

SAVE-W



# Relevant en veiligheid windenergie

Kennistafel veiligheid windenergie  
Jeroen Eskens



## Algemene Informatie

### Basisgegevens

Projectnaam	Relevant en veiligheid windenergie
Type windturbine(s)	Relevantje
Locatie	Westkanaaldijk 7, 3542 DA Utrecht
Berekening uitgevoerd door	Kennistafel veiligheid windenergie Jeroen Eskens 0620544823



## 1. Inhoud

2. Kader	2
3. Save-W	4
4. Gehanteerde invoerparameters	7
5. Resultaten risicoberekening	8
6. Disclaimer	9

Save-W is een online rekenmodel dat gratis beschikbaar wordt gesteld door:

- Het ministerie van Infrastructuur en Milieu
- Gasunie
- Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO)
- Velin
- Nederlandse Windenergie Associatie (NWEA)
- Antea Group

Save-W is een productie van Antea Group en gevalideerd door het RIVM.



## 2. Kader

### Windturbines en externe veiligheid

Windturbines hebben een extern veiligheidseffect voor de omgeving als gevolg van mechanisch falen. In de wetgeving zijn hiervoor normen en richtlijnen gesteld. De belangrijkste hiervan zijn de normen ten aanzien van het plaatsgebonden risico uit het Activiteitenbesluit (artikel 3.15a). De norm voor kwetsbare objecten is PR 10-6/jaar, de norm voor beperkt kwetsbare objecten PR 10-5/jaar.

Naast de normen voor het plaatsgebonden risico uit het Activiteitenbesluit, gelden er ook normen voor het domino-effect dat windturbines mogen hebben op insluitsystemen met gevaarlijke stoffen in de omgeving. Deze normen vloeien onder meer voort uit het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), het Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en het Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt).

Naast de wettelijke kaders op gebied van externe veiligheid hanteren bedrijven zoals Gasunie en TenneT ook eigen adviesafstanden. Deze adviesafstanden hebben geen juridische status. Wel kunnen ze in het kader van een goede ruimtelijke ordening in acht genomen worden.

### Handboek Risicozonering Windturbines

Het Handboek Risicozonering Windturbines (HRW) is in het jaar 2000 opgesteld door ECN in opdracht van Novem (nu RVO.NL). Het HRW is vervolgens geactualiseerd in 2005 en 2014.

Het HRW bevat een globale omschrijving van wet- en regelgeving, maar heeft geen juridische status.

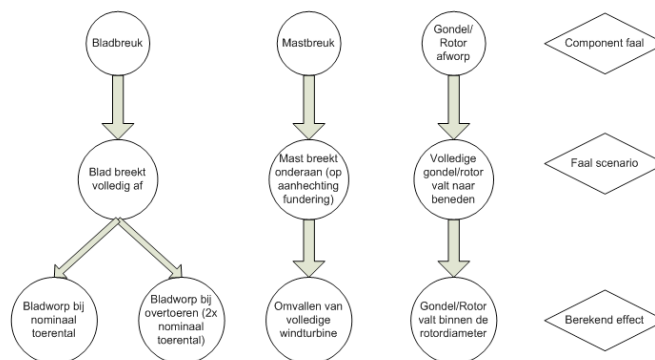
Daarnaast bevat het HRW bijlagen waarin de faalkansen van windturbines zijn bepaald (bijlage A) en een bijlage (bijlage C) waarin methodieken zijn omschreven voor het uitvoeren van risicoberekeningen van windturbines. Deze risicoberekeningen zijn onder te verdelen in het berekenen van veiligheidsafstanden (risicocontouren en effectafstanden) en het berekenen van trefkansen op objecten (domino-effecten).

### Faalscenario's

Om het risico van een windturbine te berekenen worden er in het HRW 3 soorten falen van een windturbine beschouwd:

- bladbreuk;
- mastbreuk;
- gondel/rotor afworp.

Deze drie soorten falen zijn vervolgens vertaald in faalscenario's waarbij per scenario een effect wordt berekend, zie de figuur 1 hieronder.



Figuur 1, Scenario's

1 Effect waarbij een windturbineonderdeel een insluitsysteem met gevaarlijke stoffen in de omgeving dusdanig beschadigt dat de gevaarlijke stoffen vrijkomen.



## Faalfrequenties

In bijlage A2 van het HRW is omschreven op welke wijze de faalfrequenties van de verschillende scenario's is bepaald. SAVE-W hanteert deze in het RRW omschreven faalfrequenties.

Scenario	Faalfrequentie / jaar
Bladbreek nominaal toerental	$8,4 \times 10^{-4}$
Bladbreek overtoeren	$5,0 \times 10^{-5}$
Mastbreek	$1,3 \times 10^{-4}$
Gondel/rotor afworp	$4,0 \times 10^{-5}$



### 3. Save-W

#### Berekeningsmethodiek

Save-W berekent veiligheidsafstanden (plaatsgebonden risico contouren en effectafstanden) op basis van een ballistisch model zonder luchtkrachten zoals omschreven in bijlage C10 van het HRW. Dit betekent dat:

- Geen rekening wordt gehouden met luchtkrachten (luchtweerstand, windsnelheid, windrichting). Deze geavanceerdere berekeningsmethode geeft een nauwkeuriger beeld van de risico's, maar is complex (zowel modelmatig als qua invoerparameters).
- Trefkansen op objecten niet met Save-W berekend kunnen worden.

Het model berekent per scenario het plaatsgebonden risico per vierkante meter en telt deze vervolgens bij elkaar op. Hierdoor ontstaat een plaatsgebonden risicocurve op basis waarvan de plaatsgebonden risico contouren bepaald worden.

#### Scenario bladafworp

Save-W berekent de het plaatsgebonden risico van het scenario bladbreuk in drie stappen:

- Het blad breekt af bij de bladwortel, met als gevolg dat het volledige blad inclusief aanhechting afgeworpen wordt.
- Op basis van het nominaal toerental, de azimuthhoek van het blad en de valversnelling berekent het model vervolgens de kogelbaan van het zwaartepunt van het rotorblad en de vierkante meter waarop deze de grond raakt. Deze berekening wordt uitgevoerd voor 10.000 verschillende rotorstanden.
- Het model berekent vervolgens het plaatsgebonden risico per vierkant meter door de trefkans van het zwaartepunt te vermenigvuldigen met het kritiek bladoppervlak en een schaduwfactor van 1,5.

De effectafstand van dit scenario is de maximale werpafstand waarop het zwaartepunt van het blad terecht kan komen.

#### Mastbreuk

Bij het scenario mastbreuk wordt er vanuit gegaan dat de mast bij de voet afbreekt en deze volledig omvalt. De richting van het vallen van de mast is aangenomen uniform verdeeld te zijn (geen voorkeursrichting). Save-W rekent met verschillende valrichtingen.

Met het mastbreukscenario wordt zowel het effect van de mast, de gondel en de rotor berekend. Zo ontstaan er drie verschillende risicogebieden:

- een cirkelvormig gebied met de straal  $H$  ( $H$  = masthoogte) rondom de turbine, waar de mast terecht kan komen;
- een cirkelschijf met binnenstraal  $H-h/2$  ( $h$  = gondelhoogte) en buitenstraal  $H+h/2$ , waar de gondel terecht kan komen;
- een cirkelschijf met binnenstraal  $H-D/2$  ( $D$  = Rotordiameter/2 of bladlengte) en buitenstraal  $H+D/2$ , waar de rotor terecht kan komen. De effectafstand van dit scenario is de tiphoogte van de windturbine.

#### Gondel/rotor afworp

Bij het scenario gondel/rotorafworp wordt er vanuit gegaan dat de volledige gondel + rotor afgeworpen wordt, waarbij de mast blijft staan. De trefkanslocatie van de gondel is, conform het HRW, gemaximaliseerd tot de bladlengte. Dit betekent dat de maximale afstand waar het zwaartepunt van de gondel terecht komt gelijk is aan de lengte van het blad. De daadwerkelijke locatie is vervolgens met een kansdichtheidsverdeling verdeeld middels een normaalverdeling in zowel de X als de Y richting.



## Invoerparameters

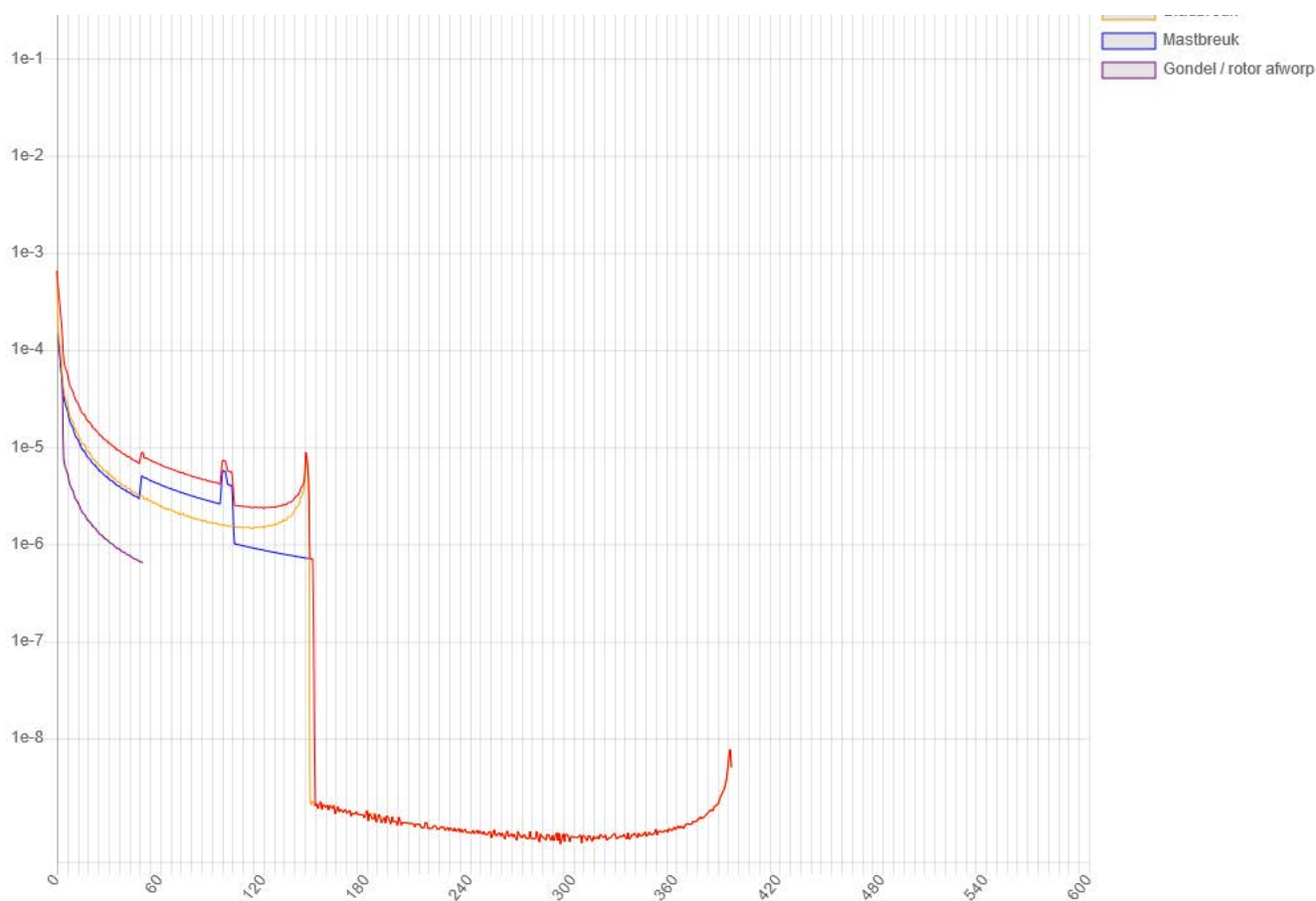
Om een berekening uit te voeren vraagt Save-W de invoer van een aantal parameters:

- ashoogte<sup>2</sup>;
- rotordiameter;
- nominaal toerental;
- gemiddelde diameter van de toren;
- zwaartepunt van het blad<sup>3</sup>;
- maximale waarde van de lengte en breedte van de gondel.

Deze parameters en de invoer worden beschreven in hoofdstuk 3.

## Uitvoer

De berekende plaatsgebonden risico's van de scenario's worden opgeteld en gepresenteerd in een grafiek, zoals grafiek 1. Op basis van deze grafiek wordt bepaald waar de plaatsgebonden risicocontouren liggen.



Grafiek 1: Grafische presentatie risicoberekening (zonder luchtkrachten).

<sup>2</sup> Het model rekent met een vast toerental. Conform het HRW wordt hier het "nominaal toerental" voor gebruikt. Dit is het toeren-tal waarbij de turbine nominaal vermogen levert. Dit betekent dat deze parameter worst case wordt ingevoerd, omdat de turbines in werkelijkheid delen van het jaar op een lager vermogen draaien of stilstaan. Voor het scenario overtoeren wordt 2 maal het nominaal toerental gehanteerd. Bespreekpunt RIVM: direct drive turbines vs. Normaal bedrijf

<sup>3</sup> Het zwaartepunt van het rotorblad ten opzichte van de mast wordt gebruikt om de snelheid te bepalen waarmee het blad wordt afgeworpen.



Uit grafiek 1 valt af te lezen dat op 147 meter afstand van de windturbine het plaatsgebonden risico  $10^{-6}$ /jaar is. Op deze afstand ligt dus de PR  $10^{-6}$  contour.

Uit grafiek 1 is af te leiden dat de lijn van het totale risico, het y-as weergegeven plaatsgebonden risico van  $10^{-5}$  /jaar, op één plaats doorsnijdt. Om het uitlezen van de grafiek te vereenvoudigen geeft SAVE-W bij de grafiek ook een tabel met de risico- en effectafstanden.

Bij risicoberekeningen van windturbines kan het voorkomen dat de lijn van het totale risico de  $10^{-5}$ -as meermalen doorsnijdt. Grafiek 1 laat bijvoorbeeld zien dat de  $10^{-5}$ -as naast één doorsnijding, vanaf de onderzijde door drie pieken dicht benaderd wordt. Soms doorsnijden deze pieken ook de  $10^{-5}$  as, en lijkt er sprake van een dubbele  $10^{-5}$ -contour. In de tabel wordt voor de  $10^{-5}$  contour de afstand genomen waar het risico links van de doorsnijding hoger is dan  $10^{-5}$ . Pieken die van onderaf de  $10^{-5}$ -as kortstondig doorsnijden worden niet vermeld omdat de  $10^{-5}$ -contour per definitie het gebied begrenst waarbinnen het risico hoger is dan  $10^{-5}$ .





## 4. Gehanteerde invoerparameters

### Kenmerken

Voor het project Relevant en veiligheid windenergie is op basis van de rekenregels in het Handboek risicozonering windturbines, versie 3.1 de externe veiligheid berekend. De berekening is uitgevoerd voor een windturbine van het type Relevantje, en heeft de volgende kenmerken.

Afwijkende invoer voor de berekening:

Bij de invoer is aangegeven dat de windturbine een mast heeft van beton. De rekenmethode uit het HRW is hierop niet ontworpen maar kan wel gebruikt worden. De rekenresultaten moeten als indicatief worden beschouwd.

Kenmerken turbine		Eenheid	Informatiebron
Ashoogte	99	meter	Leveranciersinfo
Rotordiameter	101	meter	Leveranciersinfo
Gemiddelde mastdiameter	6.9	meter	Leveranciersinfo
Hoogte gondel	6.1	meter	Leveranciersinfo
Maximale lengte gondel	14.7	meter	Leveranciersinfo
Maximale breedte gondel	8	meter	Leveranciersinfo
Afstand zwaartepunt	18	meter	Leveranciersinfo
Nominaal toerental	14.5	RPM	Leveranciersinfo



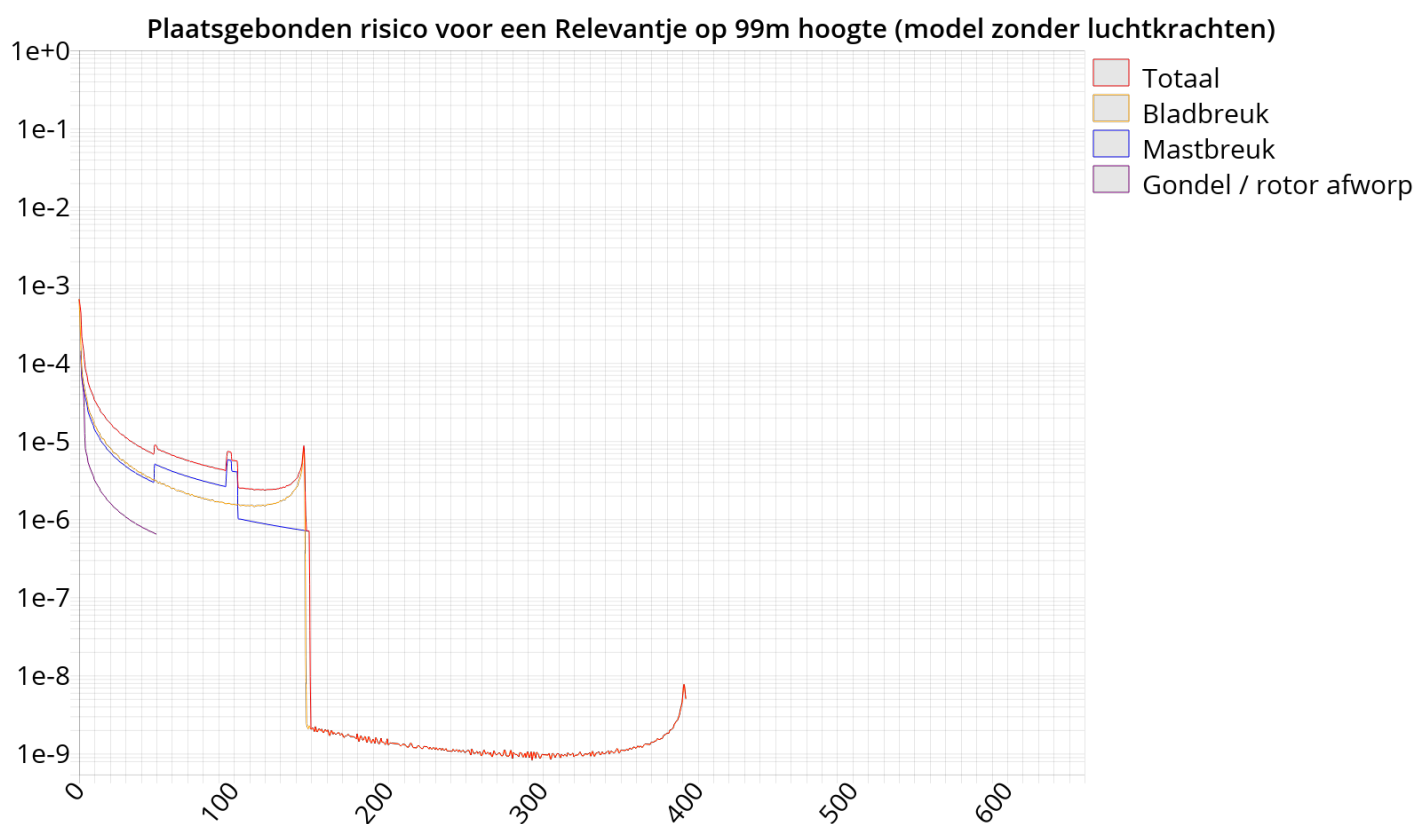
## 5. Resultaat risicoberekening

### Rekenresultaat

Rekenresultaat model zonder luchtkrachten

PR $10^{-5}$ contour	34
PR $10^{-6}$ contour	147
Maximale werpafstand bij nominaal toerental	146
Maximale werpafstand bij overtoeren	392

### Rekenresultaat grafiek



### Normen plaatsgebonden risico

Bij de invoer van Save-W is aangegeven dat er geen beperkt kwetsbaar object gelegen binnen de  $10^{-5}$ -contour.

Bij de invoer van Save-W is aangegeven dat er geen kwetsbaar object gelegen binnen de  $10^{-6}$ -contour.

Het bestemmingsplan staat kwetsbare objecten toe binnen de  $10^{-6}$ -contour. Indien daadwerkelijk een kwetsbaar object gerealiseerd gaat worden, ontstaat een saneringssituatie.

Nabij de geprojecteerde windturbine is een Bevi-bedrijf aanwezig op een afstand waarbinnen de windturbine mogelijk een relevante verhoging van het risico van het Bevi-bedrijf kan veroorzaken. Dit moet nader worden onderzocht.



## 8. Disclaimer

SAVE-W biedt de mogelijkheid om het risico van een windturbine te berekenen op de wijze zoals beschreven in het Handboek Risicozonering Windturbines (versie 3.1). De wijze waarop de informatie uit het HRW zijn vertaald naar de berekeningsmethode is geaccordeerd door het RIVM en is afgestemd binnen de klankbord-groep van het HRW.

Save-W berekent veiligheidsafstanden (plaatsgebonden risico contouren en effectafstanden) op basis van een ballistisch model zonder luchtkrachten zoals omschreven in bijlage C10 van het HRW. Dit betekent dat:

- Geen rekening wordt gehouden met luchtkrachten (luchtweerstand, windsnelheid, windrichting). Deze geavanceerdere berekeningsmethode geeft een nauwkeuriger beeld van de risico's, maar is complex (zowel modelmatig als qua invoerparameters).
- Trefkansen op objecten niet met Save-W berekend kunnen worden.

### SAVE-W is de standaardrekenmethode

SAVE-W wordt als rekenmodel gratis beschikbaar gesteld door:

- Het ministerie van Infrastructuur en Milieu
- Gasunie
- Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland (RVO)
- Velin
- Nederlandse Windenergie Associatie (NWEA)
- Antea Group

SAVE-W wordt gratis beschikbaar gesteld om eenheid in de berekening en beoordeling van het risico van windturbines mogelijk te maken. Het toepassen van andere rekenmethoden, uitgezonderd het rekenen met luchtkrachten, wordt door de betrokken overheden en leidingeigenaren en NWEA geaccepteerd indien het alternatieve rekenmodel aantoonbaar op een vergelijkbare wijze door het RIVM is geaccordeerd.

### Betrouwbaarheid berekening

De berekening van SAVE-W is representatiever voor het risico dan de in het HRW gegeven generieke afstanden. Gebruik van het in de HRW beschreven meer geavanceerde berekeningsmodel met luchtkrachten kan ten opzichte van SAVE-W een verdere verfijning van de berekening geven.

De betrouwbaarheid van de berekening wordt beïnvloed door de betrouwbaarheid van de invoergegevens. Om deze reden worden in de rapportage van de berekening ook duidelijk de gebruikte invoergegevens vermeld. Ook is waar nodig verzocht om de herkomst van de gebruikte invoer aan te geven. Het is hierbij relevant dat specifieke informatie van leveranciers tot een betrouwbaarder resultaat leidt dan het gebruik van vuistregels of eigen aannames.

SAVE-W is gebaseerd op de kennis en inzichten zoals gegeven wordt het HRW versie 3.1. Eventuele nieuwe inzichten kunnen uitsluitend in SAVE-W worden geïntegreerd na instemming van het RIVM en de klankbord-groep van het HRW.