



Agentschap NL
Ministerie van Economische Zaken

Handboek Risicozonering Windturbines

Eindversie

3^e, geactualiseerde versie mei 2013

en

Herziene versie 3.1 september 2014

opgesteld door DNV GL

C.J. Faasen

P.A.L. Franck

A.M.H.W. Taris

in opdracht van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland

INHOUDSOPGAVE HANDBOEK

1.	INLEIDING	6
1.1	Windenergie en veiligheidsrisico's	6
1.2	Actualisatie Handboek 2013	6
1.3	Reikwijdte van dit Handboek	7
2.	VEILIGHEIDSEISEN VOOR WINDTURBINES	10
2.1	Eisen opgelegd vanuit wetgeving	10
2.2	Toetscriteria	15
3.	GEBRUIK VAN HET HANDBOEK	17
3.1	Welke risico's vormen windturbines voor hun omgeving?	19
3.2	Welke personen en objecten lopen risico?	20
3.3	Op welke manier worden trefkansen voor personen en objecten bepaald?	22
3.4	Aan welke criteria moet getoetst worden?	24
4.	BEBOUWING	27
4.1	Afstand	27
4.2	Risicomethodiek	28
4.3	Risicocriteria	28
4.4	Rekenvoorbeeld	29
5.	WEGEN	30
5.1	Afstand	30
5.2	Risicomethodiek	31
5.3	Risicocriteria	31
5.4	Rekenvoorbeeld	33
5.5	Contact	33
6.	WATERWEGEN	34
6.1	Afstand	34
6.2	Risicomethodiek	34
6.3	Risicocriteria	35
6.4	Rekenvoorbeeld	37
6.5	Contact	37
7.	SPOORWEGEN	38
7.1	Afstand	38
7.2	Risicomethodiek	39
7.3	Risicocriteria	39
7.4	Contact	40

8.	INDUSTRIE	41
8.1	Risicomethodiek	41
8.2	Risicocriteria	42
8.3	Rekenvoorbeeld	43
9.	BUISLEIDINGEN	45
9.1	Adviesafstanden	45
9.2	Rekenmethodiek	46
9.3	Risicocriteria en toetsing	46
9.4	Rekenvoorbeeld	47
9.5	Contact	48
10.	HOOGLANNINGSINFRASTRUCTUUR	49
	Afstand	49
10.1	Risicoanalyse en -criteria	50
10.2	Contact	50
12.	DIJKLICHAAMEN EN WATERKERINGEN	51
12.1	Afstand	51
12.2	Risicocriteria en Toetsing	51
12.3	Contact	52
13.	BRONMAATREGELEN EN MITIGERENDE MAATREGELEN	53
13.1	Bronmaatregelen	53
13.2	Mitigerende maatregelen	56
	REFERENTIES	58
	DEFINITIES EN AFKORTINGEN	60

BIJLAGE A: ONGEVALSCENARIO'S EN FAALSTATISTIEK	A-1
1 Faalscenario's	A-4
2 Faalstatistiek	A-5
2.1 Update faalstatistiek	A-5
2.2 Bladbreuk	A-13
2.3 Mastbreuk	A-14
2.4 Gondel- en/of rototafworp	A-15
2.5 Resultaat	A-16
3 Ruimtelijke Trefkansdichtheidsverdelingen	A-18
3.1 Bladafworp	A-18
3.2 Mastbreuk	A-22
3.3 Gondel- en/of rotorafworp	A-22
BIJLAGE B: GENERIEKE GEGEVENS	B-1
1 Inleiding	B-2
2 Turbineparameters als functie van het nominale vermogen	B-4
3 Generieke risicocontouren	B-10
4 Conclusies	B-16
BIJLAGE C: REKENMETHODIEK WERPAFSTANDEN EN TREFKANSEN	C-1
Bijlage C.1: Bladbreuk	C-5
1 Inleiding	C-6
2 Werpmodellen	C-9
2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten	C-10
2.2 Ballistisch model met luchtkrachten	C-12
2.3 Ongevallenscenario's	C-16
3 Trefkansberekeningen	C-18
3.1 Personen (Plaatsgebonden Risico)	C-18
3.2 Wegen	C-19
3.3 Ruimtelijke objecten	C-21
3.4 Gebieden	C-28
4 Referenties	C-29
Bijlage C.2: Mastbreuk	C-30
5 Trefkansberekeningen	C-31
5.1 Personen (Plaatsgebonden Risico)	C-31
5.2 Infrastructuur	C-32
5.3 Ruimtelijke objecten	C-34
5.4 Gebieden	C-35
Bijlage C.3: Incidenten binnen de rotordiameter	C-36
6 Scenario's	C-37

6.1	Afvallen van Gondel en Rotor	C-37
6.2	Kleine onderdelen uit de Gondel of de Rotor	C-37
6.3	Bladfragmenten na Botsing met Toren	C-37
6.4	Ijsafwerping	C-38
Bijlage C.4: Incidenten met buisleidingen en elektrische infrastructuur		C-39
7	Bovengrondse buisleidingen en hoogspanningslijnen	C-40
8	Ondergrondse buisleidingen en ondergrondse hoogspanningskabels	C-50
BIJLAGE D: RISICOCRITERIA		D-1
1	Inleiding	D-3
1.1	Directe Risico's	D-4
1.2	Indirecte Risico's	D-5
2	Criteria externe veiligheid inrichtingen	D-8
2.1	Inleiding	D-8
2.2	Plaatsgebonden risico (PR) en Groepsrisico (GR)	D-9
2.3	Interpretatie voor Windturbines	D-12
2.4	Toetsingscriteria voor Windturbines	D-12
3	Risiconormering volgens Prorail en Rijkswaterstaat	D-15
3.1	Aanleiding	D-15
3.2	Veiligheidsfilosofie en Criteria	D-16
3.3	Beleidsregel voor het Plaatsen van Windturbines op, in of over Rijkswaterstaatswerken	D-20
4	Indirecte risico's	D-29
4.1	Niet-categoriale inrichtingen	D-30
4.2	Categoriale Inrichtingen	D-31
4.3	Vervoer Gevaarlijke Stoffen	D-32
4.4	Generieke Databases	D-32
5	Referenties	D-34
BIJLAGE E: Windturbine en Veiligheid: Locatieafweging (AnteaGroup en NWEA)		E-1

1. INLEIDING

1.1 Windenergie en veiligheidsrisico's

Windenergie is belangrijk voor het halen van de Nederlandse doelen voor klimaat en duurzame energie. Bij de plaatsing van windturbines staat veiligheid voor de omgeving voorop. De kans dat een windturbine een veiligheidsrisico oplevert, is zeer klein (windturbines moeten immers aan strenge veiligheidseisen voldoen) maar niet uitgesloten. Mogelijke risico's rond een windturbine zijn het afbreken van de gondel, mastbreuk of het afbreken van een blad. Voordat de overheid toestemming geeft voor de bouw van een windturbine, kan ze om een kwantitatieve risicoanalyse vragen. Dit Handboek Risicozonering Windturbines kan worden gebruikt als een praktijkrichtlijn voor het uitvoeren van een risicoanalyse voor windturbines.

1.2 Actualisatie Handboek 2013

Voor u ligt de derde versie (versie 3.1) van het Handboek Risicozonering Windturbines (hierna: Handboek). Dit is een actualisatie van het Handboek uit 2005. Het oorspronkelijke Handboek is in 2000 opgesteld. Versie 3.0 van het Handboek is in 2013 uitgebracht. Versie 3.1 uit 2014 verschilt hiervan door het actuele wettelijk- en beleidskader in beeld te brengen en een aantal storende verschijvingen uit versie 3.0 te verbeteren.

Het in 2000 verschenen Handboek is door ECN samengesteld in opdracht van Novem (nu: Rijksdienst Ondernemend Nederland, ofwel RVO.nl) met als doel een uniforme methode te bieden voor het uitvoeren van kwantitatieve risicoanalyses en voor het toetsen van de resultaten aan acceptatiecriteria. Dit Handboek bood antwoord op de vraag van zowel projectontwikkelaars als overheden naar een algemeen geldende methode om veiligheidsrisico's van windturbines te berekenen voor diverse omgevingsaspecten waaronder bijvoorbeeld gasinfrastructuur en wegen.

In 2005 is een actualisatie van het Handboek uitgebracht. SenterNovem (nu onderdeel van RVO.nl) heeft toen aan ECN en KEMA opdracht gegeven om het Handboek te actualiseren door verder in te gaan op turbines met grotere vermogens en het Handboek aan te vullen met rekenvoorbeelden.

Vanwege de verdere ontwikkeling van de windturbintetechnologie, aangepaste wetgeving, het feit dat rekenmodellen verouderd waren en dat diverse infrastructuur steeds vaker gebundeld of geclusterd met windturbines wordt gerealiseerd, is het wenselijk en noodzakelijk de eventuele risico's op een consistente en eenduidige wijze in kaart te brengen. Daarom heeft Agentschap NL (nu RVO.nl) in 2012 opdracht gegeven aan DNV KEMA om het Handboek opnieuw te actualiseren. Hierbij zijn de resultaten van het rapport: "Rekenmethodiek zonering windturbines in relatie tot gas- en elektrische infrastructuur" (2012), dat in opdracht van Gasunie en TenneT tot stand is gekomen, overgenomen. In

dat rapport zijn nieuwe faalfrequenties voor windturbines afgeleid, is een aanpassing van de rekenmodellen van gasinfrastructuur doorgevoerd en zijn rekenmodellen voor hoogspanningsinfrastructuur toegevoegd. Deze actualisatie van het Handboek bevat:

- uitbreiding van generieke gegevens met turbines met een vermogen vanaf 3 MW,
- actualisatie van de faalscenario's en faalstatistieken,
- actualisatie van de regelgeving, onder andere het Activiteitenbesluit,
- aanpassing van rekenmodellen voor gasinfrastructuur en overige leidingen voor het transport van gevaarlijke stoffen
- uitbreiding met rekenmodellen voor hoogspanningsinfrastructuur,
- actualisatie van regelgeving en beleidsuitgangspunten van Ministeries, Rijkswaterstaat, ProRail, Gasunie en TenneT,
- verbetering van de leesbaarheid en toegankelijkheid van het Handboek.

Tijdens deze actualisatie is een aantal overheden en belanghebbende partijen via een klankbordgroep betrokken geweest:

- Ministeries: Infrastructuur & Milieu
 Rijkswaterstaat
 Economische Zaken, Landbouw en Innovatie; Agentschap NL
 Volksgezondheid, Welzijn en Sport; RIVM
- Beheerders infrastructuur: N.V. Nederlandse Gasunie
 ProRail
 VELIN (Vereniging van leiding eigenaren in Nederland)
 TenneT TSO B.V.
- Beheerder havengebied Rotterdam: Havenbedrijf Rotterdam
- Windenergiesector: NWEA

De inhoudelijke wijzigingen hebben vooral betrekking op de hoofdtekst van het Handboek en de bijlagen A (Ongevalsscenario's en faalstatistiek), B (Generieke gegevens) en C (Rekenmethodiek werpafstanden en trefkansen). Bijlage D (Risicocriteria) is op enkele kleine correcties na ongewijzigd gebleven..

Bijlage E bevat een inlegvel 'Windturbine en Veiligheid; Locatieafweging'. Dit inlegvel is opgesteld door Antea Group/adviesgroep SAVE, in opdracht van NWEA. Het inlegvel geeft een overzicht van de diverse bestuurlijke toestemmingen en de hierbij behorende afwegingen.

1.3 Reikwijdte van dit Handboek

Het Handboek biedt een praktijkrichtlijn of handreiking om een kwantitatieve risicoanalyse voor de risico's van windturbines op de omgeving op een eenduidige en consistente wijze te kunnen uitvoeren.

Ook kunnen eigenaren van infrastructurele werken het handboek gebruiken om risico's te bepalen bij het uitbreiden van hun infrastructuur in de nabijheid van windturbines.

Advies is om bij het opstellen van ruimtelijke plannen al het Handboek te gebruiken. Het is immers vereist dat het bevoegd gezag een afweging maakt of voldaan wordt aan de geldende wet- en regelgeving inclusief beleid en richtlijnen. Hierbij dient rekening gehouden te worden dat de plaatsing van windturbines gevolgen kan hebben voor andere toekomstige ruimtelijke ontwikkelingen. Omgekeerd kunnen andere ruimtelijke ontwikkelingen ook gevolgen hebben voor de toekomstige vergunningverlening van windturbines. Door vroegtijdig gebruik te maken van het Handboek kan het bevoegd gezag een afweging maken over welke ruimtelijke ontwikkeling zij wenselijk acht.

De reikwijdte van het Handboek betreft de volgende type windturbines:

- met stalen mast en kunststof bladen,
- die zijn gecertificeerd volgens IEC normen NEN-EN-IEC 61400-1 editie 3 [7] en IEC-61400-22 [8].

NB: Van windturbines met betonnen of hybride masten ontbreekt faalstatistiek. De generieke waarden van het Handboek zijn daarom van toepassing op windturbines met stalen masten.

Voor situaties die buiten de reikwijdte van dit Handboek vallen, kunnen aanpassingen aan de rekenmethodiek besproken worden met het RIVM. Het RIVM heeft hiervoor het 'Protocol aanpassing rekenmethodieken externe veiligheid' opgesteld [16]. Dit protocol schrijft voor hoe faalfrequenties kunnen worden afgeleid uit statistiek of op basis het analogon principe. Dit protocol richt zich in eerste instantie op externe veiligheid van gevaarlijke stoffen, maar kan ook op windturbines worden toegepast. Dit protocol zal ook dienen te worden gevolgd voor het bepalen van de effectiviteit van mitigerende maatregelen voor zover niet beschreven in dit handboek.

Bij een risicoanalyse moet allereerst worden bepaald wat het beïnvloedingsgebied van de windturbine is. De maximale afstand waarop een onderdeel van een windturbine bij falen terecht kan komen is de maximale werpafstanden bij overtoeren. In het Handboek zijn, met conservatieve uitgangspunten, deze maximale werpafstanden bepaald. Wanneer objecten zich buiten deze afstanden bevinden, is een verdere risicoanalyse niet nodig. Wanneer objecten zich wel binnen de maximale werpafstand van de geplande windturbines bevinden, moet een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd worden.

In het handboek zijn faalscenario's, faalkansen en rekenmethodes opgenomen om de risico's te analyseren. Omdat het berekenen van risico's die windturbines met zich meebrengen een ingewikkelde en tijdrovende analyse is, zijn in het Handboek generieke waarden afgeleid om de risico's voor de trefkans van personen te bepalen. Ook zijn in dit Handboek rekenmethodes opgenomen om de risico's te analyseren aan de hand van specifieke windturbinegegevens.

De risico's worden getoetst aan de bepalingen zoals vastgelegd in wetgeving. Ter verkorting van de doorlooptijd voor vergunningverlening zijn windturbines geplaatst onder het beoordelingsregime van

het Activiteitenbesluit in zake milieubeheer [21]. Hiernaast wordt plaatsing van windturbines getoetst aan wetgeving als de Spoorwegwet en de impact op andere inrichtingen als risico verhogend object. Een overzicht met de verschillende afwegingen is opgesteld door de Antea Group en NWEA, zie bijlage E. In dit overzicht staat de benodigde bestuurlijke toestemming en bijbehorende afweging aangegeven.

In aanvulling hierop kan de beoordelende instantie, de eigenaren of beheerders van infrastructurele werken (zoals Rijkswaterstaat, ProRail) en net- of leidingbeheerders (hierna: beheerders) van kabels en leidingen van grote maatschappelijke waarde of met gevaarlijke inhoud (zoals Tennet, Gasunie, leden van VELIN enz.) om input vragen ten behoeve van de besluitvorming. Zij spelen een rol als de infrastructuur zich binnen het beïnvloedingsgebied van het windpark bevindt. Beheerders hebben hiervoor criteria opgesteld die in dit handboek zijn opgenomen. Deze criteria zijn geen eisen maar richtlijnen waarbinnen beheerders aangeven dat er geen onaanvaardbaar additioneel risico wordt verwacht.

Voor de totstandkoming van dit Handboek is samengewerkt met een klankbordgroep met daarin overheden en vertegenwoordigers van de belanghebbende partijen (zie paragraaf 1.2). Dit maakt het Handboek tot een algemeen geaccepteerde methode voor het berekenen van risico's van windturbines. Over een aantal onderwerpen is geen consensus bereikt. Deze onderwerpen worden beschreven in een aparte notitie die RVO.nl in afstemming met de klankbordgroep bij het Handboek zal uitgeven. In Tabel 4 zijn risicocriteria opgenomen met daarbij de toetsing, de naam van de betreffende beheerder en de door hem gestelde afstand.

Dit Handboek biedt de faalfrequenties en risicomethodiek voor windturbines met een rotoroppervlak van meer dan 40m² en met een vermogen vanaf 1 MW. Het Handboek richt zich op de risico's die ontstaan wanneer windturbines zodanig falen dat onderdelen naar beneden vallen, rotoronderdelen worden weggegooid 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 onderhoudswerkzaamheden (denk hierbij aan een kraan die het verkeer hindert of een gasleiding die wordt beschadigd tijdens graafwerkzaamheden) worden in dit Handboek niet beschouwd.

Het evalueren van economische gevolgschade valt buiten de reikwijdte van het Handboek. Er bestaan geen wettelijke criteria voor het toetsen van economische schades. Onder economische schade wordt hierbij verstaan: directe schade door beschadiging van fysieke objecten, en indirecte schade door onderbroken leveringen (wegvallen stroom- of gasvoorziening en hieraan gekoppelde schadeclaims). 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.

In bedrijf genomen windturbines kunnen, naast mogelijke risico's voor de omgeving, ook hinder opleveren voor mens en milieu. Te denken valt aan geluidhinder, slagschaduw, visuele hinder en

verstoring van straalpaden en vliegroutes. Deze aspecten van hinder maken eveneens geen onderdeel uit van een risicoanalyse en worden veelal in haalbaarheidsstudies nader bekeken en onderzocht.

2. VEILIGHEIDSEISEN VOOR WINDTURBINES

Windturbines moeten aan strenge veiligheidseisen voldoen. Dit hoofdstuk geeft de belangrijkste veiligheidseisen weer. Belangrijk is het om onderscheid te maken tussen:

- eisen, opgelegd door wetgeving; vanuit een wettelijk kader
- door beheerders van infrastructurele werken en netbeheerders van kabels en leidingen van grote maatschappelijke waarde of met gevaarlijke inhoud op te leggen eisen binnen hun beheersgebied
- wensen van beheerders van infrastructurele werken en netbeheerders van kabels en leidingen van grote waarde of met gevaarlijke inhoud buiten hun beheersgebied.

Aan de *eisen die gebaseerd zijn op een wettelijke basis* moet een windturbine of meerdere windturbines voldoen. Een windturbine hoeft echter niet te voldoen aan de *wensen* van de beheerders. Het is aan het bevoegd gezag om de afweging te maken tussen diverse belangen. Deze afweging vindt plaats in het kader van de ruimtelijke besluitvorming. Om echter bezwaren tijdens het besluitvormingsproces zoveel mogelijk te voorkomen is het wenselijk om met deze aspecten rekening te houden in de risico-analyse. In hoofdstuk 4 t/m 12 wordt per object (bebouwing, wegen etc) aangegeven aan welke aspecten in acht genomen moet worden of waarmee rekening moet worden gehouden.

Dit hoofdstuk biedt een beknopte beschrijving van de belangrijkste wetgeving en regelgeving en de bij die wetgeving en regelgeving behorende toetscriteria. De volledige teksten van wetten en regelgeving zijn te vinden op <http://wetten.overheid.nl>.

2.1 Eisen opgelegd vanuit wetgeving

2.1.1 Activiteitenbesluit milieubeheer

Windturbines die op land geplaatst worden vallen onder het Besluit Omgevingsrecht categorie B inrichtingen waarop het besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer (het zgn. ‘Activiteitenbesluit milieubeheer’ kortweg het Activiteitenbesluit) van toepassing is. Meer specifiek gaat betreft dit § 3.2.3. “In werking hebben van een windturbine”. Voor de beoordeling van de externe veiligheidsaspecten (plaatsgebonden risico) is het Activiteitenbesluit het belangrijkste beoordelingskader. Voorheen bestond vanuit de Wet milieubeheer een vergunningplicht voor windturbines. Met de komst van het Activiteitenbesluit is de vergunningplicht vervallen. Wel moet op grond van artikel 1.10 eerste lid van het Activiteitenbesluit bij oprichting of verandering van een inrichting type B een melding in het kader van het Activiteitenbesluit worden gedaan bij het bevoegd gezag, een zgn. AB melding.

Het Activiteitenbesluit schrijft voor:

- Artikel 3.14, lid 1(versie maart 2014):: een windturbine wordt tenminste eenmaal per kalenderjaar beoordeeld op de noodzakelijke beveiligingen, onderhoud en reparaties door een deskundige op het gebied van windturbines.
- Artikel 3.14, lid 5(versie maart 2014):: een windturbine voldoet ten behoeve van het voorkomen van risico's voor de omgeving en ongewone voorvallen, dan wel voor zover dat niet mogelijk is het zoveel mogelijk beperken van de risico's voor de omgeving en de kans dat ongewone voorvallen zich voordoen en de gevolgen hiervan aan de bij ministeriële regeling te stellen eisen.

In Artikel 3.15a zijn de eisen voor het plaatsgebonden risico en afstanden opgenomen :

- Artikel 3.15a, lid 1: Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan 10^{-6} per jaar.
- Artikel 3.15a, lid 2: Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan 10^{-5} per jaar.
- Artikel 3.15a, lid 3: Ten behoeve van het bepalen van het plaatsgebonden risico, bedoeld in het eerste en tweede lid, kunnen bij ministeriële regeling afstanden worden vastgesteld, die minimaal aanwezig moeten zijn tussen een windturbine of een combinatie van windturbines en een buiten de inrichting (lees: windturbine) gelegen kwetsbaar dan wel beperkt kwetsbaar object.
- Artikel 3.15a, lid 4. Indien op grond van het derde lid afstanden zijn vastgesteld, worden die in acht genomen en zijn het eerste en tweede lid niet van toepassing.
- Artikel 3.15a, lid 5: Bij ministeriële regeling kunnen regels worden gesteld over de berekening van het plaatsgebonden risico.

Het derde en vierde lid van het artikel stelt dus, dat bij Ministeriële regeling ook afstandseisen kunnen worden opgenomen; in dat geval komen lid 1 en lid 2 te vervallen. Ten tijde van het opstellen van deze revisie van het Handboek is hieromtrent geen ministeriele regeling vastgesteld of in voorbereiding.

Het groepsrisico is vanuit het Activiteitenbesluit géén beoordelingskader voor windturbines. Op grond van het Activiteitenbesluit behoeft geen verantwoording voor het groepsrisico te worden afgelegd, maar er kan wel op dit aspect ingegaan worden in het kader van een goede ruimtelijke onderbouwing¹.

2.1.2 Besluit externe veiligheid inrichtingen

Het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) is niet van toepassing op windturbines, omdat windturbines onder het Activiteitenbesluit vallen. Wel sluit het Activiteitenbesluit voor de definitie

¹ Dit staat gemeld in de toelichting in [21].

van kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten aan het Bevi². Artikel 3.15.a van het Activiteitenbesluit vertoont overeenkomsten met de normstelling in het Bevi. Zo stellen beiden een grenswaarde van 10^{-6} voor kwetsbare objecten en het rechtsgevolg is grotendeels identiek. Maar er zijn fundamentele verschillen:

- Voor beperkt kwetsbare objecten stelt het Activiteitenbesluit een grenswaarde van 10^{-5} en het Bevi een richtwaarde van 10^{-6} . Voor beperkt kwetsbare objecten heeft de contour in het Activiteitenbesluit dus niet de status van *richtwaarde*, maar van een *grenswaarde*³.
- Voor de 10^{-5} contour is sprake van een relevant verschil met het Bevi. Waar in het Bevi binnen de 10^{-5} -contour beperkt kwetsbare objecten zijn toegestaan, zijn deze vanuit het Activiteitenbesluit niet toegestaan.
- In het Bevi gaat het om grenswaarden en richtwaarden voor bestaande en geprojecteerde (beperkt) kwetsbare objecten. In het Activiteitenbesluit gaat het om reeds fysiek aanwezige objecten.

Uit het Bevi⁴ volgt dat objecten met een hoge infrastructurele waarde als beperkt kwetsbare objecten worden beschouwd. Het artikel is niet limitatief, en geeft voorbeelden “zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleidingsapparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval”. Het is onmiskenbaar dat belangrijke transportleidingen en bijvoorbeeld ook kabels voor het internationale internetverkeer als objecten met een hoge infrastructurele waarden beschouwd moeten worden. De definitie is echter niet limitatief. Overigens vallen hagedruk aardgasleidingen niet onder de definitie van beperkt kwetsbare objecten. Voor objecten met een hoge infrastructurele waarde is duidelijk dat deze een beperkt kwetsbaar object zijn en dat deze derhalve niet binnen de 10^{-5} contour van een windturbine mogen vallen. Omgekeerd volgt hieruit dat objecten die geen hoge infrastructurele waarde hebben, en verder niet als beperkt kwetsbare object worden aangemerkt, vanuit de wetgeving geen bescherming hebben.

2.1.3 Activiteitenregeling milieubeheer

De Activiteitenregeling (Bevr of wel Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer) is een uitvoeringsregeling van het Activiteitenbesluit. Windturbines die in Nederland geplaatst worden moeten volgens de Activiteitenregeling milieubeheer (Artikel 3.14 versie maart 2014) om risico's te voorkomen of te beperken, voldoen aan de veiligheidseisen opgenomen in:

- a. NEN-EN-IEC 61400-2;
- b. NVN 11400-0.

² Deze definities uit het Bevi zijn ook overgenomen in het Bevb en Bevt.

³ Dit komt doordat bij het Bevi, omdat de beoordeling aan de vergunningplicht is gekoppeld, zodat een afweging op grond van de richtwaarde mogelijk is. Het Activiteitenbesluit biedt geen afwegingsmogelijkheid zodat hier ook geen richtwaarde is opgenomen.

⁴ Bevi Artikel 1.1b

Vanaf maart 2006 is de combinatie van de Europese veiligheidsnormen “IEC 61400-1, editie 3” en “IEC WT01” de officiële opvolger van de Nederlandse voornorm NVN 11400-0 uit 1999. In de Regeling staat ook nog de 61400-2. De NEN-EN-IEC 61400-2 is de norm voor kleine windturbines. Windturbines met een rotoroppervlak van meer dan 40 m² moeten voldoen aan de NEN-EN-IEC 61400-1 editie 3 [7]. De IEC-61400-22 [8] is de opvolger van de WT01.

Turbines die voldoen aan deze eisen, zijn ontworpen voor een levensduur van tenminste 20 jaar. Ze voldoen aan de eisen die worden gesteld aan de materialen voor wat betreft onder andere vermoeiing, vochtinwerking, corrosie en verbindingstechnieken, 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.

2.1.4 Besluit externe veiligheid buisleidingen

Op 1 januari 2011 zijn het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en de bijbehorende Regeling externe veiligheid buisleidingen (Revb) in werking getreden. Het Bevb regelt de taken en verantwoordelijkheden van de leidingexploitant en de gemeenten. In de Revb zijn de aanwijzing van buisleidingen, de risicoafstanden en de aanwijzing van de rekenmethodiek opgenomen. Het Bevb geldt conform de aanwijzing in het Revb (voor buisleidingen ten behoeve van het transport van aardgas (met een uitwendige diameter van 50 mm of meer en een druk van 1600 KPa of meer), van aardolieproducten en brandbare vloeistoffen (met een uitwendige diameter van 70 mm of meer en een druk van 1600 KPa of meer) evenals vanaf 1 juli 2014 ook chemicaliënleidingen (brandbare stoffen met een uitwendige diameter van 70 mm of meer of een binnendiameter van 50 mm of meer en een druk van 1600 kPa of meer, buisleidingen voor vergiftige stoffen en buisleidingen voor specifieke stoffen met een uitwendige diameter van 70 mm of meer of een binnendiameter van 50 mm of meer en een druk van 1600 kPa of meer).

In artikel 11.1 van het Bevb staat dat een gemeente⁵ bij vaststelling van een bestemmingsplan kwetsbare objecten niet mag toelaten binnen grenswaarde van 10⁻⁶ voor het plaatsgebonden risico bij een aangelegde of geprojecteerde buisleiding. Volgens Artikel 11 lid 2 dient de gemeente ook rekening te houden met eenzelfde plaatsgebonden risico voor beperkt kwetsbare objecten, maar hiervoor wordt een richtwaarde van 10⁻⁶ aangehouden. Deze grens- en richtwaarde van 10⁻⁶ moeten ook worden toegepast bij plaatsing van een windturbine nabij een buisleiding en de nieuwe situatie die hierdoor gecreëerd wordt.

Volgens Artikel 11 lid 3 van het Bevb is bepaald dat bij de vaststelling van een bestemmingsplan op grond waarvan de aanleg, bouw of vestiging van een risico verhogend object wordt toegelaten in de

⁵ Of Provincie of Rijk bij inpassingsplan.

directe omgeving van de buisleiding, bij kwetsbare objecten nog steeds voldaan moet worden aan de grenswaarde voor het PR van 10^{-6} per jaar en bij beperkt kwetsbare objecten rekening gehouden moet worden met een richtwaarde van 10^{-6} per jaar. Een windturbine geldt als een risico verhogend object, en bij bestemming moet dus rekening gehouden worden met een mogelijke plaatselijke verhoging van het PR van de buisleiding op (beperkt) kwetsbare objecten in de nabijheid. Hierbij geldt dus dat door plaatsing van de wind turbine het (nieuwe) PR van de buisleiding op een kwetsbaar object binnen de grenswaarde van 10^{-6} moet blijven. Voor beperkt kwetsbare objecten wordt de richtwaarde van 10^{-6} aangehouden.

2.1.5 IPR en MR

In het Activiteitenbesluit worden alleen eisen gesteld aan het PR. Rijkswaterstaat en ProRail hanteren als beleidsuitgangspunt binnen hun werken het IPR en het MR als criterium voor het beoordelen van het risico's voor passanten. Binnen de werken van Rijkswaterstaat en ProRail moet op basis van de hun beleidsregels aan deze toetsingscriteria worden voldaan. Het beleid voor aan te houden afstanden is neergelegd in de “Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over waterstaatswerken” (Ministerie van VenW, 2002) en in de beleidsvisie “Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen; beoordeling van veiligheidsrisico's” (Rijkswaterstaat en NS Railinfrabeheer, 1999) [2]. De hierin neergelegde uitgangspunten worden in het kader van de vergunningverlening gehanteerd. Het gaat hierbij in de praktijk, bijzondere gevallen daargelaten, meestal om afstanden van 30 – 50 meter [22].

Zoals beschreven in [2] hanteren Rijkswaterstaat en ProRail bij de beoordeling van het maatschappelijk risico het criterium dat er jaarlijks niet meer dan $2 \cdot 10^3$ passanten mogen overlijden. Voor het IPR hanteren Rijkswaterstaat en ProRail in [2] een toelaatbare waarde van 10^{-6} per jaar. Voor infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzig kilometer per uur bestaan (bijvoorbeeld de Hoge Snelheidslijn) hanteert ProRail een toelaatbare waarde van 10^{-7} per jaar.

2.1.6 Groepsrisico (GR)

Windturbines vallen onder het Activiteitenbesluit en kennen daarom alleen grenswaarden voor het PR.

Groepsrisico bij inrichtingen en buisleidingen

Bij het vaststellen van ruimtelijke plannen en bij oprichten of veranderingen van een inrichting of buisleiding dient volgens het Bevi en Bevb vermelding gemaakt te worden van het groepsrisico en bijdrage aan van het groepsrisico. Er geldt dus voor het bevoegd gezag een verantwoordingsplicht. In de motivering dienen de mogelijkheden en de voorgenomen maatregelen tot beperking van het groepsrisico in de nabije toekomst meegenomen te worden.

2.1.7 Domino-effecten en het 10% criterium

De plaatsing van een windturbine in de nabijheid van een Bevi-bedrijf en/of Bevb-leiding mag niet leiden tot een significante verhoging van de intrinsieke faalkans. De beoordeling die hierbij moet

worden aangehouden staat beschreven in de Handleiding risicoberekening Bevi (Hari). Het Bevi geeft via verwijzing aan dat gerekend moet worden conform de rekenmethoden in dat document. In het Hari geldt een 10% criterium hierbij als een tussenstap. Indien blijkt dat de toename meer dan 10% bedraagt binnen het invloedsgebied van de inrichting, dan moet via een QRA bepaald worden of het risico van de inrichting waaraan een risico verhogend object (bijv. een windturbine) risico toevoegt binnen het invloedsgebied van die inrichting, toelaatbaar is. De toetsing vindt dan plaats door te kijken of de nieuwe plaatsgebonden risicocontour voldoet aan de normstelling voor het plaatsgebonden risico (dus voor dodelijke slachtoffers).

2.2 Toetscriteria

Het uitdrukken van risico's gebeurt door het aangeven van de kans per jaar op overlijden ten gevolge van het falen van een windturbine. De volgende risico's worden op deze manier bepaald:

- Plaatsgebonden Risico (PR)⁶
- Individueel Passanten Risico (IPR)⁷
- Maatschappelijk Risico (MR)⁸.
- Groepsrisico voor inrichtingen (GR_i)

2.2.1 Plaatsgebonden Risico (PR)

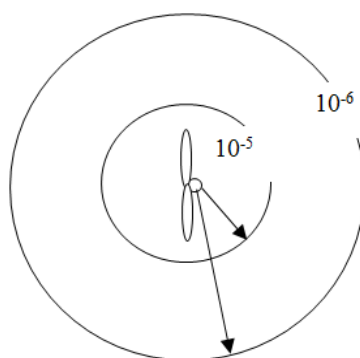
Het Plaatsgebonden Risico (PR) is gedefinieerd als: “risico op een plaats buiten een inrichting, uitgedrukt als een kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als een rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting.”

Op een kaart kunnen plaatsen met een gelijke PR waarde door een lijn verbonden worden. Hierdoor ontstaat een risicocontour. Deze PR-contour is geheel onafhankelijk van het al dan niet feitelijk aanwezig zijn van personen rond de inrichting. Binnen de PR-contouren 10^{-5} en 10^{-6} worden voor windturbines in het Activiteitenbesluit eisen gesteld aan de aanwezigheid van objecten. Binnen de 10^{-6} contour is de kans op overlijden 1 op 1 miljoen per jaar. Voor de 10^{-5} contour geldt dat de kans op overlijden 1 op 100.000 per jaar is.

⁶ Opgenomen in het Activiteitenbesluit en Bevi

⁷ Opgenomen in beleid RWS en ProRail

⁸ Opgenomen in beleid RWS en ProRail



Figuur 1: Schematische weergave van de risicocontouren t.g.v. bladbreuk

2.2.2 Individueel Passanten Risico (IPR)

Het IPR wordt nog door een aantal instanties gebruikt, waaronder Rijkswaterstaat en ProRail.

Het Individueel Passanten Risico is een risicomaat 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. Hierbij wordt dus rekening gehouden met de aanwezigheidsfractie van een passant: de procentuele verblijfsduur in een omgeving gedurende een jaar.

2.2.3 Maatschappelijk Risico (MR)

Het MR wordt nog door een aantal instanties gebruikt, waaronder Rijkswaterstaat en ProRail.

Het Maatschappelijk Risico is het verwachte aantal dodelijke slachtoffers per jaar, als het product van het verwachte aantal slachtoffers per passage en het aantal passages per jaar. Het is dus gerelateerd aan het IPR, maar nu wordt gerekend met het aantal passages per passant per jaar en het totale aantal verwachte passages.

2.2.4 Groepsrisico (GR)

Het Groepsrisico (GR) gaat over de impact van een calamiteit met veel dodelijke slachtoffers tegelijk. Er geldt voor het bevoegd gezag een verantwoordingsplicht. In de motivering dienen de mogelijkheden en de voorgenomen maatregelen tot beperking van het groepsrisico in de nabije toekomst meegenomen te worden.

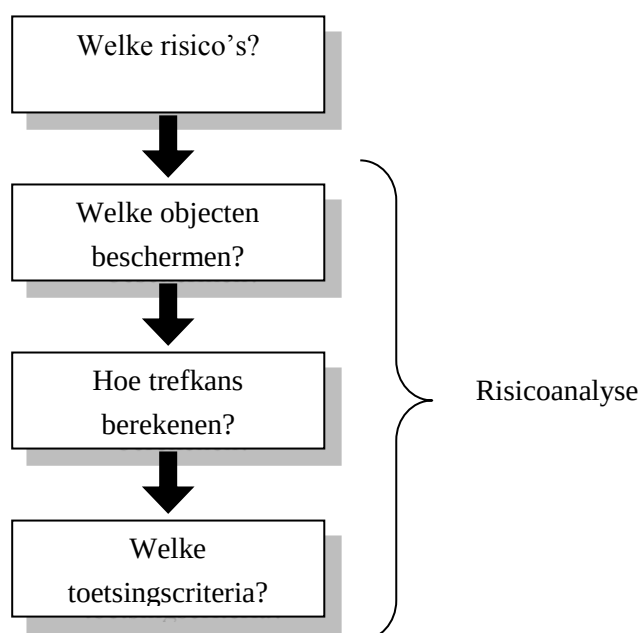
3. GEBRUIK VAN HET HANDBOEK

Projectontwikkelaars moeten kunnen aantonen dat hun (geplande) windpark geen of een toelaatbaar risico voor de omgeving oplevert. Het Handboek biedt uitgangspunten om risico's van windturbines op de omgeving te berekenen.

De tweeledige vraag die in de risicoanalyse beantwoord moet worden, luidt:

- 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 kunnen beantwoorden, wordt hij in de volgende vier vragen opgesplitst, waarbij de eerste vraag te beschouwen is als een risico-inventarisatie en de laatste drie vragen de risicoanalyse vormen. Dit is weergegeven in Figuur 2. Deze stappen worden in de volgende paragrafen nader uitgewerkt.



Figuur2: stappenplan risicoanalyse

In paragraaf 3.1 is toegelicht hoe een risico-inventarisatie voor windturbines gemaakt kan worden. Na de inventarisatie dient het risico voor verschillende categorieën uitgewerkt te worden. Hoofdstuk 4 t/m 13 geven per categorie weer welke risicomethodiek gebruikt kan worden en welke criteria van toepassing zijn. Voor elk object kan de gebruiker van het Handboek nagaan:

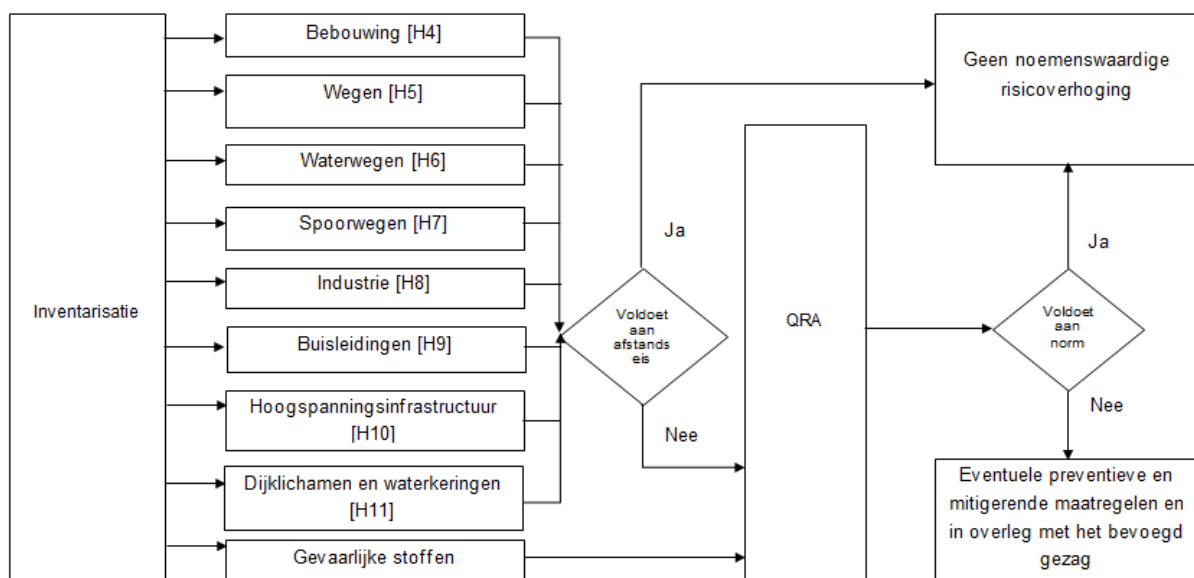
- of het object voldoet aan afstandscriteria ,
- welke rekenmethoden en faalkansen van toepassing zijn om de trefkansen voor het object of activiteit te bepalen,

- welke risicocriteria van toepassing zijn, de juridische status van de risicocriteria en op welke manier de resultaten van de trefkansen aan deze criteria getoetst moet worden,
- welke bijlagen van het handboek, met nadere details over de risicobepaling, relevant zijn.

In dit Handboek worden per vermogensklasse een groot aantal generieke windturbinegegevens aangereikt die gebruikt kunnen worden in een kwantitatieve risicoanalyse (QRA). Daarnaast is het mogelijk indien het turbinetype, inclusief ashoogte en rotordiameter, bekend is dat de specifieke windturbinegegevens afkomstig van de leverancier gebruikt worden. Als uitzondering geldt dat de $PR=10^{-5}$ contour niet kleiner kan worden dan vastgesteld met de generieke data.

Wanneer de risico's van windturbines niet voldoen aan de gestelde richtlijnen zoals beschreven in het handboek of aan de criteria van beheerders, kan in overleg met het bevoegd gezag of een beheerder gezocht worden naar oplossingen, bijvoorbeeld toepassing van een ander type windturbine of verplaatsing van de windturbine. Ook worden er in dit Handboek een aantal bronmaatregelen en mitigerende maatregelen voorgesteld (hoofdstuk 14).

Figuur 3 geeft een schematisch overzicht weer van het gebruik van het Handboek. De verschillende categorieën (bebouwing, wegen etc) worden per hoofdstuk beschreven. Omdat gevaarlijke stoffen bij de verschillende categorieën voorkomen, wordt dit onderwerp ook in verschillende hoofdstukken (wegen, industrie etc.) behandeld.



Figuur 3: Schematische weergave van het gebruik van het Handboek (zie ook onderstaande toelichting)

Toelichting bij figuur 3:

In de figuur wordt voor de eenvoud melding gemaakt van “afstandseis”, dit kan afhankelijk van het onderwerp ook een afstandsrichtlijn zijn.

Voor alle duidelijkheid wordt opgemerkt dat indien **niet** aan de afstandseis of -richtlijn wordt voldaan, dit niet zondermeer betekent dat plaatsing van windturbine(s) binnen deze afstand niet mogelijk is. De uitkomst van de kwantitatieve risicoanalyse (QRA) geeft aan of het additionele risico ten gevolge van de windturbine(s) toelaatbaar is en plaatsing binnen de gestelde afstand mogelijk is.

Een uitzondering op wat aangegeven wordt in figuur 3 is de te hanteren procedure voor wegen (Hst 5) waterwegen (Hst 6) en Spoorwegen (Hst 7) ook indien aan de afstandseis of – richtlijn wordt voldaan is een QRA vereist.

In de volgende paragrafen van dit hoofdstuk wordt de opbouw van een risicoanalyse per stap uitgewerkt en toegelicht.

3.1 Welke risico's vormen windturbines voor hun omgeving?

Voor de beoogde windturbines wordt een inventarisatie gemaakt van de potentiële risicoscenario's, waarbij het Handboek onderscheid maakt in:

- breuk van een windturbineblad
- omvallen van een windturbine door mastbreuk
- naar beneden vallen van de gondel en/of de rotor
- het naar beneden vallen van kleine onderdelen.

De faalfrequentie van het naar beneden vallen van kleine onderdelen (bouten, blad- en tipdelen, ijs) moet niet kwantitatief maar kwalitatief worden bepaald. Het naar beneden vallen van kleine turbine-onderdelen of ijs zijn incidenten die voornamelijk risico's vormen voor het gebied onder de rotor. Bladdelen kunnen wel ver van de turbine terecht komen.

Niet alleen het falen, maar ook de omstandigheden waaronder dat gebeurt, zijn van invloed op het risico. Zo kan een blad afbreken bij het nominale toerental, maar ook tijdens overtoeren situatie. In dit laatste geval kan het blad verder weggeslingerd worden.

Onderdeel van de rapportage "Rekenmethodiek zonering windturbines" is een analyse van scenario's en faalkansen die zijn bepaald zijn uit historische Deense, Duitse, Engelse en Nederlandse faalgegevens in de periode 2001 tot en met 2010. Daarnaast zijn faalgegevens gebruikt die zijn opgenomen in de Caithness Windfarm database, Windkraft journals en uit gegevens van twee windturbinefabrikanten. Deze informatie is te vinden in Bijlage A. Het Ministerie van I&M heeft (in samenspraak met het RIVM) bepaald dat het 95% betrouwbaarheidspercentiel voor de faalfrequenties gehanteerd moet worden. De resultaten zijn samengevat in Tabel 1.

Tabel 1: Scenario's en faalkansen voor risicoanalyses(P95)

Scenario	Faalfrequentie per turbine per jaar
Bladbreuk Breuk van geheel blad, onder te verdelen in de volgende scenario's:	$8,4 \cdot 10^{-4}$
<i>Bladbreuk bij nominaal bedrijf</i>	$8,4 \cdot 10^{-4}$
<i>Bladbreuk bij overtoeren (2 keer nominaal toerental)</i>	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Mastbreuk Omvallen van de turbine door mastbreuk	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Naar beneden vallen van hele gondel en/of rotor	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Naar beneden vallen van: kleine onderdelen (bouten, beschermingskappen, anemometer, etc.) blade en tipdelen nadat een blad de toren heeft geraakt stukken ijs tijdens stilstand	kwalitatief beschouwen (Zie Bijlage C.3)

3.2 Welke personen en objecten lopen risico?

De activiteiten en objecten in de nabijheid van windturbines moeten in kaart worden gebracht. In principe worden alle activiteiten en objecten beschouwd die mogelijk door een afbrekend rotorblad tijdens overtoeren situatie getroffen kunnen worden. De maximale afstand die door een afbrekend rotorblad tijdens overtoeren situatie overbrugd kan worden, wordt de maximale werpafstand genoemd. Bevindt een object of activiteit zich buiten de berekende maximale werpafstand, dan is het verder uitvoeren van een risicoanalyse niet noodzakelijk.

Het dient opgemerkt te worden dat een aantal beheerders van infrastructurele werken een afstandsbeleid hanteren. Wanneer turbines worden gebouwd op eigendomsgebied van RWS en ProRail, zijn zij vergunningverlener namens de Minister van Infrastructuur en Milieu. Gasunie, TenneT en andere partijen kennen een afstandscriterium waar buiten geen negatieve invloed van de windturbine te verwachten is.

De maximale werpafstand is afhankelijk van het type turbine en wordt onder andere bepaald door de diameter van de turbine, het rotortoerental en de ashoogte. Als richtlijn kunnen de generieke waarden uit onderstaand kader worden gebruikt. Deze zijn aangegeven voor IEC1 en IEC2 klasse windturbines, wat overeenkomt met een hoge en een gemiddelde windsnelheid. Het windregime bepaalt welke windturbine geschikt is voor de windcondities van een bepaalde locatie. De IEC klassen zijn gedefinieerd in de IEC 61400 norm (zie ook paragraaf 2.1.1) Hierbij zijn de maximale werpafstanden van afbrekende bladen bij zowel nominaal toerental als bij een overtoeren situatie weergegeven.

Tabel 2: Generieke waarden voor werpafstanden*IEC1*

Turbine type	WT1000		WT2000		WT3000		WT4000		WT5000	
Vermogen [kW]	1000		2000		3000		4000		5000	
Ashoogte [m]	60	80	80	100	90	120	90	120	100	120
Max Werpafstand [m]										
Bij nominaal toerental	131	143	158	170	176	193	186	204	202	214
Bij overtoeren	389	406	457	473	507	531	543	568	585	602

IEC2

Turbine type	WT1000		WT2000		WT3000		WT4000		WT5000	
Vermogen [kW]	1000		2000		3000		4000		5000	
Ashoogte [m]	60	80	80	100	90	120	90	120	100	120
Max Werpafstand [m]										
Bij nominaal toerental	142	155	175	187	198	216	213	231	233	245
Bij overtoeren	430	447	519	536	588	613	641	667	699	716

Turbines met tussenliggende ashoogtes kunnen de hoogste ashoogte aannemen of de werpafstand kan berekend worden volgens de methodiek zoals aangegeven in Bijlage B. De generieke getallen zijn berekend volgens een ballistisch model zonder luchtkrachten. Bijlage C1 beschrijft tevens een methode voor het berekenen van werpafstanden via een ballistisch model mét luchtkrachten.

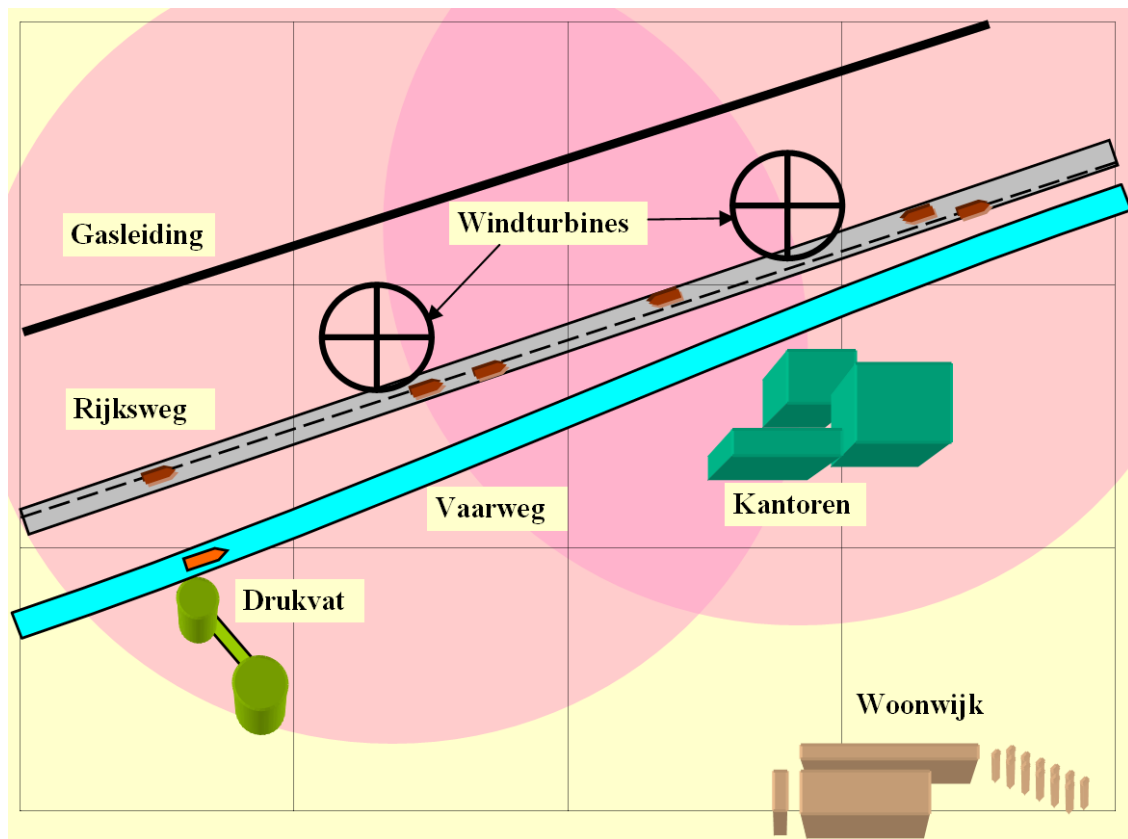
Wanneer een object of activiteit zich wel binnen de maximale werpafstand bevindt, kan het risico voor personen of objecten worden bepaald. Het uitdrukken van risico's voor personen gebeurt door het aangeven van de kans op overlijden ten gevolge van het falen van een windturbine.

Bij het uitvoeren van een risicoanalyse is het nabijgelegen object in te delen in één van de acht onderstaande hoofdcategorieën:

1. bebouwing
2. wegen
3. vaarwegen
4. spoorwegen
5. industrie
6. buisleidingen
7. hoogspanningsinfrastructuur
8. dijklichamen en waterkeringen.

Het identificeren van deze objecten gebeurt veelal door een bezoek te brengen aan de locatie, topografische kaarten te raadplegen, via de website risicokaart.nl en door contact op te nemen met de gemeente of provincie, of met de beheerder of eigenaar van het object. Per categorie moet vervolgens worden nagegaan wat de activiteiten zijn bij dit object en welke functie het object vervult. 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.



Figuur 4: Situatieschets inclusief contouren van de maximale werpafstand

3.3 Op welke manier worden trefkansen voor personen en objecten bepaald?

Wanneer bekend is voor welke objecten de risico's bepaald moeten worden, kan de trefkansberekening worden uitgevoerd. Het Handboek maakt onderscheid tussen personen en objecten (zoals gebouwen en infrastructuur). De trefkans voor objecten wordt in de volgende hoofdstukken per hoofdcategorie beschreven.

3.3.1 Generieke gegevens

Het uitvoeren van een kwantitatieve risicoanalyse volgens de methode die in de bijlage van dit Handboek is beschreven kan arbeidsintensief zijn. Over het algemeen kan met een eenvoudige aanpak en conservatieve uitgangspunten 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 veel gevallen het arbeidsintensieve analysewerk worden vermeden.

3.3.2 Rekenmethodiek

In bijlage C: “*Rekenmethode Werpafstanden en Trefkansen*” worden de methodes en procedures beschreven om de werpafstanden van turbineonderdelen te berekenen en de daarbij horende risico's te bepalen. Hierbij kunnen specifieke turbinegegevens worden gebruikt.

3.3.3 Risicocontouren

Zoals eerder vermeld, is het plaatsgebonden risico (PR) de kans dat een persoon, die zich gedurende een jaar onafgebroken onbeschermd op een bepaalde plaats bevindt, overlijdt als gevolg van een ongeval door een falende windturbine. Rondom een windturbine kunnen risicocontouren worden getekend voor het plaatsgebonden risico. In het gebied direct rondom de windturbine (op ongeveer een bladlengte afstand) ligt de 10^{-5} per jaar contour. De kans op overlijden is op deze contour gelijk aan één op de honderdduizend per jaar. Binnen deze contour mogen geen kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn. Op een grotere afstand van de windturbine (op ongeveer ashoogte + bladlengte afstand) ligt de 10^{-6} per jaar contour, waar de kans op overlijden één op een miljoen per jaar is. Tussen de 10^{-5} en de 10^{-6} per jaar contour mogen zich wel beperkt kwetsbare objecten bevinden (bijvoorbeeld losstaande huizen of bedrijven met een beperkt aantal medewerkers). Kwetsbare objecten, zoals bijeenstaande woningen, scholen en ziekenhuizen mogen alleen buiten de 10^{-6} per jaar contour staan. De definitie van kwetsbare objecten en van beperkt kwetsbare objecten is gegeven in artikel 1 van het “Besluit externe veiligheid inrichtingen” Bevi.

Voor de risicocontouren met generieke gegevens gelden de volgende vuistregels:

1. De $PR = 10^{-6}$ per jaar contour is gelijk aan de hoogste waarde van of de *ashoogte plus een halve rotordiameter* of de *maximale werpafstand bij nominaal rotortoerental*.
2. De $PR = 10^{-5}$ per jaar contour is gelijk aan de halve rotordiameter.

In Tabel 3 staan generieke waarden voor de 10^{-6} per jaar en de 10^{-5} per jaar contour weergegeven.

Tabel 3: Afstand [m] $PR = 10^{-6}$ en $PR = 10^{-5}$ contouren

IEC 1

Turbine type	WT1000		WT2000		WT3000		WT4000		WT5000	
Vermogen [kW]	1000		2000		3000		4000		5000	
Ashoogte [m]	60	80	80	100	90	120	90	120	100	120
$PR = 10^{-6}$	131	143	158	170	176	193	186	204	202	214
$PR = 10^{-5}$	32	32	45	45	55	55	63	63	71	71

IEC 2

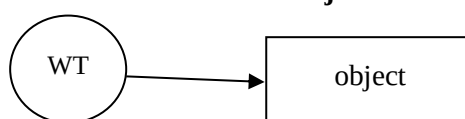
Turbine type	WT1000		WT2000		WT3000		WT4000		WT5000	
Vermogen [kW]	1000		2000		3000		4000		5000	
Ashoogte [m]	60	80	80	100	90	120	90	120	100	120
$PR = 10^{-6}$	142	155	175	187	198	216	213	231	233	245
$PR = 10^{-5}$	35	35	49	49	60	60	70	70	78	78

3.4 Aan welke criteria moet getoetst worden?

Het toe te passen criterium voor het beoordelen van de resultaten van een risicoanalyse is afhankelijk van het object in de nabijheid van de windturbine(s) en de aanwezigheid van personen of infrastructuur. Daarnaast is de aanwezigheid van een risicobron in de directe omgeving, zoals een opslag met gevaarlijke stoffen eveneens van belang bij het vaststellen van de risicocriteria.

Het Handboek onderscheidt vier mogelijke situaties. Twee situaties waarbij sprake is van directe risico's 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 een object**

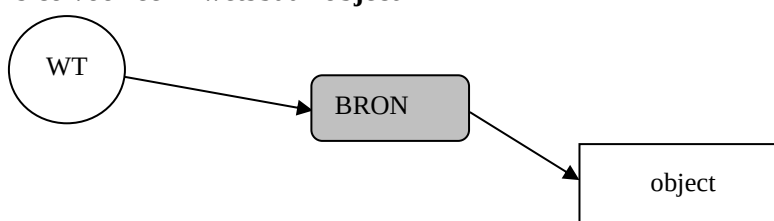


De windturbine kan in deze situatie een direct risico opleveren voor het object, bijvoorbeeld een woonwijk. Via het ruimtelijk besluit wordt aan de hand van de grenswaarden in het Activiteitenbesluit getoetst of windturbines hier bestemd kunnen worden.

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

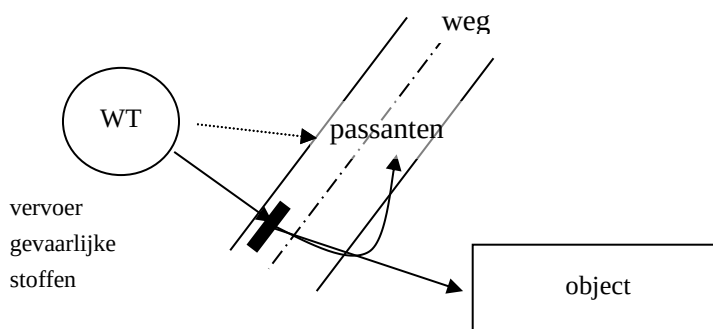
Wegen zijn niet gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. In de externe veiligheidswetgeving kennen verkeersdeelnemers geen bescherming vanuit het plaatsgebonden risico. Windturbines geplaatst op eigendommen of in het beheersgebied van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat en Rijkswaterstaat is zelf ook vergunningverlener. Windturbines geplaatst op eigendommen van ProRail vallen onder de beleidsregel van ProRail en ProRail is zelf ook vergunningverlener. Deze beleidsregels gelden niet voor provinciale (vaar)wegen of gemeentelijke (vaar)wegen. Voor dit soort wegen zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing. Wel kan het bevoegd gezag gemotiveerd stellen dat aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat voldaan moet worden.

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



Wanneer een windturbine wordt geplaatst in de nabijheid van een inrichting die onder de werking van Bevi valt, dan bestaat er kans op een domino-effect, waardoor het risico voor een kwetsbaar object in de omgeving toeneemt. Vanuit het Bevi volgt dat bij de beoordeling van het risico van de inrichting, risicoverhogende factoren vanuit de omgeving meegewogen moeten worden. Om de rechten van Bevi-bedrijven niet aan te tasten moet daarom bij de ruimtelijke besluitvorming ten behoeve van het realiseren van de windturbines, dit domino-effect worden beschouwd.

IV. Windturbine in de nabijheid van een weg, spoorweg, vaarweg of buisleiding: indirect risico voor een kwetsbaar object ten gevolge van een ongeluk met vervoer gevaarlijke stoffen



In Tabel 4 is een overzicht weergegeven van de geldende risicocriteria die de beheerders van infrastructurele werken hanteren. ProRail en Rijkswaterstaat (RWS) verlenen namens de Minister van Infrastructuur en Milieu een vergunning aan de windparkontwikkelaar wanneer een windturbine in het beheersgebied gepland is of met een tip over het beheersgebied draait. Deze beheerders hebben afstanden bepaald, waarbuiten de risico's die windturbines met zich mee brengen door de beheerders, bezien van hun belang, aanvaardbaar worden geacht. Om bezwaren tijdens het besluitvormingstraject zoveel mogelijk te voorkomen is het wenselijk om met deze aspecten rekening te houden in de risico-analyse.

Sommige onderdelen vallen niet onder de beheerder die in de tabel staat beschreven maar hebben een andere beheerder. Een ondergrondse buisleiding wordt bijvoorbeeld niet altijd beheerd door Gasunie, maar kan ook een andere leidingeigenaar hebben. Ook wegen zijn niet altijd in eigendom bij RWS, zo bestaan er provinciale wegen en wegen binnen een inrichting. In de praktijk blijkt dat deze eigenaren vaak geen eigen beleid voeren, maar de afstanden van RWS of Gasunie overnemen. Het bevoegd gezag zal dan wel motiveren dat het gerechtvaardigd is om dat beleid over te nemen. In bijlage D: “Risicocriteria” is aangegeven op welke manier de resultaten van een risicoanalyse aan de criteria getoetst moeten worden, hetzij direct of indirect.

Tabel 4: Bevoegd gezag en risicocriteria

Onderdeel	Beheerder	Afstandscriterium	Juridische status	Toetsing	Normering
Bebouwing		• beperkt kwetsbare objecten op ½ rotordiameter, • Kwetsbare objecten op masthoogte + ½ rotordiameter of de maximale werpafstand bij nominaal toerental	Activiteitenbesluit	PR	PR 10^{-6} en PR 10^{-5} contour voor resp. kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten
Rijksweg	Rijkswaterstaat	½ rotordiameter uit de rand van de verharding met een minimum van 30m	Noodzakelijk voor vergunning	IPR MR	10^{-6} per jaar $2 * 10^{-3}$ per jaar
Waterweg	Rijkswaterstaat	½ rotordiameter uit de rand van de vaarweg met een minimum van 50m	Noodzakelijk voor vergunning	IPR MR	10^{-6} per jaar $2 * 10^{-3}$ per jaar
Spoorweg	ProRail	7,85 meter + ½ RD uit het rand van het dichtstbijzijnde spoor minimum van 30m	Noodzakelijk voor vergunning	IPR MR	10^{-6} per jaar $2 * 10^{-3}$ per jaar
Ondergrondse buisleidingen	Gasunie	Hoogste waarde van: • Maximale werpafstand bij nominaal toerental • Ashoogte + ½ rotordiameter	Advies	Additionele bezwijkkans	Eerste benadering: Max 10% toevoegen aan oorspronkelijke breukkans buisleiding voor deel binnen invloedsgebied windturbine
Bovengrondse buisleidingen	Gasunie	Maximale werpafstand bij overtoeren	Advies	Additionele bezwijkkans	Eerste benadering: Max 10% toevoegen aan oorspronkelijke breukkans buisleiding voor deel binnen invloedsgebied windturbine
Hoogspannings-infrastructuur (ondergronds en bovengronds)	TenneT	Hoogste waarde van: • Maximale werpafstand bij nominaal toerental • Ashoogte + ½ rotordiameter	Advies	Additionele bezwijkkans	eerste richtlijn: max. 10% toevoegen aan autonome faalfrequentie hoogspanningsverbinding. In overleg met TenneT.
Industrie	Beheerder inrichting	Afhankelijk van inrichting	Bij ruimtelijke besluitvorming	PR van inrichting	PR 10^{-6} en PR 10^{-5} contour

Onderdeel	Beheerder	Afstandscriterium	Juridische status	Toetsing	Normering
			windturbines	GR _i van inrichting	Geen norm maar oriëntatiewaarde
Waterkering-en	Waterschap, Rijkswater-staat	Buiten kernzone	Afhankelijk van beheerder	Binnen kernzone	Geen negatieve gevolgen voor de waterkerende functie van de primaire waterkering

4. BEBOUWING

In de hoofdcategorie *bebouwing* wordt een onderverdeling gemaakt naar twee categorieën zoals vastgelegd in Bevi [1]:

- Kwetsbare objecten (onder andere woningen, ziekenhuizen, scholen, kantoorgebouwen groter dan 1500 m²)
- Beperkt kwetsbare objecten (onder andere restaurants, hotels, winkels en kantoorgebouwen kleiner dan 1500 m², sportcomplex)

4.1 Afstand

In Artikel 3.15a lid 1 van het Activiteitenbesluit is bepaald dat het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, niet hoger is dan 10⁻⁶ per jaar. Het plaatsgebonden risico voor een buiten de inrichting gelegen beperkt kwetsbaar object, veroorzaakt door een windturbine of een combinatie van windturbines, is niet hoger dan 10⁻⁵ per jaar. Op basis van de generieke gegevens gelden de volgende afstandseisen voor bebouwing:

- Beperkt kwetsbare objecten dienen minimaal een halve rotordiameter van de turbine af te liggen. Kwetsbare objecten zijn niet toegestaan binnen een afstand van het maximum van:
 - ashoogte plus een halve rotordiameter of, indien een grotere afstand
 - de maximale werpafstand bij nominaal toerental.

Het Activiteitenbesluit stelt geen verplichting voor het groepsrisico, maar voor goede ruimtelijke ordening kan hier rekening mee gehouden worden. Een toelichting op het groepsrisico is gegeven in Bijlage D, hoofdstuk 2, paragraaf 2.2.2.

4.2 Risicomethodiek

De risicocontouren (10^{-5} per jaar contour en 10^{-6} per jaar contour) kunnen gebruikt worden om het PR te toetsen. Binnen de 10^{-5} per jaar contour van de windturbine mogen geen kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten staan. De kans op overlijden is hier één op de honderdduizend per jaar. Kwetsbare objecten moeten buiten de 10^{-6} per jaar contour blijven, waar de kans op overlijden één op een miljoen per jaar is. Tussen de 10^{-5} per jaar contour en de 10^{-6} per jaar contour mogen zich wel beperkt kwetsbare objecten bevinden.

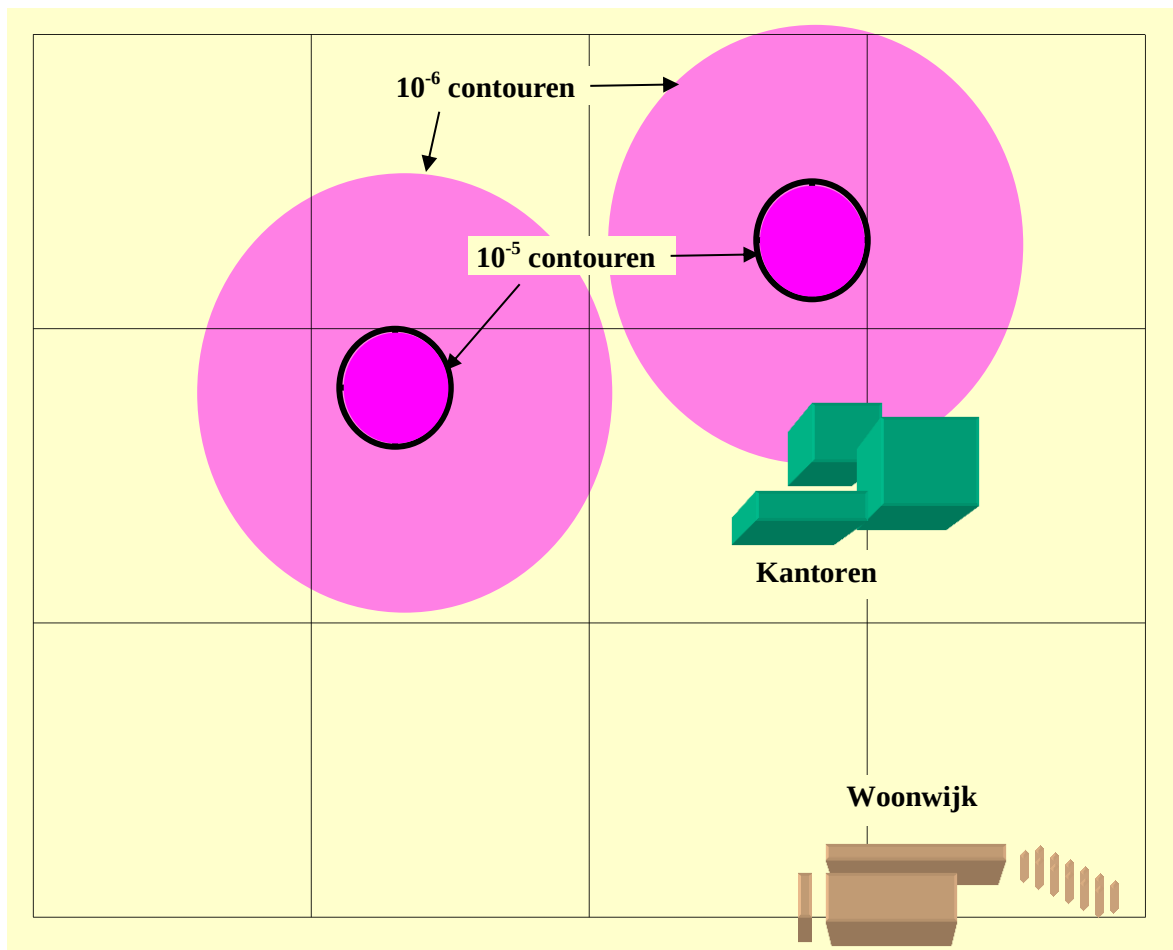
4.3 Risicocriteria

De afstandseisen zoals gesteld in paragraaf 4.1 zijn gebaseerd op de grenswaarden voor het plaatsgebonden risico. Het Activiteitenbesluit stelt een grenswaarde van $PR = 10^{-6}$ per jaar voor kwetsbare objecten en voor beperkt kwetsbare objecten een grenswaarde van $PR = 10^{-5}$ per jaar. Dit wil zeggen dat kwetsbare objecten buiten de 10^{-6} contour moeten liggen, en beperkt kwetsbare objecten buiten de 10^{-5} contour moeten liggen.

4.4 Rekenvoorbeeld

Voorbeeld

In onderstaande figuur zijn voor het voorbeeld de $PR = 10^{-5}$ contouren op basis van de generieke waarden (WT2000, 100 m) ingetekend op 49 meter en de $PR = 10^{-6}$ contouren op 187 meter. De kantoren hebben een vloeroppervlak van $\sim 1500 \text{ m}^2$ en 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 en levert dus geen belemmering voor plaatsing op.



5. WEGEN

Wegen waar turbines naast geplaatst worden, kunnen worden ingedeeld in rijkswegen, provinciale wegen, gemeentelijke wegen en private wegen. Voor ieder soort weg geldt een ander bevoegd gezag (Rijkswaterstaat, Provincie, Gemeente, Waterschap of private eigenaar). Bij het bevoegd gezag kan de projectontwikkelaar informatie inwinnen over de aard van het transport, het aantal passages van weggebruikers en de geldende criteria. Wegen worden niet gecategoriseerd als kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten. Voor de risicoanalyses wordt in de hoofdcategorie “wegen” onderscheid gemaakt in:

- *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.
- *Vervoer van gevaarlijke stoffen*. Dit betreft bijvoorbeeld tankauto's met gevaarlijke stoffen.

5.1 Afstand

Rijkswaterstaat verleent namens de Minister van Infrastructuur en Milieu een vergunning wanneer een windturbine op het gronden van Rijkswaterstaat wordt geplaatst. Rijkswaterstaat hanteert in artikel 3 lid 1 van de “*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken*” een afstandseis:

- voor turbines met een rotordiameter van 60 meter of kleiner: ten minste 30 meter uit de rand van de verharding
- voor turbines met een rotordiameter groter dan 60 meter: ten minste een halve rotordiameter.

Deze beleidsregel hanteert RWS voor het verlenen van de vergunning. Wanneer windturbines worden geplaatst binnen 30 meter van de verharding; op parkeerplaatsen en tankstations langs autowegen of autosnelwegen en bij aansluitingen van auto(snel)wegen, wordt plaatsing slechts toegestaan indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat er geen onaanvaardbaar verhoogd veiligheidsrisico bestaat. Tevens kunnen weggebruikers worden afgeleid bij plaatsing van wind turbines bij knooppunten en waar rotorbladen over de weg draaien: bij deze situaties moet uit aanvullend onderzoek blijken dat plaatsing van de windturbines geen onaanvaardbaar risico voor de verkeersveiligheid met zich mee brengt.

Ongeacht deze afstanden vastgesteld in de beleidsregel, dient het IPR en MR berekend worden voor wegen ten gevolge van de plaatsing van windturbines binnen de werpafstand bij nominaal toerental ten opzichte van de rand van de verharding.

5.2 Risicomethodiek

5.2.1 Personenvervoer

Rijkswaterstaat hanteert het begrip Individueel passantenrisico (IPR) en Maatschappelijk Risico (MR) binnen haar werken. Het heeft geen algemene toepassing. Het IPR sluit aan bij de 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. Het maatschappelijk risico is een maat voor het verwachte aantal doden per jaar en is een risicomaat voor de maatschappelijke beleving.

Wanneer de weg zich binnen het invloedsgebied van de windturbine bevindt (maximale werpafstand), moet in een aanvullende risicoanalyse het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) worden berekend (zie bijlage D, en [11]).

Voor het IPR wordt een passant beschouwd die jaarlijks het meest in de nabijheid van de windturbine(s) verkeert. Dit kan bijvoorbeeld een ouder zijn die zijn 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.

Voor het MR moet het totaal aantal personen worden bepaald dat jaarlijks door een windturbine(onderdeel) getroffen kan worden.

5.2.2 Vervoer van gevaarlijke stoffen

Wanneer gevaarlijke stoffen over de weg vervoerd worden, moet worden nagegaan of plaatsing van de windturbines niet leidt tot een onaanvaardbaar verhoogd risico.

Opgemerkt wordt dat het programma waarmee het risico ten gevolge van het vervoer van gevaarlijke stoffen berekend, geen mogelijkheid kent om het door windturbines toegevoegde risico te berekenen, er wordt enkel een kwalitatieve analyse gevraagd.

5.3 Risicocriteria

Windturbines geplaatst op eigendommen van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat [14] en Rijkswaterstaat is zelf ook de vergunningverlener. 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 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.

5.3.1 Personenvervoer

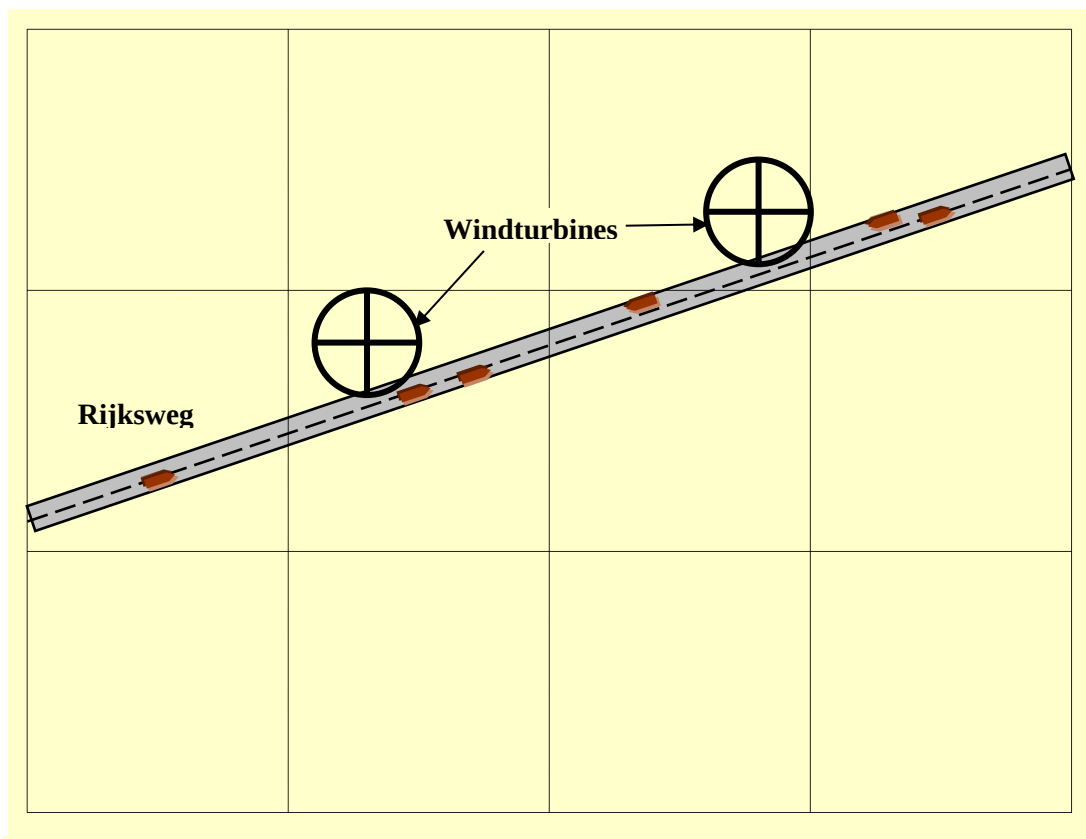
De normen voor het Individueel Passanten Risico en het Maatschappelijk Risico mogen na plaatsing van de windturbines niet worden overschreden. Als maximaal toelaatbare waarde hanteert Rijkswaterstaat een IPR van 10^{-6} per jaar. Voor MR geldt dat niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten per jaar mogen overlijden.

5.4 Rekenvoorbeeld

Voorbeeld

In ons voorbeeld bevindt de rand van de weg (eigendom van Rijkswaterstaat) zich op een afstand van meer dan een halve rotordiameter. Het personenvervoer moet getoetst worden aan het IPR en MR [14]. De trefkans neemt relatief weinig af met het toenemen van de afstand tot de weg. Het aantal passages is een belangrijke factor.

Verder moet worden nagegaan of over de weg gevaarlijke stoffen worden getransporteerd. In het voorbeeld hieronder staan 2 windturbines.



5.5 Contact

Bij eigenaar van de weg kan de projectontwikkelaar informatie inwinnen over de aard van het transport, het aantal passages van personen en goederentreinen en de geldende risicocriteria. Voor rijkswegen is dit Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat; T: 0800-8002; www.rijkswaterstaat.nl

6. WATERWEGEN

Net als voor 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.

Voor de risicoanalyses wordt in de hoofdcategorie “waterwegen” onderscheid gemaakt in:

1. *Personenvervoer*. Hieronder vallen alle personen die zich verplaatsen over de waterweg in bijvoorbeeld plezierboten, jachten, roeiboten en vrachtboten.
2. *Vervoer van gevaarlijke stoffen*. Dit betreft bijvoorbeeld tankers met gevaarlijke stoffen.

6.1 Afstand

Rijkswaterstaat verleent namens de Minister van Infrastructuur en Milieu vergunning wanneer een windturbine op gronden van Rijkswaterstaat wordt geplaatst. Rijkswaterstaat hanteert in artikel 4 lid 1 van de “*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken*” de volgende regel:

- Langs kanalen, rivieren en havens wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 50 meter uit de rand van de vaarweg.

Deze afstand is gebaseerd op hinder voor wal- en scheepsradarapparatuur en op visuele hinder voor schippers en bedieningspersoneel. Binnen 50 meter uit de rand van de vaarweg wordt plaatsing slechts toegestaan indien uit aanvullend onderzoek blijkt dat er geen hinder voor wal- en scheepsradar optreedt

Ongeacht deze afstand, moet het IPR en MR berekend worden.

6.2 Risicomethodiek

6.2.1 Personenvervoer

Rijkswaterstaat hanteert het begrip Individueel passantenrisico (IPR) en Maatschappelijk Risico (MR) binnen haar werken. Het heeft geen algemene toepassing. Het IPR sluit aan bij de 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. Het maatschappelijk risico is een maat voor het verwachte aantal dode passanten per jaar en is een risicomaat voor de maatschappelijke beleving.

Wanneer de windturbines niet voldoen aan de afstandseis, moet in een aanvullende risicoanalyse het individueel passanten risico (IPR) en het maatschappelijk risico (MR) worden berekend (zie bijlage D, hoofdstuk 3 en [11]).

Voor het IPR wordt een passant beschouwd 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 het windpark passeert.

Voor het MR moet het totaal aantal personen worden bepaald dat jaarlijks door een turbineonderdeel getroffen kan worden.

6.2.2 Vervoer van gevaarlijke stoffen

Wanneer er gevaarlijke stoffen over het water vervoerd worden, moet worden nagegaan of plaatsing van de windturbines niet leidt tot een onaanvaardbaar verhoogd risico.

Opgemerkt wordt dat het programma waarmee het risico ten gevolge van het vervoer van gevaarlijke stoffen berekend, geen mogelijkheid kent om het door windturbines toegevoegde risico te berekenen, er wordt enkel een kwalitatieve analyse gevraagd.

6.3 Risicocriteria

Windturbines geplaatst op gronden van Rijkswaterstaat vallen onder de beleidsregel van Rijkswaterstaat [14] en Rijkswaterstaat is zelf ook de vergunningverlener. Voor alle waterwegen die geen eigendom zijn van Rijkswaterstaat maar bijvoorbeeld van de provincie of de gemeente, zijn geen algemene externe veiligheidsnormen van toepassing. In die situaties waarin de windturbine(s) niet op het eigendom van Rijkswaterstaat worden geplaatst, maar wel in de nabijheid van een rijkswaterweg, verzoekt Rijkswaterstaat het bevoegde gezag rekening te houden met de afstanden zoals in de beleidsregel zijn vermeld.

In de toelichting van beleidsregel plaatsing windturbines... : De Beleidslijn ruimte voor de rivier maakt onderscheid in een stroomvoerend - en een waterbergend rivierbed. In het stroomvoerend rivierbed zijn activiteiten, die leiden tot waterstandsverhoging, alleen toegestaan voor zover ze aan de rivier gebonden zijn. Dit geldt niet voor windturbines. Voor het waterbergend rivierbed geldt dat plaatsing alleen toegestaan is indien er sprake is van een zwaarwegend maatschappelijk belang en er geen andere geschikte locaties beschikbaar zijn.

6.3.1 Personenvervoer

De normen voor het Individueel Passanten Risico en het Maatschappelijk Risico mogen na plaatsing van de windturbines niet worden overschreden.

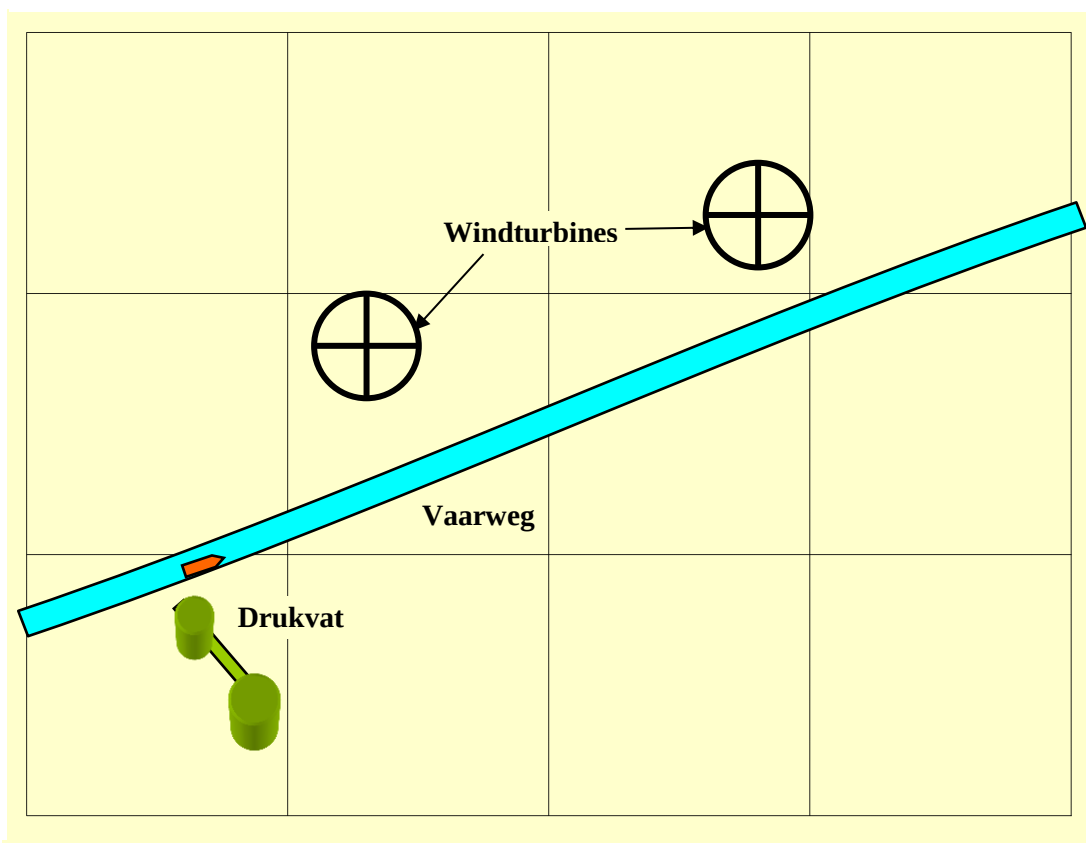
Als maximaal toelaatbare waarde hanteert Rijkswaterstaat een IPR van 10^{-6} per jaar. Voor MR geldt dat niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten per jaar mogen overlijden.

6.4 Rekenvoorbeeld

Voorbeeld

In ons voorbeeld is de vaarweg 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. Wel moet er gekeken worden naar de invloed van de windturbine op opslag, maar dat betreft een andere situatie dan het vervoer van gevaarlijke stoffen over een waterweg.



6.5 Contact

Bij eigenaar van de waterweg kan de projectontwikkelaar informatie inwinnen over de aard van het transport, het aantal passages van personen en goederentreinen en de geldende risicocriteria. Voor rijkswaterwegen is dit Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat; T: 0800-8002; www.rijkswaterstaat.nl

7. SPOORWEGEN

Alle hoofdspoorwegen⁹ in Nederland vallen onder de verantwoordelijkheid van ProRail¹⁰. ProRail verleent namens de Minister van Infrastructuur en Milieu de vergunning.¹¹ Dit geldt ook wanneer (delen van) de turbinebladen over de gebieden waarbinnen vergunningplicht geldt draaien. Daarbuiten adviseert ProRail contact met hen op te nemen wanneer windturbines in de nabijheid van het spoor worden geplaatst.

Voor de risicoanalyses wordt de hoofdcategorie “spoorwegen” onderverdeeld in:

1. *personenvervoer*. Hieronder vallen alle personen die zich per trein verplaatsen: passagiers en personeel van personen- en goederentreinen
2. *vervoer van gevaarlijke stoffen*. Ook per trein worden gevaarlijke stoffen vervoerd, bijvoorbeeld in tankwagons.

7.1 Afstand

In verband met de spoorwegveiligheid hanteert ProRail een afstandseis tussen windturbines en de spoorweg en dient het veiligheidsrisico voor personen en gevaarlijke stoffen te worden bepaald.

Op grond van artikel 19 van de Spoorwegwet dient bij ProRail een vergunning te worden aangevraagd voor plaatsing van windturbines wanneer een (deel van een) rotorblad binnen de vergunninggrenzen komt. Deze grens ligt op 11 meter van het hart van het buitenste spoor. De vergunningaanvraag wordt getoetst aan de eisen van de betrouwbaarheid, de beschikbaarheid, de onderhoudbaarheid en de veiligheid van de hoofdspoorweginfrastructuur. Een vergunning kan en mag alleen worden verleend als het veilig en ongestoord gebruik van de *hoofdspoorweginfrastructuur* niet in het geding komt.

Volgens de Spoorwegwet Artikel 2 lid 2 is een spoorweg aangewezen als hoofdspoorweg indien de spoorweg uitsluitend of overwegend bestemd is voor het verrichten van openbaar personenvervoer of goederenvervoer ten behoeve van internationale, nationale of regionale verbindingen en de Staat rechthebbende is ten aanzien van de spoorweg.

In het kader van de Ruimtelijke Ordening (bijv. bij de vaststelling van bestemmingsplannen) geeft ProRail het volgende plaatsingsadvies:

- De afstand tussen windturbines en het dichtst bij gelegen spoor dient minimaal 7,85 meter + halve rotordiameter te zijn, gemeten vanuit het hart van het dichtstbijzijnde spoor, met een minimum van 30 meter.

⁹ Spoorwegen als zodanig aangewezen in het Besluit aanwijzing hoofdspoorwegen.

¹⁰ ProRail is houder van de beheerconcessie als bedoeld in artikel 16 van de Spoorwegwet.

¹¹ Zie artikel 20 van de Spoorwegwet

Een spoorwegemplacement voor het rangeren van wagons met gevaarlijke stoffen is volgens het Bevi een niet-categoriale inrichting. Hiervoor dient dus bepaald te worden of het verhoogde plaatsgebonden risico voor (beperkt) kwetsbare objecten binnen de gestelde risicocontouren blijft. [REF http://www.postbus5100.compleet-en-actueel.nl/pdf/werkblad_spoorwegemplacements.pdf]

Ongeacht deze afstand, moet het IPR en MR berekend worden.

7.2 Risicomethodiek

7.2.1 Personenvervoer

ProRail hanteert net als Rijkswaterstaat het begrip Individueel passantenrisico (IPR) en Maatschappelijk Risico (MR) binnen zijn werken. Het heeft geen algemene toepassing. Het IPR sluit aan bij de 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. Het maatschappelijk risico is een maat voor het verwachte aantal doden per jaar en is een risicomaat voor de maatschappelijke beleving.

Voor het MR moet het totaal aantal personen worden bepaald dat jaarlijks door een windturbine(onderdeel) fataal getroffen kan worden.

7.2.2 Vervoer gevaarlijke stoffen

Wanneer er gevaarlijke stoffen over het spoor vervoerd worden, moet worden nagegaan of plaatsing van de windturbines niet leidt tot een onaanvaardbaar verhoogd risico. Hieronder wordt ook bedoeld stations, emplacementen en raccordementen.

Opgemerkt wordt dat het programma waarmee het risico ten gevolge van het vervoer van gevaarlijke stoffen berekend, geen mogelijkheid kent om het door windturbines toegevoegde risico te berekenen, er wordt enkel een kwalitatieve analyse gevraagd.

7.3 Risicocriteria

7.3.1 Personenvervoer

De normen voor het Individueel Passanten Risico en het Maatschappelijk Risico mogen na plaatsing van de windturbines niet worden overschreden.

Als maximaal toelaatbare waarde hanteert ProRail een IPR van 10^{-6} per jaar. Voor een infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderd zestig kilometer per uur bestaan (bijvoorbeeld de Hoge Snelheidslijn) hanteert ProRail een toelaatbare IPR-waarde van 10^{-7} per jaar.

ProRail hanteert het MR criterium dat er jaarlijks niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten mogen overlijden.

7.4 Contact

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

ProRail; T:088-2317104; www.prorail.nl

8. INDUSTRIE

Voor het verkrijgen van een vergunning voor windturbines is het noodzakelijk dat wordt voldaan aan de eisen die voor Bevi-inrichtingen gelden of op basis van het Activiteitenbesluit.

Hiervoor gelden de volgende opties:

- De windturbines zijn geen onderdeel van de Bevi-inrichting. De windturbines wordt aan het Activiteitenbesluit getoetst en de risicoverhoging van de Bevi-inrichting ten gevolge van de windturbines wordt conform de Bevi getoetst
- De windturbines zijn onderdeel van de Bevi-inrichting. De Bevi-inrichting toetsen conform Bevi.

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

1. *Niet-categoriale inrichtingen*. Voor deze inrichtingen kan uitsluitend via een berekening worden bepaald welke afstand tot gevoelige objecten moet worden aangehouden om aan de geldende normen te voldoen.
2. *Categoriale inrichtingen*. Voor deze inrichtingen is een systematiek ontwikkeld waarbij per type inrichting uit een tabel kan worden afgelezen bij welke afstand wordt voldaan aan de norm (bijvoorbeeld LPG-tankstations). Plaatsing van windturbines kan echter betekenen dat de risicocontour van de categoriale inrichting groter wordt. Het wordt aangeraden om in het kader van "een goede ruimtelijke ordening" hierover in overleg te treden met het bevoegd gezag.

Daarnaast is er nog de categorie "*lichte industrie*" zoals werkplaatsen en kantoren, waar niet in continudienst gewerkt wordt en waar geen of slechts kleine hoeveelheden gevaarlijke stoffen worden gebruikt. Vanuit het oogpunt van risicoanalyses zijn objecten in deze categorie verder als "beperkt kwetsbare objecten" te beschouwen en te behandelen volgens de richtlijnen in hoofdstuk 4 "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 mogen bevinden).

Bevi-bedrijven worden niet gecategoriseerd als *kwetsbare* of *beperkt kwetsbare* objecten. Bevi-bedrijven zelf moeten voldoen aan het plaatsgebonden risico, PR, en het groepsrisico voor inrichtingen moet te verantwoorden zijn.

8.1 Risicomethodiek

8.1.1 Niet-categoriale Inrichtingen

De normen voor PR mogen na plaatsing van de windturbines niet worden overschreden. Voor deze inrichtingen kan uitsluitend via een berekening (QRA) worden bepaald welke afstand tot (beperkt)

kwetsbare objecten moet worden aangehouden om aan de geldende normen te voldoen. Om na te gaan of na plaatsing van een windturbine nog steeds wordt voldaan aan de normen voor PR zal in de QRA rekening moeten worden gehouden met het treffen van risicovolle onderdelen van de inrichting door een blad, mast of gondel.

De trefkans van risicovolle onderdelen van nabijgelegen inrichtingen moet worden bepaald. Vervolgens dient de trefkans te worden vergeleken met de risicocriteria. De trefkansen van objecten op industriegebieden zoals opslagtanks dienen berekend te worden conform de methoden in bijlage C.

8.1.2 Categoriele Inrichtingen

Voor de categoriele 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 ongeval scenario's en de daarbij behorende preventieve maatregelen. Dit soort inrichtingen kan dus kwetsbaar blijken voor windturbines. In deze gevallen is het zinvol om vanuit het principe van een goede ruimtelijke ordening alsnog een QRA van de inrichting uit te voeren. Complicerende factor hierbij is dat uit de QRA kan blijken dat het daadwerkelijke plaatsgebonden risico van die inrichting anders is dan het wettelijk aangegeven plaatsgebonden risico. Omdat hier echter het principe van een goede ruimtelijke ordening centraal staat, is het het meest zorgvuldig om die berekende uitkomst van de niet categoriele inrichting te cumuleren met de faalkans verhogende werking van de windturbine, en de aldus verkregen uitkomst te beoordelen.

8.2 Risicocriteria

Bij Niet-categoriele bedrijven dient het Plaatsgebonden Risico (van de inrichtingen) berekend te worden en bepaald of het nieuwe groepsrisiconiveau te verantwoorden is. Het PR is van toepassing op kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten buiten de inrichting. Ook na plaatsing van de windturbines moet de nabij gelegen risicovolle inrichting aan de normen voor het plaatsgebonden risico voldoen.

Indien de windturbine niet substantieel bijdraagt aan een hoger risico van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende afstanden tot beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbine van kracht blijven. Om dit te toetsen, kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting gekeken worden. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde kan 10% worden gehanteerd.

Indien de toename in de catastrofale faalfrequentie deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing van de windturbine niet uitgesloten, maar wel kan worden geëist dat door middel van een QRA wordt aangetoond dat de beschouwde installatie ook na plaatsing van de windturbine(s) nog voldoet aan de normen voor PR. Toename van het risico van een inrichting kan echter leiden tot een vergroting van de risicoruimte van de inrichting, waardoor toekomstige uitbreiding kan worden bemoeilijkt. Dit kan een reden zijn voor de eigenaar van een inrichting om bezwaar te maken tegen plaatsing van de windturbine(s).

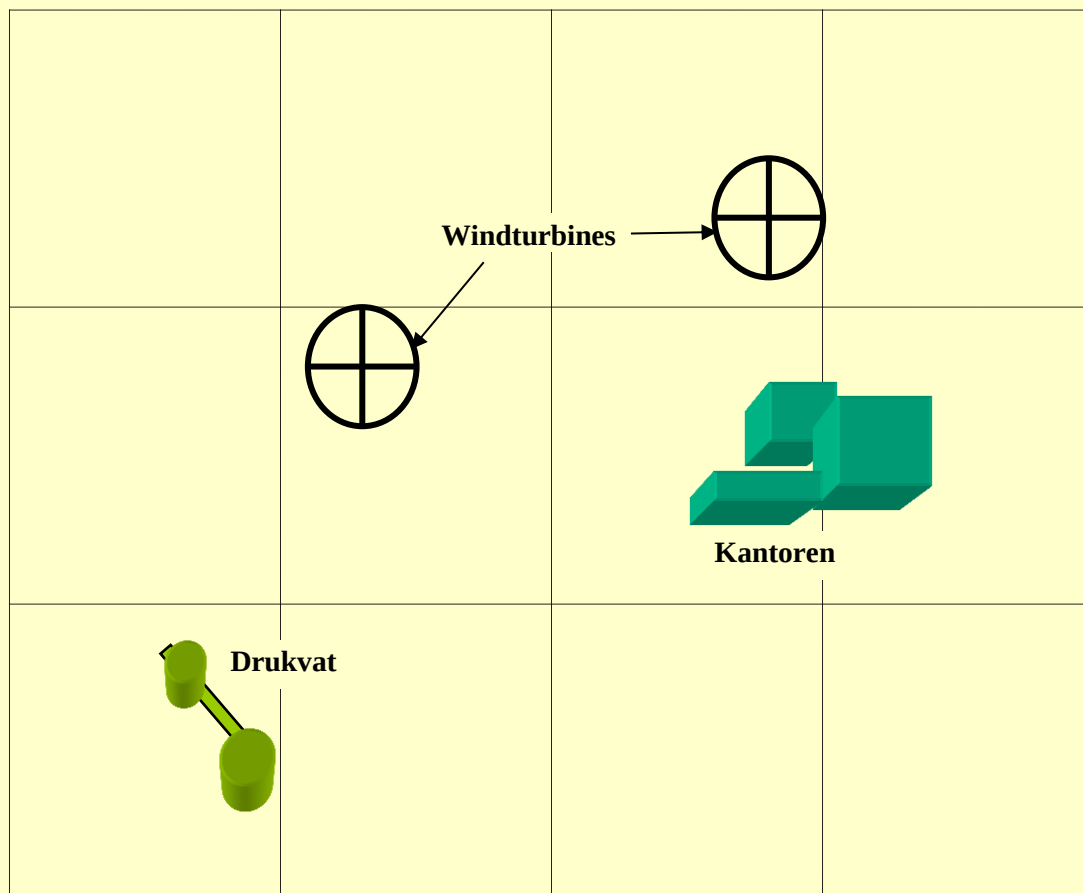
8.3 Rekenvoorbeeld

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 en lek slaat is bepaald op $2 \cdot 10^{-5}$ per jaar. In dit geval neemt de kans op falen van de tank met maximaal 7% toe en de bijdrage van de windturbine aan het risico van de opslagtank is verwaarloosbaar. Wel kan het bevoegd gezag om gewichtige redenen besluiten om van de genoemde richtwaarde van 10% af te wijken.

Voorbeeld

In ons voorbeeld blijkt bij navraag dat het drukvat een categoriale inrichting is waarvoor geen QRA is uitgevoerd. In bijlage B worden gegevens verstrekt om de kans te berekenen dat een afbrekend blad het drukvat treft en lek slaat. Is deze kans kleiner dan 10% van de generieke bezwijkkans van drukvaten zoals die in het “paarse boek” [7] gegeven zijn, dan kan het bevoegd gezag besluiten dat het toegenomen risico verwaarloosbaar klein is.

De kantoren zijn te beschouwen als “niet kwetsbare objecten” en zijn reeds behandeld in hoofdstuk 3 “Bebouwing”. Het drukvat levert voor de kantoren geen verhoogd indirect risico op.



Indien de richtwaarde in dit voorbeeld lager dan 7% gesteld zou worden, dan kan worden besloten om alsnog een volledige kwantitatieve risicoanalyse uit te voeren voor de risicogevoelige inrichting.

9. BUISLEIDINGEN

Voor eigenaren van buisleidingen voor transport van brandbare of gevaarlijke stoffen, waaronder, Gasunie geldt dat het van groot belang is de veiligheid en leveringszekerheid te kunnen garanderen. Voor Gasunie is de leveringsplicht zelfs wettelijk vastgelegd. Windturbines kunnen deze veiligheid en leveringszekerheid in gevaar brengen doordat er een kans bestaat dat een falende windturbine (of onderdelen daarvan) de buisleiding (deels) beschadigt. Wanneer er gevaarlijke stoffen door de leiding worden getransporteerd, kunnen er bij beschadiging ook slachtoffers vallen.

Buisleidingen worden in dit Handboek onderverdeeld in:

1. leidingen waardoor minder risicovolle tot *ongevaarlijke stoffen* worden getransporteerd, zoals lage druk aardgasleidingen, drinkwaterleidingen, rioleringen, en stadsverwarming
2. leidingen waardoor *gevaarlijke stoffen* worden getransporteerd, zoals hogedruk aardgasleidingen en hogedruk brandstofleidingen of petrochemische leidingen.

Voor leidingen waardoor minder risicovolle tot ongevaarlijke stoffen worden getransporteerd, bestaan geen risicocriteria. Deze hoeven in een risicoanalyse dan ook niet te worden beschouwd. De hierna volgende paragrafen hebben dus alleen betrekking op leidingen waardoor gevaarlijke stoffen worden getransporteerd en onder het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) vallen.

Bevb is wetgeving waaronder ten tijde van het uitbrengen van dit Handboek (Mei 2014) alleen buisleidingen met een druk vanaf 16 bar voor het transport van aardgas en vloeibare brandstoffen vallen. Wetgeving is in voorbereiding om het aantal producten onder de Bevb uit te breiden. Voor actuele informatie kan de website van het Ministerie van Infrastructuur en Milieu, www.infomil.nl geraadpleegd worden.

9.1 Adviesafstanden

Voor zowel bovengrondse als ondergrondse buisleidingen wordt geadviseerd een afstand aan te houden waarbuiten geen significant additioneel risico van een windturbine is te verwachten is. Deze afstand hangt samen met de gevolgen voor de omgeving wanneer de windturbine omvalt of een blad afbreekt.

Voor ondergrondse buisleidingen wordt geadviseerd de grootste afstand van:

- maximale werpafstand bij nominaal toerental
- ashoogte + $\frac{1}{2}$ rotordiameter

Voor bovengrondse buisleidingen, welke per definitie minder bescherming hebben dan ondergrondse leidingen wordt geadviseerd een afstand van:

- maximale werpafstand bij overtoeren

Indien aan de afstandseis wordt voldaan is geen kwantitatieve risicoanalyse nodig. Als buisleidingen wel binnen deze afstand liggen is een kwantitatieve risicoanalyse vereist.

Het kan voor de risicoanalyse uit maken wat als representatieve buis- of leidinglengte wordt toegepast. Bij een (zeer) lang buistracé wordt het additionele risico ten gevolge van een windturbine, meestal slechts van invloed op een relatief kort tracé deel, als het ware uitgemiddeld over een grote lengte, wat gevolgen kan hebben voor het resultaat.

Voor de risicoanalyse dient als representatieve lengte van de buisleiding de criteria uit de Bevb aangehouden te worden. Als eerste benadering geldt voor de representatieve lengte van de buisleiding het tracé deel dat geraakt kan worden door wind turbinecomponenten.

Voor buisleidingen is het Bevb van toepassing, het additionele risico ten gevolge van windturbines dient hierin meegenomen te worden.

9.2 Rekenmethodiek

Voor ondergrondse en bovengrondse buisleidingen is het Bevb van toepassing en moet zowel het Plaatsgebonden Risico (PR) berekend worden. Bovengrondse transportleidingen binnen een inrichting vallen onder de categorie “Industrie” zoals behandeld in hoofdstuk 8. De trefkans voor ondergrondse en bovengrondse buisleidingen wordt berekend conform bijlage C.

9.3 Risicocriteria en toetsing

Voor leidingbreuk van leidingen met gevaarlijke stoffen zijn faalfrequenties vastgesteld waarmee in het kader van het Bevb gerekend dient te worden. Bij de beheerder van de buisleiding zijn de faalfrequenties voor de specifieke situatie bekend..

Als richtlijn kan worden aangehouden dat 10% additioneel risico toelaatbaar is. Echter onder alle omstandigheden geldt dat de buisleiding aan het Bevb dient te voldoen.

Indien de windturbine niet substantieel bijdraagt aan een hoger risico van buisleidingen, zullen de voor de leiding geldende afstanden tot beperkt kwetsbare en kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbine van kracht blijven. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de faalfrequentie van de leiding gekeken worden. Indien deze toename verwaarloosbaar is, dan is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan.

Het advies is om de toetsing aan het Bevb in samenwerking met de leidingbeheerder uit te voeren, deze heeft hiervoor ook de ervaring met de hiervoor toegepaste rekentools. Ook weet de leidingbeheerder welke risicoruimte nog aanwezig is.

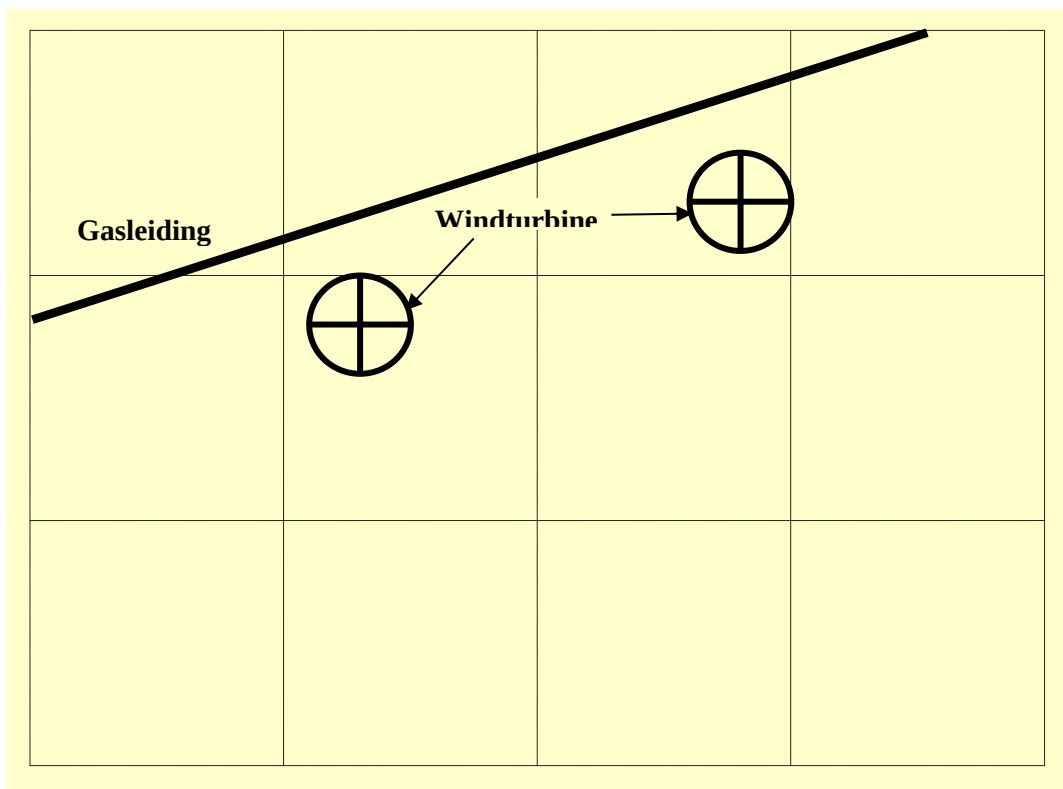
De windturbine exploitant dient het additionele risico door de windturbine(s) op de buisleiding te bepalen en in overleg met de leidingbeheerder vast te stellen of de buisleiding ten gevolge van het toegevoegde risico nog steeds aan het Bevb voldoet.

Toename van het risico van een transportleiding kan echter leiden tot een vergroting van de risicoruimte van de leiding, waardoor toekomstige uitbreiding kan worden bemoeilijkt. Of dit het geval is dient vroegtijdig met de leiding beheerder overlegd te worden.

9.4 Rekenvoorbeeld

Voorbeeld

In dit voorbeeld worden windturbines binnen de maximale bladworpafstand gepositioneerd, maar buiten het effectgebied van een vallende mast of gondel. Met behulp van bijlage C is een analyse uitgevoerd, waarbij ook de diepte van de leiding, de leidingparameters, de rotatie van het blad, en de kinetische energie in het blad zijn beschouwd. Hieruit blijkt dat de kans op bezwijken van de leiding als gevolg van bladbreuk een factor 1000 lager is dan de basis faalfrequentie van de leiding. De eigenaar beoordeelt dat het toegenomen risico verwaarloosbaar klein is. Ook na plaatsing van de windturbines voldoet de gasleiding nog steeds aan de geldende risicocriteria uit de Bevb.



9.5 Contact

Bij de betreffende tracébeheerder van Gasunie kan de projectontwikkelaar informatie inwinnen over de breukkans van Gasunie leidingen.

Gasunie; T: 050 521 91 11; www.gasunie.nl.

10. HOOGSPANNINGSINFRASTRUCTUUR

Dit Handboek neemt zowel bovengrondse als ondergrondse hoogspanningsinfrastructuur op. De reden hiervoor is dat het bezwijken van deze infrastructuur tot grote maatschappelijke ontwrichting kan leiden. Voor eigenaren van hoogspanningsinfrastructuur, zoals TenneT, is het van groot belang om de leveringszekerheid van elektriciteit te kunnen garanderen. TenneT (TenneT TSO BV) heeft op grond van de Elektriciteitswet 1998 de plicht te zorgen voor voldoende capaciteit voor het transport van elektriciteit en daarmee te voorzien in de (inter)nationale elektriciteitsbehoefte. Om aan deze verplichtingen te voldoen beheert TenneT het transportnetwerk van 110kV tot en met 380kV. Naast het beheer van bestaande assets heeft TenneT tevens als taak - waar dat noodzakelijk is voor een robuust netwerk - voorbereiden en realiseren van nieuwe assets. De assets betreffen lijnen (110, 150, 220, 380 kV), kabels (110, 150, 380), masten (vakwerk en wintrack inclusief opstijgpunten) en stations (met of zonder transformator) en bijbehorende hulpmiddelen.

Windturbines kunnen de leveringszekerheid in gevaar brengen doordat er een kans bestaat dat een falende windturbine (of onderdelen daarvan) de hoogspanningsinfrastructuur van TenneT (deels) beschadigt. TenneT heeft een leveringsplicht waaraan ze moet voldoen. TenneT zal bezwaar maken tegen plaatsing van een windturbine in de nabijheid van hun hoogspanningsinfrastructuur als naar het oordeel van TenneT de leveringszekerheid in gevaar wordt gebracht.

Voor de risicoanalyse dient voor het al bestaande risico, dus zonder het additionele risico van de windturbines, van de verbinding de tracé afstand tussen de aangrenzende verdeel- of transformatorstations genomen te worden.

Voor andere boven- of ondergrondse lijnen of kabels zoals kabels voor telecom en centrale antenne en midden- of laagspannings infrastructuur, bestaan geen risicocriteria waaraan getoetst hoeft te worden. Wanneer afbrekende windturbineonderdelen ondergrondse kabels treffen is het onwaarschijnlijk dat er direct of indirect slachtoffers vallen.

Afstand

TenneT acht het risico van windturbines op hun infrastructuur aanvaardbaar wanneer wordt voldaan aan de volgende afstanden. TenneT adviseert daarom deze afstand aan te houden.

Er dient een vrije ruimte aangehouden te worden die minimaal gelijk of groter is dan de maximale werpafstand bij nominaal toerental, of indien deze groter is ashoogte plus $\frac{1}{2}$ rotordiameter, van de betreffende windturbine, zoals beschreven en aangeduid in tabel 2 van dit handboek (generieke waarden voor werpafstanden, zie ook bijlage B).

Staat het type windturbine niet in deze tabel dan wordt uitgegaan van de maximale werpafstand van het volgende windturbine type in vermogen (bijv. turbine type met ashoogte 80 m en vermogen 1500kW, dan is de aan te houden afstand die van windturbintype 2000kW en 80 meter).

Indien (nog) niet bekend is welke windturbine geplaatst gaat worden dan wordt uitgegaan van de maximale werpafstand bij nominaal toerental te weten 245 meter.

10.1 Risicoanalyse en -criteria

Wanneer niet wordt voldaan aan de afstandseis, vraagt TenneT om met hen in overleg te treden. TenneT bekijkt op basis van het concrete geval welk risico voor de betreffende asset op dat moment kan worden aanvaard. Dit kan niet generiek worden bepaald, omdat het onder andere afhankelijk is van het soort asset, de locatie van de windturbine, type windturbine etc. Daartoe is het doorgaans vereist een risicoanalyse uit te voeren zoals beschreven in Bijlage C.

Als eerste richtlijn kan gebruikt worden dat de windturbine(s) de kans op falen van de verbinding met 10% mag verhogen. Deze additionele faalkans wordt gerelateerd aan de al aanwezige faalkans van de verbinding tussen de aangrenzende verdeel- of transformatorstations. Omdat er geen standaard faalfrequentie van een hoogspanningsverbinding bestaat, dient in alle gevallen overleg en afstemming met TenneT plaats te vinden.

10.2 Contact

Bij TenneT kan de projectontwikkelaar informatie inwinnen.

TenneT; T: 026 373 11 11; www.tennet.eu

12. DIJKLICHAMEN EN WATERKERINGEN

Waterkeringen kunnen worden ingedeeld naar hun functie in:

- primaire dijken (water-land)
- secundaire dijken (land-land)
- dammen (water-water).

Waterkeringen zijn in beheer bij Rijkswaterstaat of de waterschappen.

Naast calamiteiten met de windturbine bestaan er nog vijf mogelijke faalmechanismen (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.

12.1 Afstand

Rijkswaterstaat verleent namens de Minister van Infrastructuur en Milieu vergunning wanneer een windturbine op het gronden van Rijkswaterstaat wordt geplaatst. Dit geldt ook wanneer een blad(deel) over het eigendom van Rijkswaterstaat draait. Rijkswaterstaat hanteert in artikel 7 van de “Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken” de volgende eis:

- 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.
- 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 de Waterwet [19].

Indien RWS vergunningverlener is, wordt deze eis gesteld voor het verlenen van de vergunning.

12.2 Risicocriteria en Toetsing

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.

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 1.250, 2.000 of 10.000 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.

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

12.3 Contact

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, www.rijkswaterstaat.nl, telefoon 0800-8002
- Waterschappen, lokale contactorgaan te vinden op www.waterschappen.nl

13. BRONMAATREGELEN EN MITIGERENDE MAATREGELEN

Wanneer een windturbine niet aan de risicocriteria voldoet, kan gekeken worden naar maatregelen om het risico dat de windturbine veroorzaakt te beperken.

Maatregelen ter beperking van het risico zijn te verdelen in bronmaatregelen en mitigerende maatregelen. Bronmaatregelen zijn op de windturbine zelf van toepassing en hebben het doel de kans van falen van de windturbine te verlagen en/of de gevolgen van falen te verkleinen. Mitigerende maatregelen zijn juist van toepassing op het te beschermen object en bedoeld om, gegeven een ongeval, het gevolg te verkleinen.

13.1 Bronmaatregelen

Vanuit de windturbine of het windpark kunnen de volgende bronmaatregelen gehanteerd worden:

- ashoogteverlaging,
- toerentalverlaging in combinatie met vermogensbeperking,
- sectormanagement,
- verhoging IEC klasse voor mast en fundering.

Wanneer blijkt dat voor een bepaalde locatie het additionele risico van de windturbine te hoog is, is het in een aantal gevallen mogelijk om bronmaatregelen toe te passen. Wanneer deze bronmaatregelen leiden tot een acceptabel additioneel risiconiveau kan de windturbine of het windpark alsnog voldoen aan de risico-eisen.

13.1.1 Ashoogteverlaging

Indien uit de risicoanalyse volgt dat het additionele risico van een object te hoog is en dit object op de rand, of net aan de binnenzijde, van het gebied met verhoogd risico ligt kan ashoogteverlaging een optie zijn om het risico binnen aanvaardbare grenzen te krijgen.

Door de ashoogte van de windturbine te verlagen, worden de effectafstanden van mastbreuk en bladafworp verkleind. Indien de betreffende infrastructuur binnen of op de rand van de maximale effectafstand ligt, kan door ashoogteverlaging worden bereikt dat deze buiten het gebied van de trefkans komt te liggen.

Ondermeer afhankelijk van de geplande ashoogte, is het mogelijk om de ashoogte met 10 tot 20% te verlagen zonder dat dit technische consequenties voor het windturbineontwerp heeft. Het merendeel van de windturbineleveranciers kunnen hun windturbines met verschillende ashoogtes leveren. Ter

illustratie, windturbines met 90 tot 100 meter rotordiameter worden grotendeels met 100 tot 110 meter ashoogte uitgevoerd, maar 80 meter ashoogte is eveneens mogelijk.

Ashoogteverlaging verkleint eveneens het risicogebied bij mastfalen en afworp van de rotor en gondel.

13.1.2 Toerentalverlaging in combinatie met vermogensbeperking

Toerenverlaging als preventieve maatregel heeft als resultaat dat de afworpafstand van de rotorbladen afneemt.

Toerenverlaging kan enkel worden gerealiseerd in combinatie met verlaging van het nominaal vermogen. De bijbehorende verlaging in vermogen dient met de leverancier afgestemd te worden. Als vuistregel kan gehanteerd worden dat de afname in nominaal vermogen evenredig is met de toerentalverlaging. Ter illustratie, 10% toerentalverlaging leidt tot 10% verlaging van het vermogen.

Ten gevolge van de toerentalverlaging is het niet mogelijk om de generieke afstanden, als functie van geïnstalleerd vermogen, toe te passen. De gepresenteerde resultaten zijn gebaseerd op het nominale toerental behorende bij het overeenkomstige vermogen.

Met behulp van de formules voor kogelbaanberekeningen dienen voor het verlaagde toerental opnieuw de afworpafstanden van het rotorblad bepaald te worden.

Door toerentalverlaging neemt naar alle waarschijnlijkheid ook de faalfrequentie van de windturbines af voor een deel van de scenario's. Dit kan echter niet gekwantificeerd worden en om deze reden wordt hiermee geen rekening gehouden.

13.1.3 Sectormanagement

In windparken wordt regelmatig sectormanagement toegepast. Dit houdt in dat indien de wind uit vooraf gedefinieerde windrichtingen komt het vermogen van het windpark, of van enkele windturbines, wordt beperkt. De meest voorkomende reden om sectormanagement toe te passen is het verlagen van de turbulentie-intensiteit bij windturbines die in zog van andere windturbines worden aangestroomd.

Sectormanagement kan eveneens toegepast worden als bronmaatregel om het additionele risico, ten gevolge van de windturbines, op een object te verlagen. Sectormanagement biedt geen oplossing bij mast- en gondelfalen, maar wel bij bladafworp. Bij bladafworp is de richting veelal in het vlak van de rotor terwijl de richting van vallen bij mast- en gondelfalen meer willekeurig is. Om deze reden is sectormanagement enkel voor het bladafworpsценario zinvol. Indien een object slechts getroffen kan worden door een afgebroken rotorblad bij een beperkt aantal gondelposities, kan sectormanagement voor een verlaagd risiconiveau zorgen.

Als preventieve maatregel kan het volgende toegepast worden:

- stilzetten van één of meerdere windturbines in vooraf bepaalde gondelposities, het risico door bladafworp wordt in deze gondelposities daarmee gelijk aan nul
- verlagen van het toerental/vermogen van één of meerdere windturbines in vooraf bepaalde gondelposities, het risico door bladafworp wordt in deze gondelposities verlaagd.

13.1.4 IEC-klasse verhoging

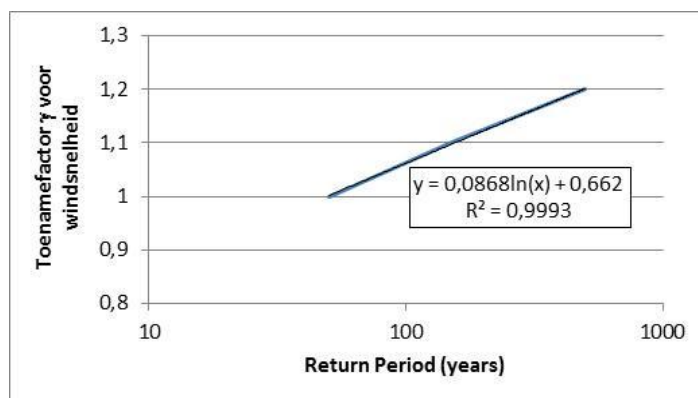
De windklasse van een gebied is bepalend voor welk type windturbine geschikt is om op deze locatie te plaatsen. De IEC heeft drie turbineklassen ingedeeld voor hoge, gemiddelde en lage wind.

Wanneer een turbine wordt geplaatst met een hogere IEC klasse dan dat voor die locatie noodzakelijk is, kun je stellen dat de turbine ‘overgedimensioneerd’ is. Hierdoor kan een reductiefactor van 1,6 op de faalkans voor mastbreuk worden toegepast. De reductiefactor is alléén van toepassing op mastbreuk. De afleiding voor deze reductiefactor is hieronder weergegeven.

De IEC 61400-1 beschrijft de eigenschappen van de drie klasse als volgt:

Turbine Class	IEC I High Wind	IEC II Medium Wind	IEC III Low Wind
Annual average wind speed	10 m/s	8.5 m/s	7.5 m/s
Extreme 50-year gust	70 m/s	59.5 m/s	52.5 m/s
Turbulence classes	A 18%	A 18%	A 18%
	B 16%	B 16%	B 16%

Wanneer een turbine klasse I wordt geplaatst op een klasse IEC II locatie, kun je stellen dat de turbine ‘overgedimensioneerd’ is. De verwachting is dat de faalkans van de turbine gereduceerd wordt. Om hier een reductiefactor voor te bepalen is gebruik gemaakt van de norm IEC 60826 ‘Design criteria of overhead transmission lines’ waarin aangegeven wordt met welke factor de maximale windsnelheid wordt verhoogd wanneer de zgn. terugkeerperiode toeneemt. In grafiekvorm ziet dit er als volgt uit:



De toenamefactor γ is gerelateerd aan de windsnelheidstoename en niet aan de belasting door de wind. Het is een klimatologische factor en daarmee algemeen toepasbaar, onafhankelijk van het type bouwwerk. De grafiek geeft aan dat een grotere windvraag (grotere γ) zeldzamer is en dus een grotere terugkeer-periode kent. Ter verduidelijking het volgende voorbeeld. Stel dat bij een terugkeerperiode van 50 jaar de overleefwindsnelheid gelijk is aan 52,5 m/s. Dan wordt bij een terugkeerperiode van 150 jaar de bijbehorende overleefwindsnelheid gelijk aan $52,5 \cdot 1,1$ (57,8 m/s).

Voor de verschillende IEC klasse geldt een verschillende 'extreme 50-year gust'. De tolerantie toename is als volgt:

- Van IEC 2 naar IEC 1: $70 / 59,5 = 1,17$
- Van IEC 3 naar IEC 2: $59,5 / 52,5 = 1,13$

Deze tolerantietoename van de extreme windsnelheid kan vergeleken worden met de toenamefactor γ als weergegeven in Figuur x. Wanneer conservatief een toename van 1,13 wordt aangehouden, gaat de terugkeerperiode van 50 jaar naar 220 jaar, een toename van een factor 4,4 en dit is gelijk te stellen aan een reductiefactor van 4,4 voor het falen van de mast ten gevolge van overbelasting door wind.

Falen van de windturbine wordt ook veroorzaakt door andere oorzaken dan overbelasting van wind., zoals ontwerp-, materiaal- en onderhoudsfouten. Er wordt conservatief aangenomen dat de kans van het falen van een windturbine slechts in de helft van de gevallen wordt veroorzaakt door overbelasting door wind. De reductiefactor van 4,4 voor verhoging van een IEC-klasse grijpt daardoor in op de helft van de faalkans voor mastbreuk. De nieuwe faalkans wordt daarmee $(0,5/4,4) + 0,50 = 0,61 \cdot \text{oude faalkans}$, een reductie van een factor 1,63. Voorgesteld wordt om conservatief te rekenen met een factor 1,6.

13.2 Mitigerende maatregelen

Mitigerende maatregelen zijn van toepassing op het te beschermen object. Vanwege de grote massa's van de verschillende windturbine onderdelen, zijn mitigerende maatregelen niet altijd praktisch haalbaar. Het beveiligen van een bovengronds object (gasleiding, hoogspanningsmast, kabel etc.) door het aanbrengen van een beschermende omhulling (door middel van bijvoorbeeld gewapend beton of een stalen constructie) is slechts zeer beperkt toepasbaar, en wanneer het al toepasbaar is, zal het de kans op falen in beperkte mate beïnvloeden. Alleen wanneer de constructie zodanig stevig is, dat de impact van de tip kan worden weerstaan kan de in de voorgestelde rekenmethodiek ten aanzien van bladafworp de term $2/3$ bladlengte worden vervangen door $1/3$ bladlengte. Hierbij zal moeten worden aangetoond dat de constructie van het object bestand is tegen de impact die de buitenste $1/3$ deel van het blad kan veroorzaken. Aan beide zijden van het massamiddelpunt telt $1/3$ deel van de bladlengte mee, wat het overgrote deel van de massa van het blad vertegenwoordigt.

Afgezien van een beschermende constructie bestaan slechts enkele maatregelen die niet uitsluitend betrekking hebben op de faalkansen van windturbines. Zo zijn afstand (tussen windturbine en

infrastructuur/object), diepteligging (voor ondergrondse objecten) en sterkte van objecten mogelijkheden om de kans op schade door windturbines te beperken.

Ondergrondse infrastructuur kan bijvoorbeeld worden afgedekt met beschermende stalen of betonnen platen. Deze zullen echter een grote dikte moeten hebben om een deel van de energie op te vangen. De schokgolf zal deels door de platen heen worden doorgegeven, waardoor de ondergrondse infrastructuur blootgesteld blijft aan de schokgolf. Om deze reden worden afdekplaten niet gezien als een doeltreffende mitigerende maatregel. Indien platen wel als maatregel worden toegepast, zal moeten worden aangetoond voor welke scenario's de platen doeltreffend zijn. Een randvoorwaarde is dat de functionaliteit van het beschermde object niet in geding komt en dat er voldoende afstand bestaat tussen de plaat en de kabel of leiding, waardoor de plaat niet met de kabel of leiding in aanraking kan komen.

REFERENTIES

- [1] Besluit van 27 mei 2004, houdende milieukwaliteitseisen voor externe veiligheid van inrichtingen milieubeheer (*Besluit externe veiligheid inrichtingen*), Staatsblad 2004, 250.
- [2] *Windturbines langs auto-, spoor- en vaarwegen; Beoordeling van veiligheidsrisico's*, Rijkswaterstaat en NS Railinfrabeheer, Doc. Nr. VRWP-99004, 15 april 1999.
- [3] *Activiteitenbesluit milieubeheer, Besluit algemene regels voor inrichtingen*. Besluit van 19 oktober 2007.
- [4] *Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Waterkeringen*, Stowa, Utrecht 2007.
- [5] *Windturbines op of langs waterkeringen, een kennisinventarisatie*, STOWA 2011-W-04. Utrecht, 2007.
- [6] *PGS 3, Guidelines for quantitative risk assessment*, Ministerie van Buitenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, SZW en Ministerie van Verkeer en Waterstaat, december 2005.
- [7] IEC 61400-1, 3rd edition 2005, “*Wind turbine generator systems – Part 1: Design Requirements*”
- [8] IEC 61400-22 first edition 2010: “*Part 22: Conformity testing and certification*”, 2010.
- [9] Ministerie van Verkeer en Waterstaat – Directoraat-generaal Rijkswaterstaat, “*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken*”, Staatscourant 2 juli 2002, nr. 123 / pag. 13.
- [10] *Circulaire Risiconormering vervoer gevaarlijke stoffen*; Ministeries Verkeer en Waterstaat, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties en VROM, Staatscourant 4 augustus 2004, nr 147/pagina 16 (vervallen per 1 juli 2014).
- [11] Besluit van 7 oktober 2004, houdende vaststelling van het tijdstip van inwerkingtreding van het Besluit externe veiligheid inrichtingen, Staatsblad 2004, 521.
- [12] *Veilig vervoeren, veilig werken, veilig leven met spoor, Derde Kadernota Railveiligheid*. Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2010.
- [13] *Wet algemene bepalingen omgevingsrecht*, wet van 6 november 2008.
- [14] Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2006) *Nota Vervoer Gevaarlijke stoffen*, beleidsnota.

- [15] DNV KEMA (2012) *Rekenmethodiek zonering windturbines*, in opdracht van NV Nederlandse Gasunie en Tennet TSO B.V., 18 december 2012, 74101452 GCS 12.R.53190
- [16] RIVM (2012) *Protocol aanpassing rekenmethodieken Externe Veiligheid*, RIVM rapport 620550009/2012 DORA 11-04. <http://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/620550009.pdf>
- [17] Handleiding Risicoberekeningen Bevi, RIVM, juli 2009.
- [18] SAFETI-NL, Rekenmethodiek Bevi, DNV.
- [19] Waterwet, 29 januari 2009.
- [20] Besluit van 24 juli 2010, houdende milieukwaliteitseisen externe veiligheid voor het vervoer van gevaarlijke stoffen door buisleidingen (Besluit externe veiligheid buisleidingen)
- [21] Besluit van 4 oktober 210 tot wijziging van het Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer en het Besluit omgevingsrecht (wijziging milieuregels windturbines), Staatsblad 2010, 749.
- [22]]‘Beantwoording vragen die zijn gesteld tijdens het Algemeen Overleg met de vaste commissie voor VROM dd. 15 september 2010 over windturbines’ Minister van Volksgezondheid, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, DGR/LOK2010025863].

DEFINITIES EN AFKORTINGEN

Risicoanalyse

Bevi: Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

Bevb: Besluit Externe Veiligheid Buisleidingen

GR: Groepsrisico

GR_i: Groepsrisico voor inrichtingen

I&M: Ministerie van Infrastructuur en Milieu

IPR: Individueel passantenrisico

PR: Plaatsgebonden risico

MHW: Maatgevende Hoogwaterstand

MR: Maatschappelijk risico

NWEA: Nederlandse Windenergie Associatie

QRA: Quantitative Risk Assessment - kwantitatieve risicoanalyse

Revb: Regeling externe veiligheid buisleidingen

RWS: Rijkswaterstaat

Wabo: Wet algemene bepalingen omgevingsrecht

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

Direct risico: Kans op het direct tot slachtoffers leiden door falen van de windturbine.

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

Groepsrisico (GR): Cumulatieve kans per jaar dat een aantal personen overlijdt als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting leiding met gevaarlijke stof of transportroute en een ongewoon voorval binnen die inrichting, leiding of route.

Er zijn twee oriëntatiewaarden voor het groepsrisico:

- **groepsrisico voor inrichtingen** (in dit Handboek afgekort als **GR_I**): De oriëntatiewaarde voor het GR_I 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), et cetera
- **groepsrisico voor transportroutes en leidingen:** De oriëntatiewaarde voor het GR_T 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) et cetera, per kilometer transportroute.

Indirect risico: Kans op het indirect tot slachtoffers leiden door falen van de windturbine (voorbeeld: een nabijgelegen object wordt getroffen door falen van de windturbine, en vormt vervolgens een risico voor de omgeving).

Individueel passantenrisico (IPR): *Dit begrip wordt gebruikt door Rijkswaterstaat en ProRail 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 ProRail 10^{-6} per jaar. Voor een infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzesig kilometer per uur bestaan (bijvoorbeeld de Hoge Snelheidslijn) hanteert ProRail een toelaatbare waarde van 10^{-7} per jaar.

Beperkt kwetsbaar object:

- a. 1°. verspreid liggende woningen van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen per hectare, en 2°, dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b. kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder onderdeel m, onder c, vallen;
- c. hotels en restaurants, voorzover zij niet onder onderdeel m, onder c, vallen;
- d. winkels, voorzover zij niet onder onderdeel m, onder c, vallen;
- e. sporthallen, zwembaden en speeltuinen
- f. sport- en kampeerterreinen en terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet onder onderdeel m, onder d, vallen;
- g. bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet onder onderdeel m, onder c, vallen;
- h. objecten die met de onder a tot en met e en g genoemde gelijkgesteld kunnen worden uit hoofde van de gemiddelde tijd per dag gedurende welke personen daar verblijven, het aantal personen dat daarin doorgaans aanwezig is en de mogelijkheden voor zelfredzaamheid bij een ongeval, voorzover die objecten geen kwetsbare objecten zijn, en

- i. objecten met een hoge infrastructurele waarde, zoals een telefoon- of elektriciteitscentrale of een gebouw met vluchtleidingsapparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;

Kwetsbaar object:

- a. woningen, niet zijnde woningen als bedoeld in onderdeel a, onder “beperkt kwetsbaar object”.
- b. gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 - i. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 - ii. scholen, of
 - iii. gebouwen of gedeelten daarvan, bestemd voor dagopvang van minderjarigen;
- c. gebouwen waarin doorgaans grote aantallen personen gedurende een groot gedeelte van de dag aanwezig zijn, zoals:
 - i. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 - ii. complexen waarin meer dan 5 winkels zijn gevestigd en waarvan het gezamenlijk bruto vloeroppervlak meer dan 1000 m² bedraagt en winkels met een totaal bruto vloeroppervlak van meer dan 2000 m² per winkel, voorzover in die complexen of in die winkels een supermarkt, hypermarkt of warenhuis is gevestigd, en
- d. kampeer- en andere recreatieterreinen bestemd voor het verblijf van meer dan 50 personen gedurende meerdere aaneengesloten dagen;

Maatschappelijk risico (MR): Dit begrip wordt gebruikt door Rijkswaterstaat en de ProRail binnen hun werken. Het heeft geen algemene toepassing. Het maatschappelijk risico is een maat voor het verwachte aantal passanten dat dodelijk getroffen wordt per jaar en is een risicomaat voor de maatschappelijke beleving.

Plaatsgebonden risico (PR): Risico op een plaats buiten een inrichting, leiding met gevaarlijke stof of transportroute, uitgedrukt als een kans per jaar dat een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, overlijdt als een rechtstreeks gevolg van een ongewoon voorval binnen die inrichting, leiding of route.

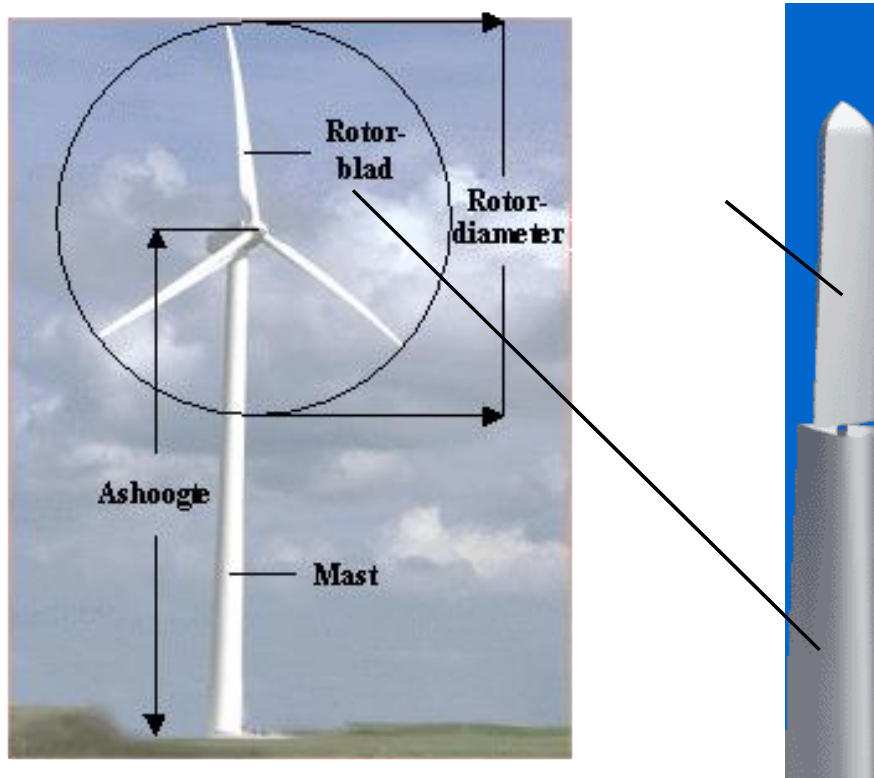
Risico: De kans op een incident in combinatie met de gevolgen van dat incident. In de context van risicoanalyses worden de gevolgen uitgedrukt in het aantal dodelijke slachtoffers gecombineerd met de kans op één of meer slachtoffers, hetzij per punt rond de inrichting (plaatsgebonden risico) hetzij op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

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

Trefkans: Kans dat een object getroffen wordt door een (onderdeel) van een falende windturbine, waarbij een dodelijk slachtoffer het gevolg is.

Technologie

De specifieke terminologie voor windenergie en windturbines wordt toegelicht mede aan de hand van onderstaand beeld.



Ashoogte: hoogte van het rotorcentrum boven het terrein.

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

Maximale werpafstand: De maximale afstand die door een afbrekend rotorblad tijdens een overtoeren-situatie overbrugd kan worden.

Remmen: het tot stilstand brengen van de rotor.

- Normaal gesproken zijn turbines uitgerust met een aerodynamische rem (bijvoorbeeld het verstellen van het hele blad of het verstellen van de remtip, zie figuur 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 figuur 1).

Toerental: Omwentelingssnelheid van de rotor.

- Nominaal: omwentelingsnelheid waarbij het nominale vermogen wordt geleverd
- Overtoeren: omwentelingsnelheid 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.