

Notitie / Memo

HaskoningDHV Nederland B.V.
Industry & Buildings

Aan: Suzan Tack, Erik Zigterman
Van: Peter Winkelman
Datum: 24 juni 2016
Kopie:
Ons kenmerk: I&BBE3280N003D02
Classificatie: Projectgerelateerd

Onderwerp: Quickscan Externe Veiligheid Windpark Tata Steel

Inleiding

Het Windpark Tata Steel beoogt 2 tot 8 nieuwe turbines te plaatsen op het terrein van Tata Steel in IJmuiden.

Deze acht locaties zijn onderzocht op Externe Veiligheid. In de onderstaande tabel zijn de Rijksdriehoekskoördinaten weergegeven voor deze locaties:

Tabel 1: Overzicht coördinaten turbine locaties Windpark Tata Steel

Turbine	X	Y
1	100891	498798
2	100349	498796
3	100170	499339
4	100282	499652
5	100387	499968
6	102501	500065
7	102881	499983
8	103287	499909

Uitgangspunten

Voor deze studie is uitgegaan van een Vestas V90 windturbine op de locaties 3 t/m 8 en een Vestas V117 op de locaties 1 en 2 met de volgende relevante eigenschappen voor de Kwalitatieve Risico Analyse (QRA):

Tabel 2: Relevante eigenschappen voor QRA

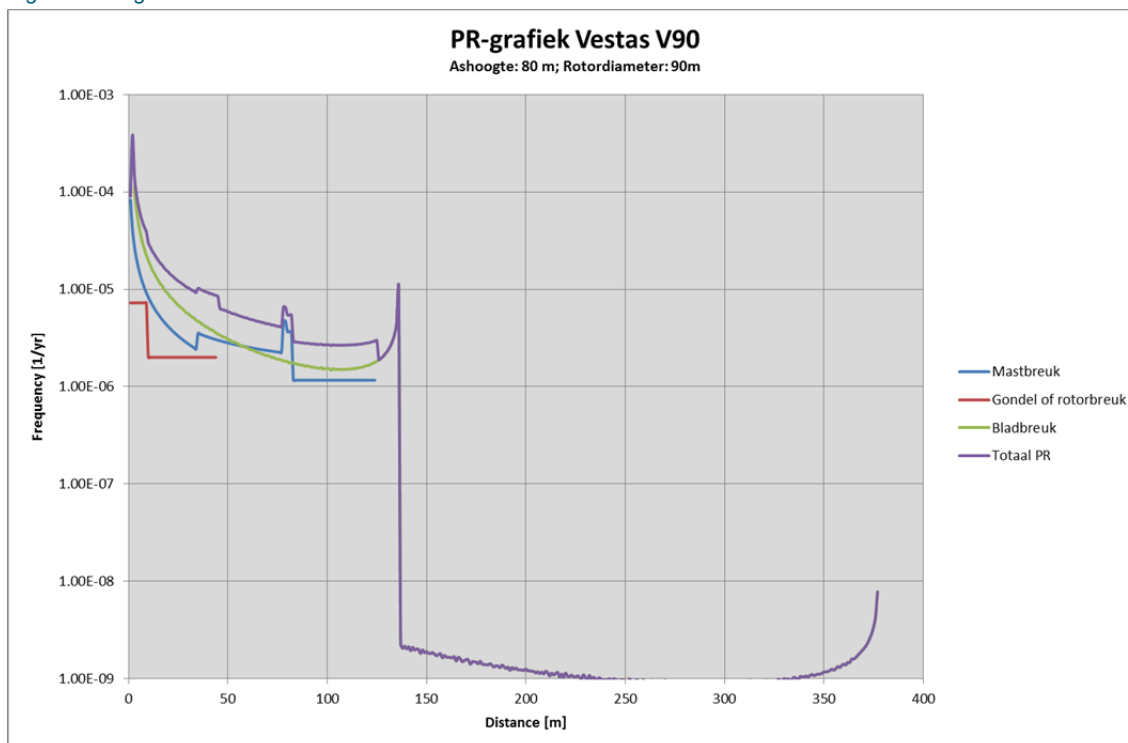
Turbinekenmerken	Waarde		Eenheid	Bron
	V90	V117		
Hoogte rotatiepunt	80	120	m	klant
Rotatiepunt tot bladzwaartepunt	16.2	15.4	m	V90: generiek op basis van handboek V117: klant
Nominaal toerental	16.1	13.2	rpm	V90: productblad V117: klant
Lengte afgebroken blad	45	57.2	m	klant (helft rotordiameter)

Turbinekenmerken	Waarde		Eenheid	Bron
	V90	V117		
Kritiek oppervlak afgebroken blad	109.9	175	m ²	V90: generiek op basis van handboek V117: van klant
Rotordiameter	90	116.5	m	klant
Diameter toren (d)	4	4	m	productblad
Maximale lengte gondel (l)	9.7	9.7	M	productblad
Hoogte gondel (h)	4	4	m	productblad
Breedte gondel	3.9	3.9	m	productblad

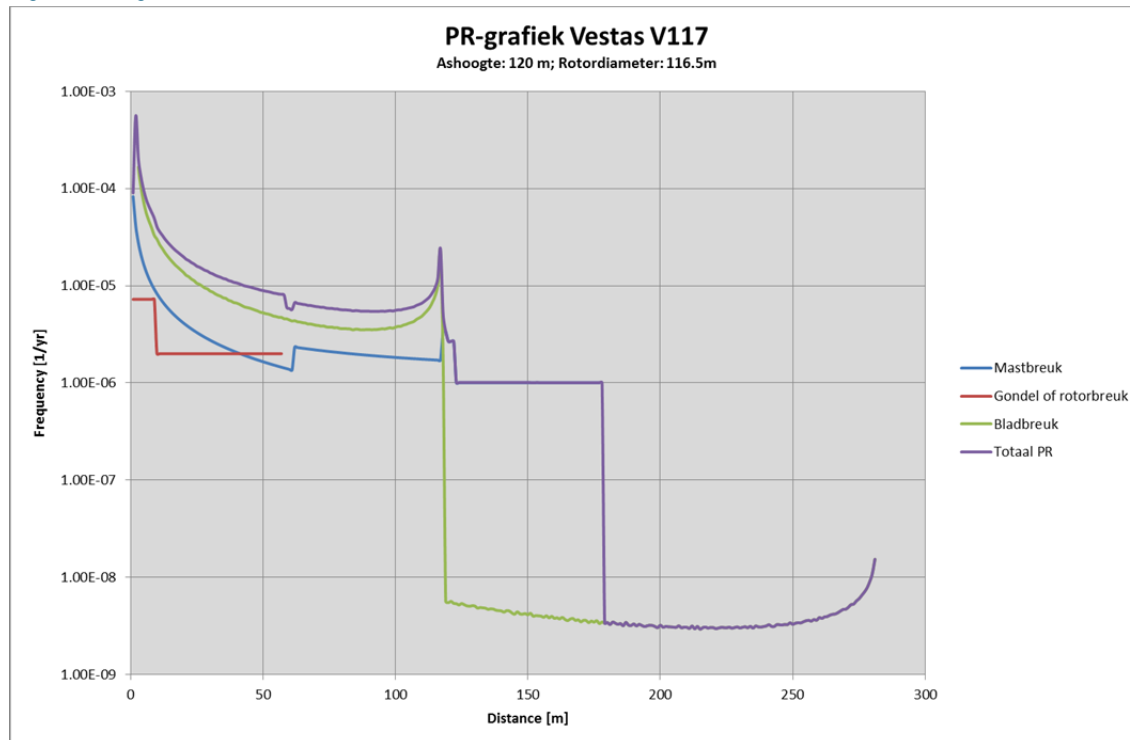
Risicoberekeningen

Op basis van de uitgangspunten zijn de plaatsgebonden risico's (PR) (frequentie versus afstand) voor beide turbine types berekend. Dat levert twee PR grafieken op, zoals in onderstaande figuren getoond.

Figuur 1: PR grafiek Vestas V90



Figuur 2: PR grafiek Vestas V117



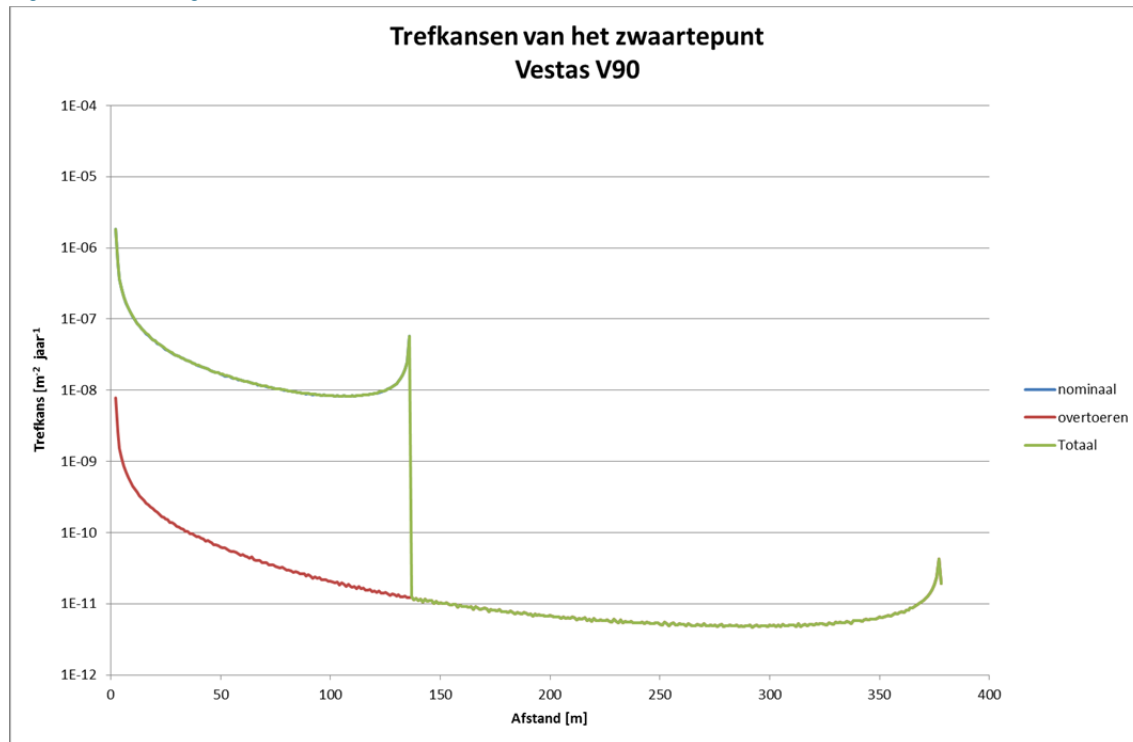
Uit beide PR grafieken zijn de volgende relevante veiligheidsafstanden af te lezen:

Tabel 3: Veiligheidsafstanden V90 en V117 voor Windpark Tata Steel

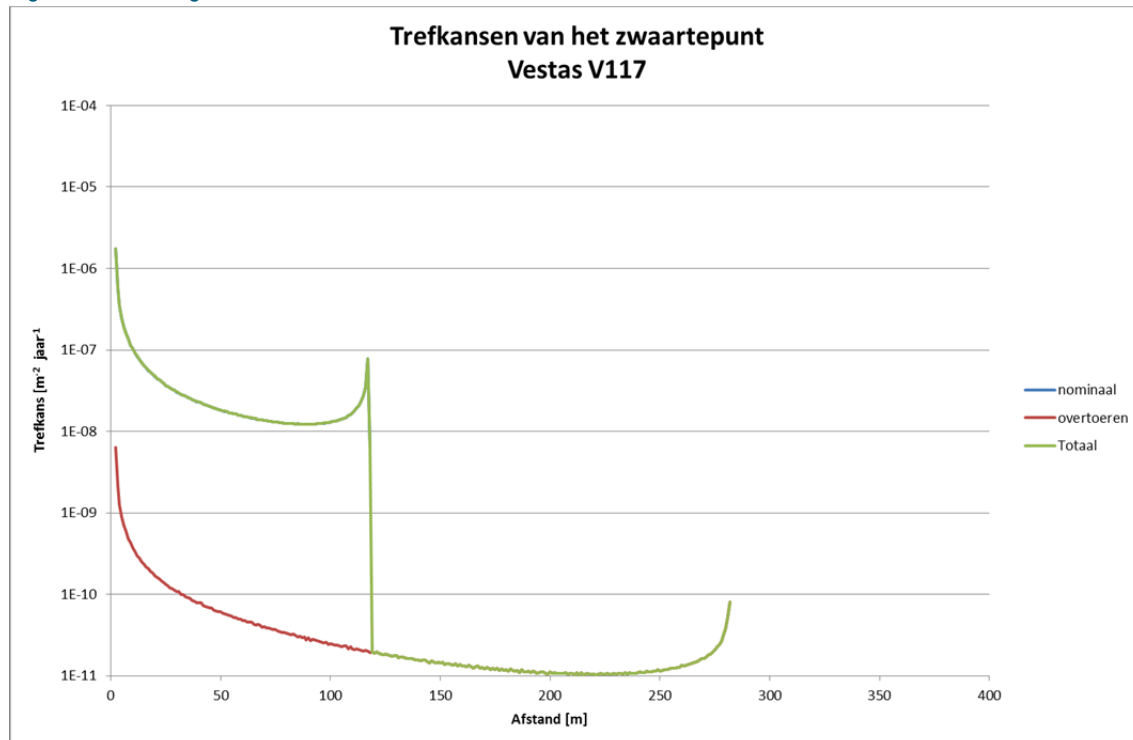
Parameter	V90	V117
Maximale tiphoogte windturbine	125 m	178 m
Werpafstand nominaal	135 m	117 m
Werpafstand overtoeren	377 m	281 m
Afstand tot PR 10^{-6} contour	125 m	178 m
Afstand tot PR 10^{-9} contour	32 m	43 m

Daarnaast zijn trefkans berekeningen uitgevoerd voor beide type turbines. Onderstaande grafieken tonen de resultaten.

Figuur 3: Trefkans grafiek Vestas V90

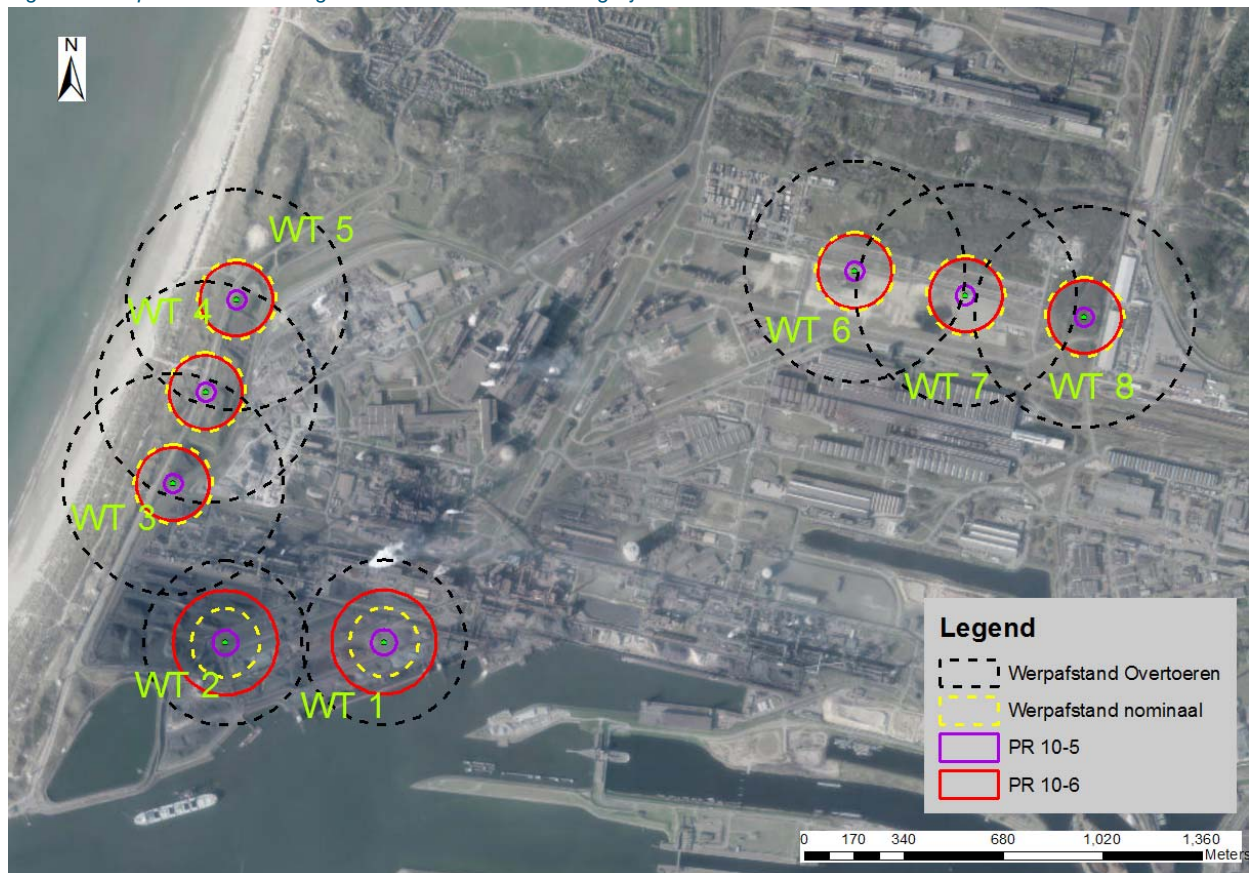


Figuur 4: Trefkans grafiek Vestas V117



De risicoafstanden en werpafstanden zijn per turbine locatie op kaart geplott, zie onderstaand figuur.

Figuur 5: Werpafstanden en veilige afstanden voor de acht mogelijke turbine locaties



Inventarisatie risicovolle objecten

In de afwegingen voor de optimale windturbine locaties op het terrein van Tata Steel zijn kritieke objecten binnen en buiten het terrein meegenomen. Het ontwerp is geoptimaliseerd om voldoende afstand te bewaren tot kritieke installaties.

Uit de inventarisatie is gebleken dat vier objecten nader moeten worden onderzocht met een QRA. Dat zijn:

- Linde gasfabriek
- Tata Steel
- Wintershall aardgasleiding
- Primaire waterkering

Trefkansen van ruimtelijke objecten

De trefkans wordt berekend met behulp van de volgende formule uit het handboek risicozonering windturbines, bijlage C.

$$P_o = P_{o_d} + P_{o_i}$$

Hierin is:

- p_o : trefkans object
 $p_{o,d}$: trefkans object, direct

$p_{o,i}$: trefkans object, indirect

De twee termen ($p_{o,d}$ en $p_{o,i}$) worden met de onderstaande formules berekend:

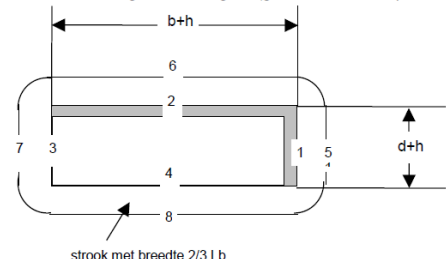
Bij verg. (3.3.12) en (3.3.13) is verondersteld dat p_{zwpt} constant is over het oppervlak A_{pr} en de strook met breedte $2/3L_b$. Indien dit niet het geval is kunnen de trefkansen als volgt worden berekend

$$p_{o_a} = \bar{p}_{zwpt} \cdot A_{pr}$$

$$p_{o_i} = \bar{p}_{zwpt,b} \cdot b \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \bar{p}_{zwpt,d} \cdot d \cdot \frac{2}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b\right)^2 \cdot \left(\frac{\bar{p}_{zwpt,b} + \bar{p}_{zwpt,d}}{2}\right)$$

waarbij:

- \bar{p}_{zwpt} : de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m² over het oppervlak A_{pr} (gemiddelde van de punten 1 t/m 4 uit onderstaande figuur);
- $\bar{p}_{zwpt,b}$: de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m² in de stroken langs de gevel met lengte b (gemiddelde van de punten 2, 4, 6, en 8 uit onderstaande figuur);
- $\bar{p}_{zwpt,d}$: de gemiddelde waarde van de trefkans van het zwaartepunt per m² in de stroken langs de gevel met lengte d (gemiddelde van de punten 1, 3, 5, en 7 uit onderstaande figuur).



strook met breedte $2/3 L_b$

De hoogte van een object wordt verdisconteerd in het te raken oppervlak A_{pr} .

$$A_{pr} = (b+h) \times (d+h)$$

QRA's risico ontvangende objecten

De QRA's voor de vier risicovolle objecten zijn hieronder uitgewerkt:

Linde gasfabriek

De Linde gasfabriek ligt in zijn geheel net binnen de werpafstanden bij overtoeren.

De trefkans van de Lindegas fabriek wordt berekend met de bovenstaande formules,

Het oppervlak van de fabriek binnen de werpcirkel A_{pr} is gelijk aan 215 m²

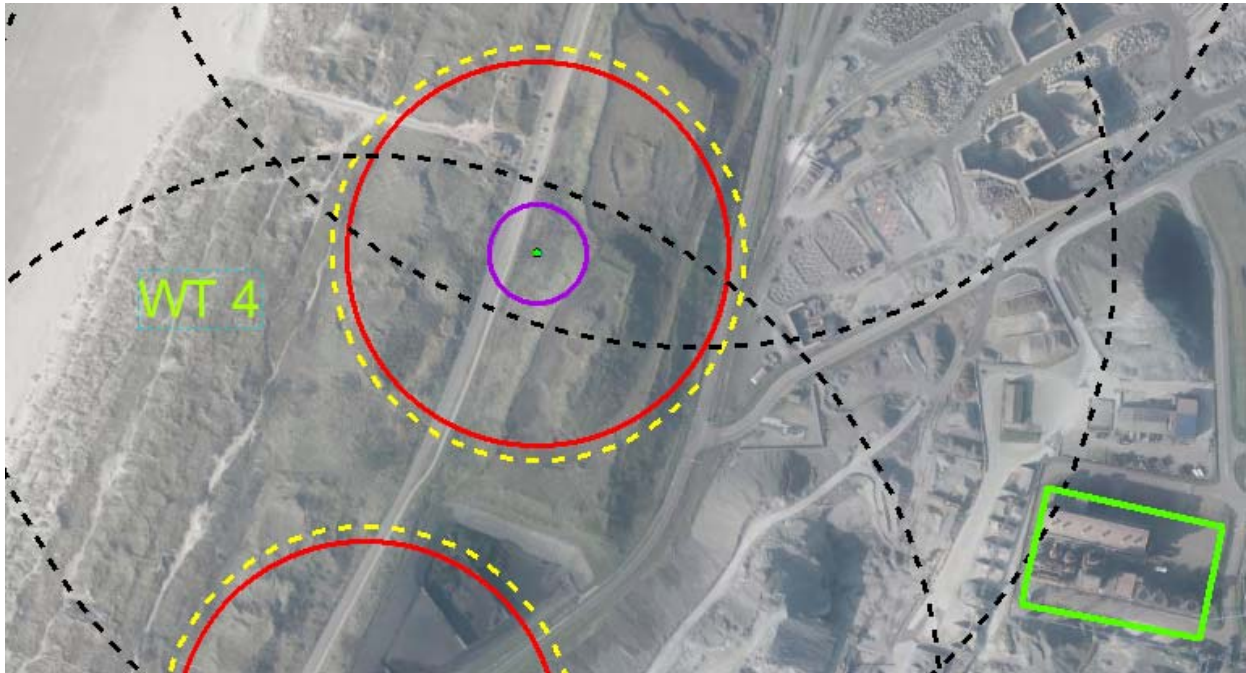
Het effectief oppervlak van stroken rond de fabriek binnen de werpcirkel is bij benadering gelijk aan 1500 m².

De trefkans wordt benaderd met de gemiddelde trefkans over de laatste 40 meter van de werpafstand bij overtoeren: $1,83 \times 10^{-11}$ per m² per jaar.

De totale trefkans van de Linda gasfabriek wordt daarmee: $1715 \times 1,83 \times 10^{-11} = 3,13 \times 10^{-8}$

Op basis van deze aanvullende treffrequentie hoeft de QRA van Linde gasfabriek niet te worden aangepast.

Figuur 6: Detail Linde gasfabriek



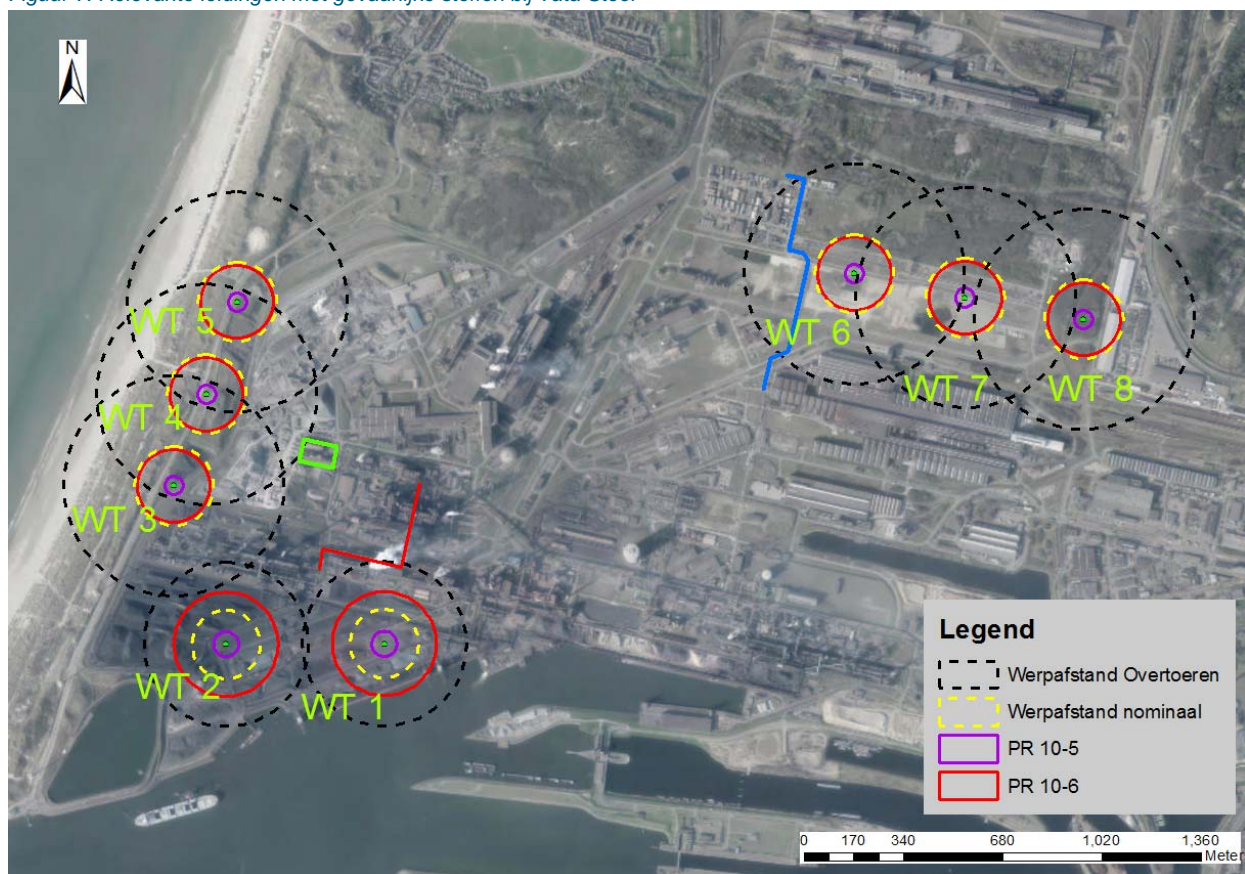
Tata Steel

Op het Tata Steel terrein liggen 2 leidingen met gevaarlijke stoffen binnen de maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines. Deze leidingen zijn in de onderstaande figuur ingetekend, over de relevante afstand voor deze QRA.

De rode leiding bij windturbine locatie 1 betreft de kooksofengasleiding naar fabriek 2.

De blauwe leiding bij windturbine locatie 6 betreft de kooksofengasleiding naar de warmband.

Figuur 7: Relevante leidingen met gevaarlijke stoffen bij Tata Steel



De kooksovgasleiding naar fabriek 2

De kooksovgasleiding naar fabriek 2 ligt gedeeltelijk binnen de maximale werpaafstand bij overtoeren van turbine 2. Hierdoor is het mogelijk dat bij een incident de kooksovgasleiding zal falen. De additionele faalfrequentie, die gelijk is aan de trefkans van de Kooksovgasleiding naar fabriek 2, is berekend en vergeleken met de faalfrequentie van het catastrofaal falen van de leiding.

Windturbine 1 is een V117 turbine. Hierbij horen de volgende gegevens:

Lb = 57,2 m

$p_{zwpt} = 3 \times 10^{-11} / \text{m}^2 / \text{jaar}$ (gemiddeld over de lengte van de leiding)

De leiding heeft de volgende karakteristieken:

Lengte leiding (b): 96 m

Diameter leiding (d): 3,2 m

Hoogte leiding (h): 11 m

Tabel 4: Additionele faalfrequentie kooksovgasleiding naar fabriek 2

Scenario	Frequentie
Additionele faalfrequentie tgv windturbines	$2,7 \times 10^{-9} [\text{m}^{-1} \text{jaar}^{-1}]$
Catastrofaal falen faalfrequentie	$1 \times 10^{-7} [\text{m}^{-1} \text{jaar}^{-1}]$

De additionele faalfrequentie ten gevolge van een incident met een van de windturbines is minder dan 10% van de faalfrequentie voor catastrofaal falen van de kooksovgasleiding naar fabriek 2 en

daarmee verwaarloosbaar klein. De scenario's voor deze leiding hoeven daarom niet te worden aangepast in de QRA van Tata Steel.

De kooksovensleiding naar de warmband

De kooksovensleiding naar de warmband ligt gedeeltelijk binnen de maximale werpafstand bij overtoeren van turbine 6. Hierdoor is het mogelijk dat bij een incident de kooksovensleiding zal falen. De additionele faalfrequentie van de Kooksovensleiding naar de warmband is berekend en vergeleken met de faalfrequentie van het catastrofaal falen van de leiding.

Turbine 6 is een V90 turbine. Hierbij horen de volgende gegevens:

$L_b = 45 \text{ m}$

$p_{zwpt} = 1 \times 10^{-11} / \text{m}^2 / \text{jaar}$ (gemiddeld over de lengte van de leiding)

De leiding heeft de volgende karakteristieken:

Lengte leiding (b): 700 m

Diameter leiding (d): 3,2 m (conservatieve schatting)

Hoogte leiding (h): 10 m (conservatieve schatting)

Tabel 5: Additionele faalfrequentie kooksovensleiding naar de warmband

Scenario	Frequentie
Additionele faalfrequentie tgv windturbines	$4,5 \times 10^{-10} [\text{m}^{-1} \text{ jaar}^{-1}]$
Catastrofaal falen faalfrequentie	$1 \times 10^{-7} [\text{m}^{-1} \text{ jaar}^{-1}]$

De additionele faalfrequentie ten gevolge van een incident met een van de windturbines is minder dan 10% van de faalfrequentie voor catastrofaal falen van de kooksovensleiding naar de warmband en daarmee verwaarloosbaar klein. Dit scenario hoeft daarom niet te worden aangepast in de QRA van Tata Steel.

Wintershall aardgasleiding

De Wintershall aardgasleiding ligt op de kortste afstand op 125 m van turbine 5 (zie Figuur 8). Hierdoor is het mogelijk dat bij een incident de Wintershall aardgasleiding zal falen. De additionele faalfrequentie van de Wintershall aardgasleiding is berekend en vergeleken met de faalfrequentie van het catastrofaal falen van de leiding.

De volgende scenario's zijn onderzocht:

- 1 Mastbreuk
- 2 Gondel en rotorval
- 3 Bladbreuk bij nominaal toerental
- 4 Bladbreuk bij overtoeren

De Wintershall leiding is met een HDD-boring diep onder de duinen door geboord.

Figuur 8: Wintershall aardgasleiding nabij WT5



Indien een windturbine faalt, zal het gevolg zijn dat een onderdeel op de grond zal vallen. Hierbij wordt de impactenergie doorgegeven aan de ondergrond als een schokgolf. Hoe verder deze schokgolf penetreert, hoe verder deze zal uitdoven. Als de schokgolf ter plaatse van de ondergrondse leiding groot genoeg is zal de buisleiding falen.

De penetratiediepte is de diepte waarop de energie van de schokgolf juist genoeg is om de leiding te laten falen. De strook aan het grondoppervlak waarbij de afstand tot de leiding kleiner is dan de penetratiediepte wordt de kritische strook genoemd.

Binnen de maximale werpafstand bij nominaal toerental is de diepte van de transportleiding zo groot dat deze niet kan worden beschadigd door een windturbine incident (scenario's 1 t/m 3 zullen dus niet leiden tot het falen van de Wintershall gasleiding. Binnen de maximale werpafstand bij overtoeren is de leidingdiepte slechts 1,3 m. Hier is het wel mogelijk om de aardgasleiding te beschadigen. De volgende gegevens gehanteerd bij het berekenen van de penetratiediepte en de kritische strook voor het scenario bladbreuk bij overtoeren:

Tabel 6: Eigenschappen Wintershall aardgasleiding

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Diepteligging	1.3	m
Elasticiteit	2.1E+11	J
SMYS	2.41E+08	Pa
P	9.00E+06	Pa
Diameter leiding	273	mm
Wanddikte leiding	19	mm

De relevante gegevens van de windturbine zijn:

Tabel 7: Relevante eigenschappen Vestas V90 voor trefkansberekeningen kritieke strook Wintershall aardgasleiding

Eigenschap	Waarde	Eenheid
Massa blad	1.00E+04	kg
Lengte blad	45	m
Zwaartepunt blad	16.2	m
Omwentelingen nominaal	16.1	tpm

De kritische strook wordt hiermee berekend op een breedte van 3,53 m.

De gemiddelde trefrequentie ter hoogte van de aardgasleiding is $7,0 \times 10^{-12} \text{ m}^{-2} \text{ jaar}^{-1}$.

Dit geeft een additionele faalfrequentie per meter van:

$$3,53 \times 7 \times 10^{-12} = 2,5 \times 10^{-11} \text{ m}^{-1} \text{ jaar}^{-1}$$

De faalfrequentie van het catastrofaal falen van de aardgasleiding is niet exact bekend, wel is bekend dat deze groter zal zijn dan 1×10^{-9} per meter per jaar.

Tabel 8: Additionele faalfrequentie Wintershall aardgasleiding

Scenario	Frequentie
Additionele faalfrequentie tgv windturbines	$2,5 \times 10^{-11} \text{ [m}^{-1} \text{ jaar}^{-1}]$
Catastrofaal falen faalfrequentie	$> 1 \times 10^{-9} \text{ [m}^{-1} \text{ jaar}^{-1}]$

De additionele faalfrequentie ten gevolge van een incident met een van de windturbines is minder dan 10% van de faalfrequentie voor catastrofaal falen van de Wintershall aardgasleiding en daarmee verwaarloosbaar klein. De QRA van Wintershall hoeft daarom niet te worden aangepast.

Primaire waterkering

Bij een incident met een van de windturbines is het mogelijk dat er een krater ontstaat ter plaatse van het incident. Het gehele Tata Steel terrein ligt op 8 meter boven NAP, de waterkering ligt verholten op respectievelijk 2 meter en 7 meter boven NAP en is dus niet zichtbaar in het landschap. Er is daarom voldoende restprofiel over om de waterveiligheid te kunnen garanderen. De waterveiligheidstoets hoeft daarom niet te worden aangepast.

Conclusie

Uit de berekeningen blijkt dat de risico's van de objecten binnen de maximale werpafstanden van de geplande windturbines op het Tata Steel terrein voldoende laag zijn.

De trefkansen van risico ontvangende objecten met gevaarlijke stoffen zijn kleiner dan 10% van de catastrofaal falen faalfrequentie van deze objecten, waardoor de aanvullende risico's nihil zijn en de QRA's niet hoeven te worden aangepast.

Ook het restprofiel van de primaire waterkering is groot genoeg, in het geval van een incident met een windturbine, om de waterveiligheid te kunnen garanderen.