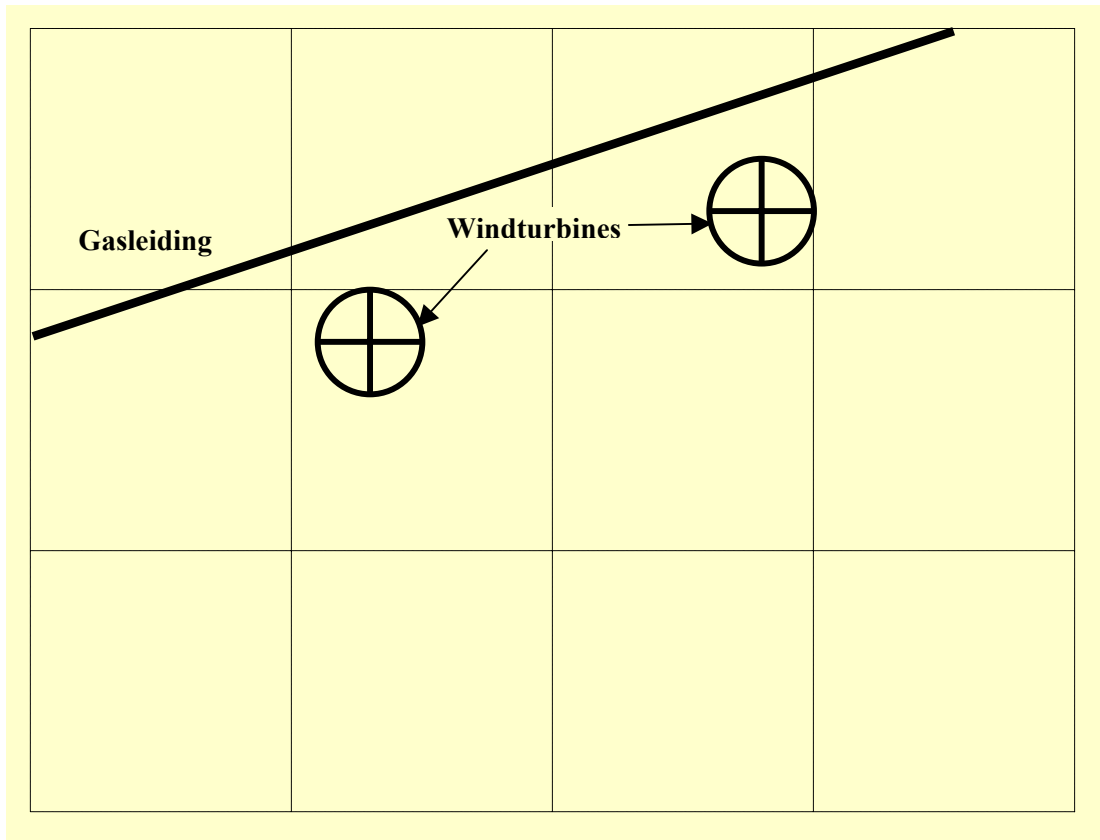
De kans dat een leiding wordt getroffen dient berekend te worden conform

- Bijlage C.1: Bladbreek; Paragraaf 3.2;

Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt,  $P_{zwpt}(x,y)$ , worden berekend. Voor generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

#### Voorbeeld

In een eerste benadering is de trefkans van het leidingtracé bepaald. Het blijkt dat de trefkans van het leidingtracé van dezelfde orde grootte is als de bezwijkkans van leidingen volgens generieke databases. Een meer gedetailleerde analyse waarbij ook de diepte van de leiding, de diameter, de rotatie van het blad, en de kinetische energie in het blad is beschouwd laat zien dat de kans op bezwijken van de leiding een factor 1000 lager is dan de trefkans van het leidingtracé. De eigenaar beoordeelt dat het toegenomen risico verwaarloosbaar klein is en dat de gasleiding ook na plaatsing van de windturbines nog steeds aan de geldende risicocriteria blijft voldoen.



## 9. BOVENGRONDSE LEIDINGEN

Bovengrondse leidingen en leidingbruggen kunnen door afbrekende turbineonderdelen beschadigd raken. Leidingen waardoor gevaarlijke stoffen worden getransporteerd kunnen na beschadiging lek raken en leiden tot slachtoffers. Wanneer de overige leidingen worden beschadigd kan dit leiden tot procesonderbreking of milieuschade. Bovengrondse leidingen worden onderverdeeld in:

1. Leidingen waardoor *gevaarlijke stoffen* worden getransporteerd, zoals aardgasleidingen, hoge druk leidingen, of leidingen met gevaarlijke chemicaliën.
2. Leidingen waardoor *ongevaarlijke stoffen* worden getransporteerd, zoals drinkwaterleidingen.

In het kader van risicoanalyses hoeven bovengrondse leidingen waardoor ongevaarlijke stoffen worden getransporteerd verder niet te worden beschouwd. Er zijn geen criteria waaraan getoetst kan worden. De trefkans wordt berekend conform Bijlage C.1 (H. 2 en par. 3.2). Met de berekende trefkans kunnen de projectontwikkelaar en de eigenaar van leidingen een inschatting maken van de bezwijkkans en de mogelijke economische schade. De hierna volgende paragrafen hebben alleen betrekking op leidingen waardoor gevaarlijke stoffen worden getransporteerd.

Incidenten met windturbines kunnen *indirect* leiden tot slachtoffers wanneer bijvoorbeeld een leiding wordt beschadigd. In feite vormt een windturbine een extra initiërende gebeurtenis die de reeds bestaande kans op falen van de risicobron kan verhogen. Dit wordt ook het domino-effect genoemd. Indien het risico van een leiding wordt verhoogd door plaatsing van een windturbine, kunnen aan de plaatsing van deze windturbine, gelet op de algemene principes van de Wet milieubeheer en het concept “*Besluit kwaliteitseisen externe veiligheid inrichtingen milieubeheer*” [16], eisen worden gesteld. Het handboek biedt een aanpak om het toegevoegde risico voor een inrichting te kwantificeren.

### 9.1 Risicocriteria en Toetsing

In het algemeen vallen leidingen waardoor gevaarlijke stoffen worden getransporteerd onder generieke regelingen. (Bovengrondse transportleidingen op een inrichting vallen onder de categorie “Industrie” zoals behandeld in Hoofdstuk 7.) Het handboek beveelt aan dat de vergunningverlener er op toeziet dat het plaatsgebonden risico, PR, en het groepsrisico voor inrichtingen, GR<sub>I</sub>, ten gevolge van de risicobron ook na de plaatsing van de windturbine voldoet aan de wettelijke (dan wel beleids-) normen die voor de risicovolle inrichtingen gelden.

Voor leidingbreuk zijn de faalfrequenties per jaar vaak bekend uit generieke databases (bijvoorbeeld Tabel 4.1 in Bijlage D). Met de beheerder van de transportleidingen moet worden afgestemd of de uit de databases bekende generieke faalfrequenties voor de specifieke situatie van toepassing zijn. De windturbine mag niet substantieel bijdragen tot een hogere faalfrequentie van de leiding. De maximaal toelaatbare toename van de faalfrequentie moet door de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag en de beheerder van de leiding worden vastgesteld. Vaak wordt een toename van 1% als maximum beschouwd maar dit is geen regel.

### 9.2 Rekenmethode

De kans dat een leiding wordt getroffen dient berekend te worden conform Hoofdstuk 2 en

- Bijlage C.1: Bladbreek; Hoofdstuk 2 en paragraaf 3.2;
- Bijlage C.2: Mastbreek.
- Bijlage C.3: Incidenten binnen de Rotordiameter

Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt,  $P_{zwpt}(x,y)$ , worden berekend. Voor

generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

## 10. HOOGSPANNINGSLIJNEN

Wanneer afbrekende windturbineonderdelen bovengrondse kabels treffen, met name hoogspanningslijnen, is het onwaarschijnlijk dat er direct of indirect slachtoffers ontstaan. De reden om hoogspanningslijnen in dit handboek toch apart te beschouwen is dat bezwijken van de lijnen tot grote maatschappelijke ontwrichting kan leiden. De netbeheerders hebben een leveringsplicht waaraan ze moeten voldoen.

Naast het afbreken van turbineonderdelen waardoor de hoogspanningslijnen kunnen bezwijken, is er ook een ander bezwijkmechanisme, nl. lijndansen, wat invloed heeft op de zonering. Het fenomeen lijndansen is verder uitgewerkt in Bijlage E en wordt verder behandeld in paragraaf 10.3 “Overige Plaatsingscriteria”.

### 10.1 Risicocriteria en Toetsing

Criteria met betrekking tot veiligheid zijn er niet. Onderzocht moet worden of de kans op bezwijken ten gevolge van plaatsing van de windturbines kan leiden tot een verhoogde bezwijkkans. Vaak is bij netbeheerders de bezwijkkans van diverse typen hoogspanningslijnen bekend. De windturbines mogen niet substantieel bijdragen tot een hogere bezwijkkans van de leiding. De maximaal toelaatbare toename moet de projectontwikkelaar in overleg met het bevoegd gezag of met de eigenaar van de inrichting vaststellen. Vaak wordt een toename van 1% beschouwd als maximum, maar dat is geen regel.

### 10.2 Rekenmethode

De kans dat een hoogspanningslijn wordt getroffen dient berekend te worden conform de rekenregels voor bovengrondse leidingen, zie Bijlage C.1 “Bladbreek” (H. 2 en par. 3.2) en Bijlage C.2 “Mastbreek”.

Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt,  $P_{zwp}(x,y)$ , worden berekend. Voor generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

### 10.3 Overige Plaatsingscriteria

Bij de plaatsing van windturbines in de nabijheid van hoogspanningslijnen kunnen als gevolg van de verhoogde turbulentie in het zog van een windturbine extra trillingen worden veroorzaakt in de lijnen.

Hoogspanningsmasten en –lijnen worden ontworpen conform [11] en [12]. Bij het ontwerp wordt rekening gehouden met een aantal toestanden, die verband houden met de windbelasting:

- *Uiterste grenstoestand en de bruikbaarheidsgrenstoestand.* Deze treden op bij extreme stormcondities. Bij de extreme windcondities die worden gehanteerd in de berekeningen staan windturbines stil. In het werkgebied van de windturbine zijn de windbelastingen in het windturbinezog altijd lager dan de ontwerpwindbelastingen.
- *Lijntrillingen.* Door wervelafschudding kan een hoogspanningslijn in trilling geraken. Wanneer de afschudfrequentie samenvalt met de eigenfrequentie van de lijn kan dit tot opslingering leiden. Normaal zijn lijnen sterk aerodynamisch gedempt en speelt dit effect geen rol. Hoewel bij grote windturbines de omwentelingsfrequentie van de rotor kan samenvallen met de eigenfrequentie van hoogspanningslijn, leidt dit niet tot opslingering omdat de windfluctuaties over de veldlengte van de lijn uitmiddelen.
- *Lijndansen.* Hoogspanningslijnen kunnen door ijsafzetting een onrond profiel krijgen. Bij een ongunstige aanstroming kan dit leiden tot zeer ernstige trillingen van de lijn. Windturbines worden

vaak uitgerust met een ijsdetectie-systeem, dat er voor zorgt dat de windturbine wordt stilgezet in deze situaties om te voorkomen dat stukken ijs kunnen rondvliegen. Dit voorkomt daarmee ook dat lijndansen kan optreden.

Er is geen reden om aan te nemen dat de aanwezigheid van windturbines de levensduur van de lijn negatief beïnvloedt. Wanneer er in de praktijk toch blijkt dat er ongewenste trillingen optreden, dan kan dit door toepassing van trillingsdempers eenvoudig worden verholpen.

De afstanden tussen onder spanning staande delen en de windturbine moeten ten minste gelijk zijn aan  $a_{\min}$ . Hiervoor geldt:

$$a_{\min} = a_S + a_V + a_{VR}$$

waarin:

- $a_{\min}$  is de minimale afstand, in [m];
- $a_S$  is de spanningsafstand, in [m];
- $a_V$  is de veiligheidstoeslag, in [m];
- $a_{VR}$  is de vrije ruimte in [m].

In [12] zijn deze waarden per situatie nader aangegeven. Bepalend voor de minimum afstand tot de windturbine is de maximale uitslag van de geleider bij een extreme windbelasting en het spanningsniveau van de geleider.

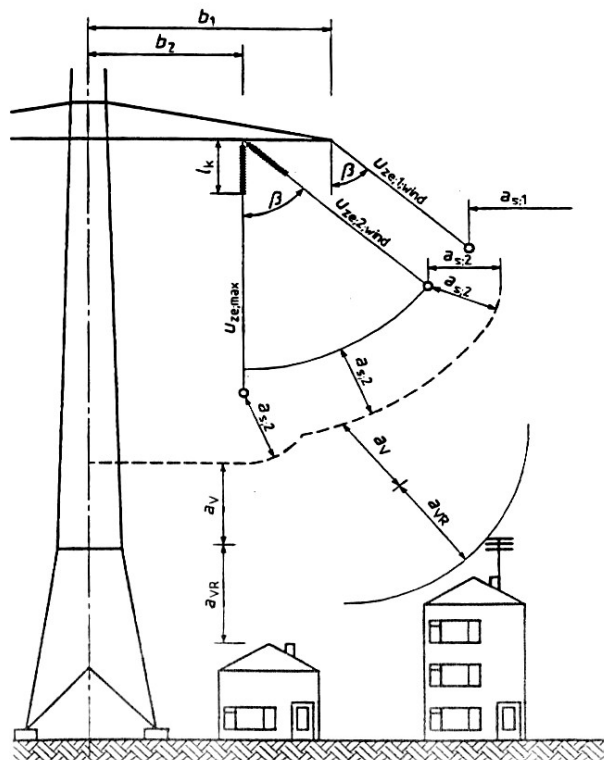


Fig. 12.1: Afstanden tot objecten.

## 10.4 Contactorgaan

Regionale netbeheerders en TenneT

## 11. DIJKLICHAMEN EN WATERKERINGEN

Waterkeringen kunnen worden ingedeeld naar hun functie in primaire dijken (water-land), secundaire dijken (land-land) en dammen (water-water). Waterkeringen zijn in beheer bij rijkswaterstaat of de waterschappen. De dijkbeheerders in Nederland moeten ervoor zorgen dat hun primaire waterkeringen voldoen aan de veiligheidseisen die de Wet op de waterkeringen stelt. De toetsing dient te worden uitgevoerd aan de hand van de Leidraad toetsen op veiligheid (Leidraad) [4], uitgebracht door de Technisch Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW). Echter, er is geen specifieke op windturbines toegespitst beoordelingsschema opgenomen in de Leidraad.

Dijklichamen die worden getroffen door afbrekende windturbineonderdelen kunnen schade oplopen en indirect leiden tot slachtoffers. Daarnaast zijn er ten gevolge van de plaatsing van windturbines nabij dijklichamen ook andere bezwijkmechanismen mogelijk waardoor de dijklichamen hun oorspronkelijke functie niet meer volledig kunnen vervullen. In [5] zijn naast calamiteiten met de windturbine nog vijf mogelijke faalmechanismen aangegeven (lokale en interne erosie, zetting, afschuiven, en zettingsvloeiing). Deze worden in dit handboek verder niet behandeld. Het belang van de verschillende veiligheidsaspecten is afhankelijk van de plaats van een windturbine in het dwarsprofiel.

Rijkswaterstaat heeft interne beleidsregels opgesteld voor primaire waterkeringen, artikel 7 in [14].

### **Artikel 7 Primaire waterkeringen**

1. Plaatsing van windturbines wordt niet toegestaan in de kernzone van de primaire waterkering. Onder kernzone wordt verstaan het eigenlijke dijk-, duin- of damlichaam zijnde de primaire waterkering als bedoeld in de Wet op de waterkering.
2. Plaatsing van windturbines buiten de kernzone van de primaire waterkering, wordt slechts toegestaan mits dit geen negatieve gevolgen heeft voor de waterkerende functie van de primaire waterkering conform de veiligheidsnorm van artikel 3 Wet op de waterkering.
3. Het bepaalde in het eerste en tweede lid geldt onverminderd het bepaalde in artikel 3, 4, 5 en 6.

### 11.1 Risicocriteria en Toetsing

Risicocriteria waaraan de resultaten van een risicoanalyse getoetst kunnen worden zijn niet voorhanden. In het algemeen kan gesteld worden dat de risico's als gevolg van het plaatsen van windturbines niet mogen leiden tot een verhoogde bezwijkkans van de dijklichamen. Generieke bezwijkkansen van dijklichamen zijn niet voorhanden.

Elke dijkkring in Nederland is ontworpen en getoetst aan een Maatgevende Hoogwaterstand (MHW). De kans dat deze waterstand niet gekeerd kan worden is afhankelijk van de economische functies in het achterland. Veel voorkomende waarden zijn één keer in de 1250, 2000 of 10.00 jaar; voor een dijk bij Rotterdam gelden strengere eisen dan voor bijvoorbeeld een dijk bij het IJsselmeer.

De resultaten van een risicoanalyse van een windturbine kunnen getoetst worden aan de ontwerpwaarden die zijn gebruikt voor de kans van voorkomen van een MHW.

### 11.2 Rekenmethode

De kans dat een dijklichaam wordt getroffen dient berekend te worden conform de rekenregels voor ruimtelijke objecten in Bijlage C.1 “Bladbreuk” (H. 2 en par. 3.4), en Bijlage C.2 “Mastbreuk” en Bijlage C.3 “Incidenten binnen de Rotordiameter”. Let wel, de rekenmethode beperkt zich tot het bepalen van de trefkans door een turbineonderdeel. Het bepalen van de gevolgschade aan het



dijklichaam wordt in de bijlage niet behandeld. De gevolgschade is namelijk erg afhankelijk van de grondsoort van de dijk, zijn functie, enz. Het vaststellen van de gevolgschade dient in overleg met de beheerder van het dijklichaam te gebeuren.

Voor het bepalen van de trefkans van objecten cf. Bijlage C moet eerst de kans dat het zwaartepunt van het afgebroken blad op een bepaalde plaats terechtkomt,  $P_{\text{zwpt}}(x,y)$ , worden berekend. Voor generieke windturbines met een vermogen van 500 kW, 1000 kW, 1500 kW, 2000 kW zijn deze kansen bepaald en gegeven in Bijlage B, Hoofdstuk 3, Figuur 3.6.

### 11.3 Contactorgaan

Bij plaatsing van windturbines nabij waterkeringen is een vergunning of ontheffing noodzakelijk op grond van de Wet Beheer Rijkswaterstaatswerken (WBR) of de geldende provinciale dijkverordening. De vergunningverlenende instantie is de dienstkring van Rijkswaterstaat of het waterschap.

- Rijkswaterstaat
- Waterschappen

## 12. STRAALPADEN

### *Radio- en TV-Signalen*

Het transport van spraak, data en radio- en tv-signalen verloopt via verschillende ‘kanalen’, zoals glasvezelkabels en zogenaamde straalpaden. Voor de toepassing van windenergie zijn deze straalpaden, een denkbeeldige rechte lijn tussen een zender en een ontvanger, van belang. Installaties die in of nabij een straalpad staan, kunnen de signaaloverdracht verstoren of verzwakken.

In dit handboek is onderscheid gemaakt tussen beschermde en onbeschermde straalpaden. Het beschermde straalpad wordt hoofdzakelijk gebruikt voor het transport van radio- en tv-signalen. Een overzichtskaart van deze straalpaden en de coördinaten van de zend- en ontvangstinstallaties zijn gegeven in Fig. 12.2. Onbeschermde straalpaden worden gebruikt voor het mobiele telefoonverkeer. Het beschermde straalpadennetwerk is in handen van KPN Telecom Netwerkdiensten. KPN maakt zelf steeds minder gebruik van dit netwerk en gebruikt in toenemende mate glasvezels voor het vaste telefoon verkeer. Recent wordt dit netwerk ook gebruikt door derden. In de nabije toekomst zal Defensie eveneens gebruik gaan maken van dit net.

Om een gegarandeerde beschikbaarheid van 99,9% te realiseren, dienen bouwwerken en installaties op een zekere afstand van het straalpad te staan. De afstand voor relatief kleine installaties, zoals windturbines, is daarbij kleiner dan voor bijvoorbeeld flatgebouwen. Voor windturbines gelden de onderstaande eisen [15].

### *Onbeschermende Straalpaden (Mobiele Telefontie)*

Voor dit type straalpaden geldt geen beperkingen voor het plaatsen van windturbines. Eventuele verstoring van signalen door een windturbine is eenvoudig te ondervangen door het plaatsen van een extra zender en ontvanger op de mast van deze windturbine.

### *Beschermde Straalpaden (Vaste Telefonie en Radio- en TV-Signalen)*

De afstand tussen de hartlijn van een windturbinetoren en de hartlijn van een beschermd straalpad dient groter te zijn dan de rotorstraal, met een minimum van 35 meter. Dat betekent dat rotorbladen van (grote) windturbines maximaal door de helft van het ‘centrale deel’ van het straalpad mogen draaien. Binnen een straal van 1 km van een zend-/ontvangstinstallatie, dient de afstand van de tip van de rotor tot aan de hartlijn van het straalpad 35 meter te zijn: hartlijn windturbinetoren tot hartlijn zend-/ontvangstmast is daar dus de rotorstraal + 35 m. In Fig. 12.1 is dit schetsmatig aangegeven, waarbij de schaalverdeling in verticale richting relatief is uitvergroot. Binnen de getrokken lijnen mogen géén windturbines staan.

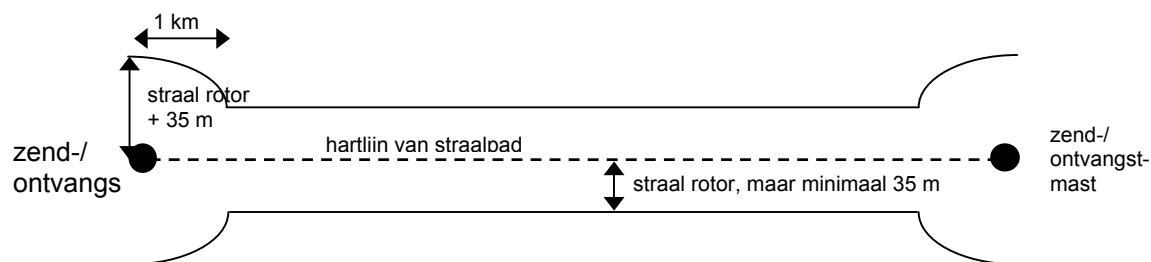


Fig. 12.1 Schetsmatige weergave van de hartlijn van een straalpad met daar omheen een vrije ruimte van 35 m

In die gevallen waar twee of meer turbines van één (gepland) windpark met een deel van de rotorbladen binnen de 35 meter lijnen komen, dient goedkeuring te worden verkregen van KPN Telecom Netwerkdiensten. Zij beoordelen dan of plaatsing alsnog is toegestaan.

De hier genoemde afstanden zijn overeengekomen met de beheerder van de beschermde straalpaden, KPN Telecom Netwerkdiensten.

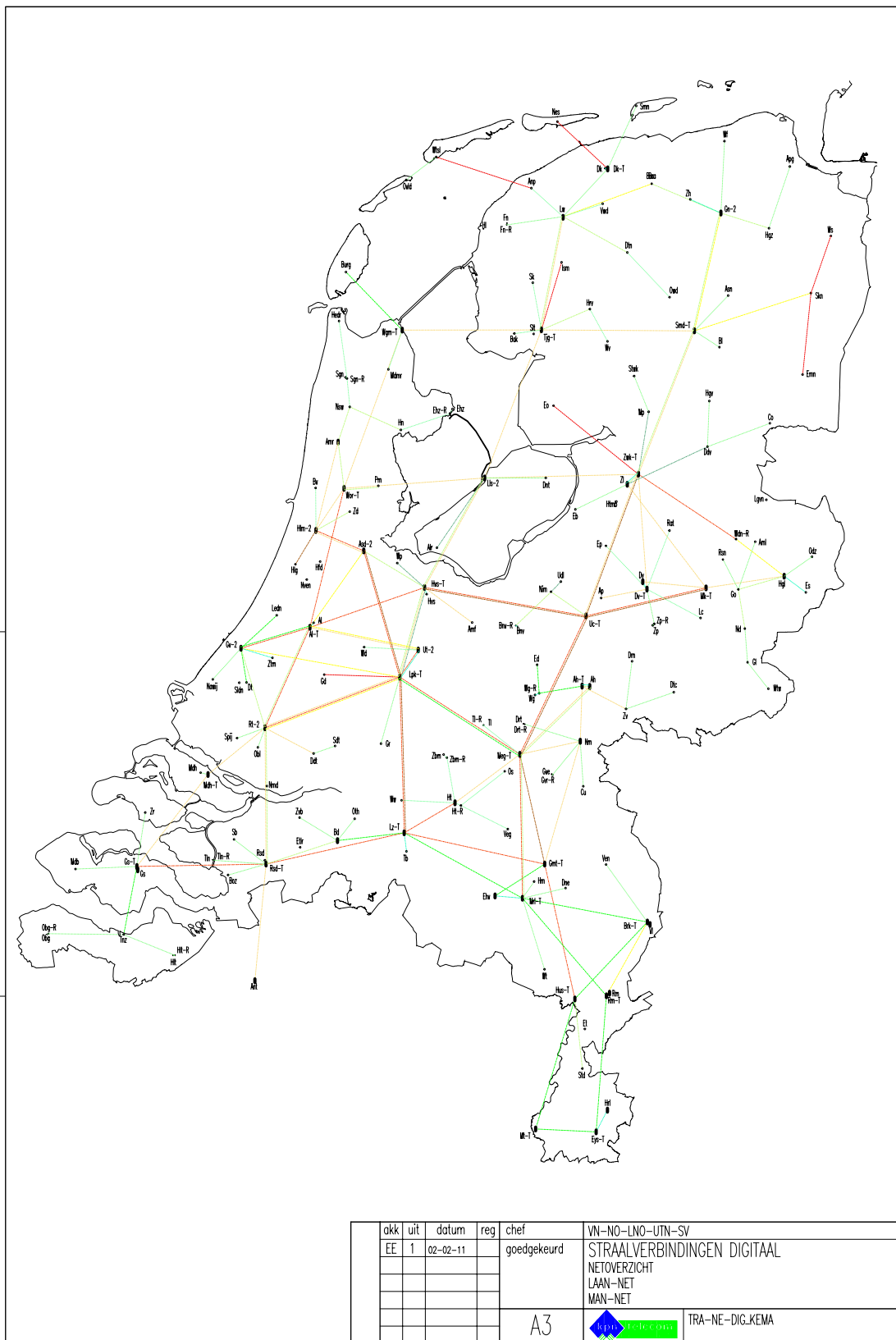


Fig. 12.2: Overzicht straalpaden in Nederland (Bron KPN)

### 13. REFERENTIES

- [1] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM): *Handreiking externe veiligheid voor inrichtingen*, VNG uitgeverij, Den Haag, 1996, ISBN 90 322 7122 9  
VROM: *Handreiking externe veiligheid voor inrichtingen*, brochure VROM 98340-02/h/11-98 15371/179, November 1998
- [2] *Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen; Beoordeling van veiligheidsrisico's*, Rijkswaterstaat en NS Railinfrabeheer, Doc. Nr. VRWP-99004, 15 april 1999.
- [3] *Besluit Voorzieningen en Installaties Milieubeheer*, Algemene Maatregel van Bestuur, Staatsblad 2001 487, 18 oktober 2001.
- [4] *Leidraad Toetsen op Veiligheid*, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, Delft augustus 1999.
- [5] *Veiligheidsbeoordeling van plaatsing van windturbines op dijken en dammen, concept richtlijnen*, Fugro BV, Leidschendam 1989.
- [6] *Windmolens langs autosnelwegen en op de waterkeringen Houtribdijk en Afsluitdijk*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft 1993.
- [7] Committee for the Prevention of Disasters: *Guidelines for Quantitative Risk Assessment*, CPR 18E, The Hague 1999, ("Purple Book")
- [8] IEC 61400-1, 2<sup>nd</sup> edition 1999, "*Wind turbine generator systems – Part 1: Safety Requirements*"
- [9] NVN 11400-0: "*Windturbines – Deel 0: Voorschriften voor typecertificatie – Technische eisen*", 1999
- [10] Ministeries van VROM en Verkeer en Waterstaat: "*Handreiking Externe Veiligheid Vervoer Gevaarlijke Stoffen*", VNG Uitgeverij Den Haag, 1998, ISBN 90 322 7141 5
- [11] NEN-EN 50341-3: "*Bovengrondse Elektrische Lijnen Boven 45 kV Wisselspanning – Deel 3: Verzameling van Nationale Normatieve Aspecten*" Final Draft.
- [12] NEN 1060: "*Bovengrondse Hoogspanningslijnen*"
- [13] J.W. Cleijne: "*Richtlijnen voor Onderlinge Afstanden Tussen Windturbines en Hoogspanningslijnen*", KEMA Power Generation & Sustainables; januari 2002.
- [14] Ministerie van Verkeer en Waterstaat – Directoraat-generaal Rijkswaterstaat, "*Ontwerp Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken*".
- [15] H. Hutting: "*Straalpadmetingen Windpark Creil*", KEMA, 1988.
- [16] Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu (VROM): Concept "*Besluit kwaliteitseisen externe veiligheid inrichtingen milieubeheer*", februari 2002.
- [17] Nota Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen; Kamerstuk II, 1996, 24611, nrs 1-2.