

Encon
Kieleberg 41
3740 Bilzen

Veiligheidsstudie

Windturbineproject repowering

Volvo Trucks Gent



juli 2025
versie 1.0

3500 Hasselt Herkenrodesingel 101
9000 Gent Wondelgemkaai 159
8540 Deerlijk Kleine Tapuitstraat 18
1020 Brussel Esplanade 1/16
5004 Bouge Route de Hannut 55

T. 011/22 32 40
T. 09/216 80 00
T. 056/72 46 79
T. 02/734 02 65
T. 081/22 60 82

F. 011/23 46 70
F. 09/375 36 17
F. 056/72 64 86
F. 02/734 61 80
F. 081/22 99 22

INHOUDSTAFEL

Inhoudstafel.....	i
Tabellen- en figurenlijst.....	ii
Terminologie en afkortingen.....	iii
I. Inleiding.....	I.1
II. Projectbeschrijving.....	II.1
II.1. Inplantingslocaties windturbines.....	II.1
II.2. Gegevens windturbines.....	II.3
II.2.1. Technische gegevens.....	II.3
II.2.2. Risicobeperkende maatregelen.....	II.4
III. Risicoanalyse.....	III.1
III.1. Inleiding.....	III.1
III.2. Relevante scenario's.....	III.1
III.2.1. Gondelbreuk.....	III.2
III.2.2. Mastbreuk.....	III.2
III.2.3. Bladbreuk.....	III.3
III.2.4. IJsworp en ijssval.....	III.4
III.3. Analyse van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.5
III.3.1. Bepaling van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.5
III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico.....	III.7
III.4. Analyse van het groepsrisico.....	III.9
III.4.1. Populatie in de omgeving van de windturbines.....	III.9
III.4.2. Bepaling en evaluatie van het groepsrisico.....	III.11
III.5. Analyse van de indirecte risico's.....	III.15
III.6. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's.....	III.16
III.6.1. Directe risico's.....	III.16
III.6.2. Indirecte risico's.....	III.16
III.7. Adviesvragen.....	III.17
III.7.1. Nucleaire inrichtingen.....	III.17
III.7.2. Hoogspanningsinfrastructuur.....	III.17
IV. Besluit.....	IV.1
V. Referenties.....	V.1
VI. Figuren en tabellen.....	VI.1

TABELLEN- EN FIGURENLIJST

Tabellen en figuren aangeduid met een '▼' zijn achteraan het document toegevoegd.

Tabellen

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbines.....	II.2
Tabel II.2 Windturbintypes en belangrijkste gegevens.....	II.3
Tabel II.3 Representatieve windturbines en belangrijkste gegevens.....	II.4
Tabel III.1.1 Effectafstanden gondelbreuk.....	III.2
Tabel III.1.2 Effectafstanden mastbreuk.....	III.3
Tabel III.1.3 Effectafstanden bladbreuk.....	III.4
Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden	III.5
Tabel III.3(a) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine WTN1.....	III.12
Tabel III.3(b) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine WTN2.....	III.13
Tabel III.4(a) Berekening groepsrisico van de windturbine WTN1.....	▼
Tabel III.4(b) Berekening groepsrisico van de windturbine WTN2.....	▼

Figuren

Figuur II.1 Gewestplan met locaties windturbines, isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ en maximale effectafstand.....	▼
Figuur II.1bis Bestemmingsplan met locaties windturbines en isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$..	▼
Figuur II.2 Luchtfoto met locaties windturbines, isorisicocontouren van $10^{-6}/j$ en $10^{-7}/j$ en maximale effectafstand.....	▼
Figuur II.3(a) Luchtfoto met locatie windturbine WTN1, isorisicocontour van $10^{-5}/j$ en relevante effectafstanden voor mast- en gondelbreuk.....	▼
Figuur II.3(b) Luchtfoto met locatie windturbine WTN2, isorisicocontour van $10^{-5}/j$ en relevante effectafstanden voor mast- en gondelbreuk.....	▼
Figuur II.4 Luchtfoto met locaties windturbines en scheidingsafstanden tot bovengrondse installaties en ondergrondse transportleidingen	▼
Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbines.....	III.6
Figuur III.2(a) Luchtfoto met locatie windturbine WTN1 en trefhoeken en -oppervlaktes relevant in de bepaling van het groepsrisico.....	▼
Figuur III.2(b) Luchtfoto met locatie windturbine WTN2 en trefhoeken en -oppervlaktes relevant in de bepaling van het groepsrisico	▼
Figuur III.3(a) Groepsrisicocurve uitgaande van windturbine WTN1.....	III.13
Figuur III.3(b) Groepsrisicocurve uitgaande van windturbine WTN2	III.14
Figuur III.4 Luchtfoto met locaties windturbines, hoogspanningslijnen en relevante effectafstanden tot de hoogspanningslijnen	▼

TERMINOLOGIE EN AFKORTINGEN

De in het voorliggende rapport gebruikte terminologie en afkortingen met hun betekenis worden hieronder in alfabetische volgorde opgesomd.

BPA	bijzonder plan van aanleg
D	rotordiameter
Gebied met kwetsbare locatie	Alle terreinen waarop zich scholen, ziekenhuizen of rust- en verzorgingstehuizen bevinden. Met scholen worden alle kleuter-, lager of secundair onderwijsinstellingen bedoeld. Universiteiten en hogescholen worden niet weerhouden aangezien deze personen voldoende zelfredzaam zijn.
Gebied met woonfunctie	1. Woongebied, bepaald volgens artikel 5 en 6 van het koninklijk besluit van 28 december 1972 betreffende de inrichting en de toepassing van de ontwerp-gewestplannen en de gewestplannen en de ermee vergelijkbare gebieden vastgesteld in de ruimtelijk uitvoeringsplannen met toepassing van het decreet van 18 mei 1999 houdende organisatie van de ruimtelijke ordening; 2. Groepen van minstens vijf bestaande, niet onteigende of in onteigeningsplannen opgenomen wooneenheden, die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen, in andere gebieden dan vermeld in 1.
Groepsrisico	Het groepsrisico is de kans, per jaar, dat een aantal personen in de omgeving gelijktijdig omkomen door het falen van een windturbine.
Hoofdwegen	De wegen zoals dusdanig aangegeven in het Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen, gecoördineerde versie 2011
IEC	International Electrotechnical Commission
n.b.	niet bepaald
Plaatsgebonden mensrisico	Het plaatsgebonden risico, uitgedrukt per jaar, is de kans dat een persoon op een bepaalde plaats in de buurt van een windturbine overlijdt ten gevolge van het falen van de windturbine, wanneer deze persoon zich gedurende één jaar permanent en onbeschermd op die plaats zou bevinden.
Primaire wegen categorie I	De wegen zoals dusdanig aangegeven in het Ruimtelijk structuurplan Vlaanderen, gecoördineerde versie 2011
Publiek bezochte gebouwen en gebieden	Gebouwen en gebieden (incl. recreatiegebieden) waarbij de gemiddelde aanwezigheid minstens 200 personen per dag is of waarbij op piekmomenten minstens 1.000 personen aanwezig zijn. Met gemiddelde aanwezigheid wordt het gemiddeld aantal bezoekers gedurende de openingsperiode van het gebouw/gebied bedoeld.
RUP	ruimtelijk uitvoeringsplan
Samenwerkingsakkoord	Samenwerkingsakkoord tussen de Federale Staat, het Vlaamse Gewest, het Waalse Gewest en het Brussels Hoofdstedelijk Gewest betreffende de beheersing van de gevaren van zware ongevallen waarbij gevaarlijke stoffen zijn betrokken
Sevesostoffen	Stoffen of mengsels, beantwoordend aan de criteria in bijlage 1, deel 1 of genoemd in bijlage 1, deel 2 van het Samenwerkingsakkoord
tpm	toeren per minuut
Vaanstand	Moderne windturbines kunnen de rotorbladen over hun eigen as roteren. De rotorbladen bevinden zich in de vaanstand wanneer ze maximaal uit de wind staan opgesteld.
WT	windturbine

I. INLEIDING

Het doel van deze veiligheidsstudie is het bepalen en evalueren van het externe mensrisico (zie § III.1 voor een definitie van het externe mensrisico) van geplande windturbines op hun omgeving. Concreet gaat het om de repowering van de windturbines geplaatst op het bedrijventerrein van Volvo Trucks op het grondgebied van de stad Gent. Hierbij worden de drie operationele windturbines vervangen door twee grotere windturbines.

De veiligheidsstudie wordt opgesteld conform het door de Vlaamse overheid aanvaarde beoordelingskader dat beschreven wordt in het *Beoordelingskader Windturbines* [1]. Meer bepaald worden in dit document de risicocriteria, i.e. de toetsingswaarden voor de berekende externe mensrisico's beschreven. De externe mensrisico's worden berekend conform het *Handboek Windturbines* [2].

In § II van dit rapport worden de windturbines nader gesitueerd en worden de wat betreft het risico relevante karakteristieken van de windturbines beschreven. De risicoanalyse wordt opgenomen als § III van dit rapport, gevolgd door de besluiten in § IV.

Deze veiligheidsstudie werd opgesteld door de erkend VR-deskundige Filip Van den Schoor samen met Anna-Lee Robben.

Reproductie van de volledige studie is toegestaan. Gedeelten van de veiligheidsstudie mogen slechts worden gereproduceerd na verkregen schriftelijke toestemming van Embridge Belgium BV.

II. PROJECTBESCHRIJVING

Hieronder wordt het geplande project meer in detail toegelicht. Meer bepaald worden de inplantingslocaties van de windturbines geduid (§ II.1) en worden de karakteristieken van de windturbines beschreven (§ II.2).

II.1. Inplantingslocaties windturbines

De windturbines bevinden zich op het bedrijventerrein van Volvo Trucks op het grondgebied van de stad Gent. Een uittreksel van het gewestplan met de aanduiding van de inplantingslocaties van de windturbines wordt opgenomen als figuur II.1. Deze figuur is (samen met enkele andere figuren) opgenomen in § VI achteraan dit document.

Hieronder wordt nagegaan welke bestemmingsplannen van kracht zijn binnen het effectgebied van de windturbines.

De inplantingslocatie van windturbine WTN1 bevindt zich volgens het gewestplan in (een gebied voor) lokaal bedrijventerrein met openbaar karakter, terwijl deze van windturbine WTN2 zich in industriegebied bevindt. Ter hoogte van de inplantingslocaties van de windturbines is evenwel het gewestelijk ruimtelijk uitvoeringsplan (RUP) *Afbakening Grootstedelijk gebied Gent* van kracht. Dit plan wijzigt de bestemming van het lokaal bedrijventerrein met openbaar karakter, een deel van het woongebied met landelijk karakter (o.a. langs de Drieselstraat) en een deel van het agrarisch gebied (gelegen ten (noord)oosten van het industriegebied) in gemengd regionaal bedrijventerrein. Deze bestemmingswijziging komt tegemoet aan de behoefte van Volvo om uit te breiden en om aansluitend toeleveringsbedrijven te vestigen. Verder wijzigt het RUP de bestemming van een deel van het agrarisch gebied en natuurgebied (gelegen ten noordoosten van het industriegebied) in hoofdzakelijk recreatief bosgebied en agrarisch gebied met nabestemming bos- en natuurontwikkeling.

Het gewestelijk RUP *Volvo Trucks Gent – Wijziging deelplan 18 deelproject R4/N70 Oostakker Noord (3a) en deelproject Vliegveld Oostakker Lochristi (6a) Afbakening Grootstedelijk gebied Gent* leidt tot enkele bijkomende bestemmingswijzigingen. Zo wijzigt het plan o.a. de bestemming van de bufferzone (gelegen ten noordwesten van het industriegebied) in bosgebied en het agrarisch gebied (gelegen ten noordoosten van het industriegebied) in deels gemengd regionaal bedrijventerrein en deels woongebied.

In figuur II.1bis worden de bovenstaande bestemmingswijzigingen weergegeven op een bestemmingsplan.

Ten zuiden van de inplantingslocatie van windturbine WTN1 is het gemeentelijk RUP *Antwerpsesteenweg-Orchideestraat* van kracht. Het plan wijzigt een deel van het woongebied in een zone voor handel (detailhandel en groothandel). De bestemmingswijziging is niet relevant voor de voorliggende studie.

Ten zuidoosten van de inplantingslocatie van windturbine WTN1 is het bijzonder plan van aanleg (BPA) *Achtendries 3* van kracht. Binnen het plangebied wordt de bestemming van agrarisch gebied gewijzigd naar een zone voor bebouwing, (voor)tuinen, buffergroen en wegen. Gezien de afstand tot de windturbine WTN1 is het plan niet relevant voor de voorliggende studie.

Ten (noord)westen van de inplantingslocatie van windturbine WTN1 zijn de BPA's *Schansakker* en *Krijte* van kracht. De plannen wijzigen geen bestemmingen en zijn bijgevolg niet relevant voor de voorliggende studie.

Ten (noord)westen van de inplantingslocatie van windturbine WTN2 zijn het BPA *Centrum 1* en het gemeentelijk RUP *Stedelijk wonen* van kracht. Deze plannen leiden niet tot bestemmingswijzigingen binnen het effectgebied van de windturbine(s) en zijn bijgevolg niet relevant voor de voorliggende studie.

Er worden geen overige bestemmingsplannen teruggevonden die van toepassing zijn binnen het effectgebied van de windturbines.

Op figuur II.2 wordt het windturbineproject getoond op een kleurenorthofoto.

De windturbines worden voorzien op de locaties gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel II.1 Lambert 72-coördinaten windturbines

windturbine	X-coördinaat	Y-coördinaat
WTN1	109 341	197 422
WTN2	108 978	198 193

In het projectgebied bevinden zich geen operationele, vergunde of geplande windturbines waarvan de effectgebieden mogelijk overlappen met deze van de windturbines die het voorwerp uitmaken van deze studie. Bijgevolg dienen er geen cumulatieve effecten beschouwd te worden.

II.2. Gegevens windturbines

II.2.1. Technische gegevens

Het project betreft de bouw en exploitatie van twee windturbines. De belangrijkste gegevens van de windturbintypes die in de vergunningsaanvraag worden voorzien, worden opgesomd in de onderstaande tabel.

Tabel II.2 Windturbintypes en belangrijkste gegevens

type	rotordiameter D [m]	ashoogte [m]	tiphoogte [m]	nominaal toerental [tpm] ⁽¹⁾	ligging zwaartepunt blad [-]
Vestas V172 – 7,2 MW HH117	172	117	203	9,5	0,147 x D
Enercon E-175 EP5 E3 HH133	175	133	220,5	9,6	0,151 x D
Enercon E-175 EP5 E3 HH113	175	113	200,5	9,6	0,151 x D

⁽¹⁾ De windturbine kan kortstondig sneller draaien bij windstoten.

Er wordt in deze veiligheidsstudie evenwel uitgegaan van de volgende randvoorwaarden¹ voor de gegevens van de windturbines:

- ❑ max. rotordiameter: 175 m;
- ❑ max. tiphoogte: 225 m²;
- ❑ max. ashoogte: 142,5 m;
- ❑ max. nominaal rotortoerental: 10 tpm;
- ❑ max. massa gondel, rotor en bovenste mastdeel: 500 ton.

Verder wordt er uitgegaan van generieke waarden voor de (maximale) diameter van de mast (12 m), de hoogte van de gondel (10 m), de lengte van de gondel (20 m) en de breedte van de gondel (10 m). Voor de afstand van het zwaartepunt van het blad tot het rotorcentrum wordt voor de representatieve windturbines uitgegaan van een generieke waarde gelijk aan 0,16 keer de rotordiameter.

Het besluit van de veiligheidsstudie is geldig voor alle windturbintypes die aan de bovenstaande randvoorwaarden en aannames voldoen.

¹ Het werken met randvoorwaarden maakt het mogelijk om de veiligheidsstudie uit te voeren voor een groot aantal mogelijke windturbintypes.

² Een hogere tiphoogte is niet mogelijk omdat dit zou leiden tot een overschrijding van het groepsrisicocriterium.

De bovenstaande randvoorwaarden en aannames leiden tot de bepaling van twee representatieve windturbines die gebruikt zullen worden in de risicoanalyse. De gegevens van deze representatieve windturbines zijn eveneens opgenomen in tabel II.3.

Tabel II.3 Representatieve windturbines en belangrijkste gegevens

type	rotordiameter D [m]	ashoogte [m]	tiphoogte [m]	nominaal toerental [rpm]
representatieve windturbine 1	175	137,5	225	10
representatieve windturbine 2	165	142,5	225	10

Er wordt voor het bepalen van de treffrequenties uitgegaan van de meest conservatieve benadering, m.n. een stalen mast (zie § III.2.2). De bekomen resultaten en conclusies gelden echter ook voor een windturbine met een betonnen of hybride mast.

II.2.2. Risicobeperkende maatregelen

Bij het ontwerp van windturbines wordt maximaal aandacht besteed aan het vermijden van ongevallen.

Alle windturbines worden geconstrueerd volgens de veiligheidsaspecten van de norm IEC61400 of gelijkwaardig en worden voorzien van de nodige certificaten, tenzij het een erkende testlocatie betreft. De certificaten worden afgeleverd door een geaccrediteerd keuringsorgaan en tonen aan dat voldaan wordt aan de gangbare normen en veiligheidseisen. De windturbine is gecertificeerd bij aanvang van de bouw van de windturbine.

Alle windturbines zijn voorzien van:

- ☐ een ijsdetectiesysteem dat de windturbine automatisch stillegt bij ijsvorming;
- ☐ een bliksembeveiligingssysteem;
- ☐ een redundant remsysteem;
- ☐ een onlinecontrolesysteem, waarbij onregelmatigheden onmiddellijk worden gedetecteerd en doorgegeven aan een windturbine eigen controle-eenheid.

In de volgende paragrafen worden enkele risicobeperkende maatregelen nader toegelicht.

II.2.2.1. Certificering volgens windklasse

De mechanische belasting van windturbines wordt in sterke mate beïnvloed door de jaarlijks gemiddelde en de maximale windsnelheid en de turbulentie van de luchtstroming. Op basis hiervan worden geografische gebieden ingedeeld in windzones. In elke windzone worden slechts welbepaalde types windturbines toegelaten die zodanig ontworpen zijn dat zij bestand zijn tegen de in deze zone heersende windcondities. Aangezien de windsnelheid functie is van de hoogte wordt bij de keuze van de windturbine ook rekening gehouden met de ashoogte. De IEC klasse volgens dewelke een windturbine met inbegrip van de mast dient gecertificeerd te worden, wordt bepaald op basis van de gemiddelde jaarlijkse windsnelheid.

II.2.2.2. IJsdetectiesysteem

Om ijsworp te voorkomen wordt elke windturbine uitgerust met een ijsdetectiesysteem dat de windturbine automatisch stillegt bij ijsvorming. Nadat de windturbine is stilgelegd ten gevolge van het ijsdetectiesysteem wordt een visuele of gelijkwaardige controle uitgevoerd op de wieken. De windturbine wordt niet opnieuw opgestart zonder dat alle ijs van de wieken is verwijderd.

Het ijsdetectiesysteem kan echter niet voorkomen dat er ijs gevormd wordt op de rotorbladen. Ijsafzetting op de bladen kan leiden tot ijsbrokken die naar beneden vallen (zie § III.2.4 voor mogelijke maatregelen).

II.2.2.3. Bliksembeveiligingssysteem

Om bij blikseminslag schade aan de rotorbladen en mogelijke rotorbladworp te voorkomen is elke windturbine uitgerust met een adequaat bliksemafleidingsysteem, dat maakt dat de windturbine, het personeel en de technische uitrusting in het algemeen beschermd zijn tegen blikseminslag. Het systeem beantwoordt aan de IEC 1024-1 regelgevingen en richtlijnen. Bovendien is er ook een interne beveiliging van de essentiële functies. De bliksembeveiliging wordt tevens periodiek gekeurd.

II.2.2.4. Redundant remsysteem

Om te voorkomen dat een windturbine boven het nominale toerental gaat draaien, wordt zij uitgerust met een redundant aerodynamisch remsysteem. Het aerodynamisch remmen bestaat erin om elk van de drie rotorbladen, met onafhankelijke elektronische besturing en eigen noodvoeding, uit de wind te draaien (vaanstand). Zodoende kan de windturbine afgeremd of gestopt worden. Het in vaanstand brengen van twee van de rotorbladen volstaat reeds om de windturbine tot stilstand te brengen. Eén rotorblad in vaanstand doet de windturbine reeds op een beduidend lager toerental draaien.

III. RISICOANALYSE

III.1. Inleiding

De risicoanalyse omvat enkel het externe mensrisico. Het externe mensrisico verbonden aan een windturbine is tweeledig. Enerzijds zijn er de directe risico's, m.n. de risico's die het gevolg zijn van de impact van onderdelen van de windturbine op personen in de omgeving. Anderzijds zijn aan de inplanting van een windturbine ook indirecte risico's verbonden. De impact van een windturbineonderdeel in de omgeving hoeft namelijk niet rechtstreeks een persoon te treffen om een risico in te houden voor deze persoon. De impact op een nabijgelegen installatie (met Sevesostoffen) kan aanleiding geven tot een secundair ongeval waardoor mogelijk slachtoffers vallen in de omgeving. De indirecte risico's verbonden aan een windturbine zijn afhankelijk van de aard van de installaties met Sevesostoffen die in de omgeving aanwezig zijn.

Het externe mensrisico wordt in Vlaanderen geëvalueerd op basis van een bepaling van enerzijds het plaatsgebonden mensrisico en anderzijds het groepsrisico.

PLAATSGEBONDEN MENSRISSICO – Het plaatsgebonden mensrisico, uitgedrukt per jaar, is de kans dat een persoon op een bepaalde plaats in de buurt van een installatie (zoals bv. een windturbine) of een inrichting overlijdt ten gevolge van een zwaar ongeval met de installatie of binnen de inrichting, wanneer deze persoon zich gedurende één jaar permanent en onbeschermd op die plaats zou bevinden.

Het plaatsgebonden mensrisico van een installatie of inrichting wordt typisch voorgesteld op een kaart (grond- of bestemmingsplan) waarbij punten met een gelijk plaatsgebonden mensrisico worden verbonden tot zogenaamde isorisicocontouren (IRC).

GROEPSRISSICO – Het groepsrisico is de kans (per jaar) dat een aantal personen in de omgeving van een installatie (zoals bv. een windturbine) of inrichting gelijktijdig omkomt ten gevolge van een zwaar ongeval met de installatie of binnen de inrichting.

Voor de berekening van het groepsrisico worden alle personen meegenomen als externe personen, inclusief de personen van het bedrijf waar de windturbine wordt geplaatst (tenzij het een ingedeelde inrichting of activiteit betreft) [1]. Bij de berekeningen zijn zowel de aantallen externe personen van belang als de tijd dat ze zich op jaarbasis gemiddeld ter hoogte van de bestudeerde installatie of inrichting ophouden.

III.2. Relevante scenario's

Op basis van het *Handboek Windturbines* [2] worden de volgende scenario's met windturbines als relevant beschouwd in het kader van het externe mensrisico:

- ❑ het naar beneden vallen van de gondel en/of de rotor van de windturbine (gondelbreuk);
- ❑ het structureel falen van de mast van de windturbine (mastbreuk);
- ❑ het afwerpen van een rotorblad (bladbreuk).

De bovenstaande scenario's worden hieronder verder toegelicht.

III.2.1. Gondelbreuk

Bij het naar beneden vallen van de gondel en/of de rotor van de windturbine wordt verondersteld dat personen en installaties die zich op een afstand van minder dan de halve rotordiameter bevinden, getroffen kunnen worden door de impact van de gondel of de rotor. Voor gondelbreuk wordt een faalfrequentie verondersteld van $1,8 \cdot 10^{-5}/j$ [2].

De effectafstanden voor het zwaartepunt en voor de tip van een blad in het geval van gondelbreuk (en van mastbreuk in de bovenste masthelft³) worden bepaald door de rotordiameter van de windturbine. Een overzicht van deze effectafstanden wordt weergegeven in de onderstaande tabel voor de verschillende windturbintypes en representatieve windturbines (zie § II.2.1).

Tabel III.1.1 Effectafstanden gondelbreuk

type	rotordiameter [m]	effectafstand zwaartepunt van een blad [m]	effectafstand tip van een blad [m]
Vestas V172 – 7,2 MW HH117	172	25,3	86
Enercon E-175 EP5 E3 HH133	175	26,4	87,5
Enercon E-175 EP5 E3 HH113	175	26,4	87,5
representatieve windturbine 1	175	28	87,5
representatieve windturbine 2	165	26,4	82,5

III.2.2. Mastbreuk

Bij het falen van de mast van de windturbine kunnen personen en installaties die zich op een afstand van minder dan de tiphoogte (i.e. de ashoogte vermeerderd met de halve rotordiameter) bevinden, getroffen worden door de impact van de mast, de gondel of de rotor. Voor mastbreuk wordt een faalfrequentie verondersteld van $5,8 \cdot 10^{-5}/j$ [2].

De trefkansen van gebouwen, installaties e.d. voor het scenario mastbreuk worden grafisch bepaald, tenzij anders vermeld. Hierbij wordt uitgegaan van de volgende aannames voor een stalen mast [2]:

- ❑ de frequentie voor mastbreuk aan de voet van de mast bedraagt $1,5 \cdot 10^{-5}/j$, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de onderste helft van de mast bedraagt $3,5 \cdot 10^{-5}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de bovenste helft van de mast bedraagt $8,0 \cdot 10^{-6}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de hoek waarin de mast valt is onafhankelijk van de windrichting (uniforme verdeling).

³ Deze wordt gelijkgesteld aan de effectafstand voor gondelbreuk. In het geval van mastbreuk in de onderste masthelft komt de gondel neer aan de voet van de mast wanneer de mast in de helft breekt. In het geval de mast in de bovenste masthelft breekt, ligt het voor de hand om dezelfde aanname aan te houden (alhoewel de gondel strikt genomen niet op de grond terecht komt).

De effectafstanden voor het zwaartepunt en voor de tip van een blad in het geval van mastbreuk worden bepaald door de ashoogte en de rotordiameter van de windturbine. Een overzicht van deze effectafstanden wordt weergegeven in de onderstaande tabel voor de verschillende windturbintypes en representatieve windturbines (zie § II.2.1).

Tabel III.1.2 Effectafstanden mastbreuk

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	effectafstand zwaartepunt van een blad [m]	effectafstand tip van een blad [m]
Vestas V172 – 7,2 MW HH117	172	117	142,3	203,0
Enercon E-175 EP5 E3 HH133	175	133	159,4	220,5
Enercon E-175 EP5 E3 HH113	175	113	139,4	200,5
representatieve windturbine 1	175	137,5	165,5	225
representatieve windturbine 2	165	142,5	168,9	225

III.2.3. Bladbreuk

Bij het afwerpen van een rotorblad kunnen personen en installaties die zich op grote afstand bevinden, getroffen worden door de impact van een (fragment van een) rotorblad. De afstand waarover rotorbladen kunnen worden weggeslingerd, wordt bepaald met een kogelbaanmodel [2] en is o.a. afhankelijk van de rotorsnelheid bij afbreken van het rotorblad.

Er worden twee scenario's beschouwd op basis van het *Handboek Windturbines* [2]:

- ❑ bladbreuk bij nominaal toerental;
- ❑ bladbreuk bij overtoeren, d.i. bij 2 keer het nominaal toerental.

Voor bladbreuk bij nominaal toerental wordt een faalfrequentie verondersteld van $6,2 \cdot 10^{-4}/j$ [2] en voor bladbreuk bij overtoeren een faalfrequentie van $5,0 \cdot 10^{-6}/j$ [2].

De werpafstand wordt bij toepassing van het kogelbaanmodel volledig bepaald door de rotordiameter, de ashoogte, de rotorsnelheid en de ligging van het zwaartepunt van het rotorblad. Hierbij geldt dat bij gelijkblijvende tiphoogte de werpafstand toeneemt naarmate de rotordiameter toeneemt (en de ashoogte afneemt). Verder neemt de werpafstand toe bij toenemende rotorsnelheid.

Een overzicht van de maximale werpafstanden voor het zwaartepunt van een rotorblad voor de twee deelscenario's wordt weergegeven in de onderstaande tabel voor de verschillende windturbintypes en representatieve windturbines (zie § II.2.1).

Tabel III.1.3 Effectafstanden bladbreuk

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [rpm]	maximale werpafstand zwaartepunt [m]		max. effect-afstand tip van een blad [m]
				bladbreuk bij nominaal toerental	bladbreuk bij over-toeren	
Vestas V172 – 7,2 MW HH117	172	117	9,5	141	357	418
Enercon E-175 EP5 E3 HH133	175	133	9,6	158	400	461
Enercon E-175 EP5 E3 HH113	175	113	9,6	149	385	447
representatieve windturbine 1	175	137,5	10	181	469	529
representatieve windturbine 2	165	142,5	10	170	432	488

De maximale effectafstand voor de tip van een blad (in het geval van bladbreuk) bedraagt max. 529 m.

III.2.4. IJsworp en ijssval

Het scenario ijsworp wordt niet weerhouden in deze studie, aangezien elke windturbine voorzien dient te zijn van een ijsdetectiesysteem, dat de windturbine stillegt wanneer er ijsafzetting gedetecteerd wordt (zie § II.2.2.2). Het ijsdetectiesysteem kan echter niet voorkomen dat er ijs gevormd wordt op de rotorbladen. Er kunnen evenwel maatregelen getroffen worden om het risico dat verbonden is aan ijssval te beperken. Bijvoorbeeld:

- ❑ Indien er activiteiten plaatsvinden binnen de halve rotordiameter, wordt bij ijsdagen een visuele controle op ijsvorming uitgevoerd alvorens de activiteiten aan te vatten.
- ❑ Indien er ijs gedetecteerd wordt, wordt het rotorvlak in een bepaalde positie geplaatst. Indien bijvoorbeeld de wieken over een weg kunnen draaien, wordt het rotorvlak bij voorkeur evenwijdig aan deze weg geplaatst, zodat de afstand tussen de weg en het rotorvlak wordt gemaximaliseerd.
- ❑ Indien er ijs gedetecteerd wordt, worden personen – in het bijzonder zij die toegang hebben tot de zone onder het rotorvlak – gewaarschuwd (bv. door het plaatsen van waarschuwingsborden) dat er zich ijssval kan voordoen.

Welke maatregelen er genomen worden, is uiteraard afhankelijk van de specifieke situatie.

Wanneer er een risico op ijssval wordt vastgesteld, wordt de veiligheidscoördinator onmiddellijk verwittigd. De windturbine wordt stilgelegd en er wordt signalisatie geplaatst. Met behulp van deze signalisatie wordt een veiligheidsperimeter rond de windturbine afgebakend. Binnen deze zone is het verboden voor werknemers om onbeschermd te werken zolang de signalisatie aanwezig is.

III.3. Analyse van het plaatsgebonden mensrisico

Voor de evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico worden scheidingsafstanden van de windturbines berekend tot aan externe activiteiten ($10^{-5}/j$), tot aan gebieden met woonfunctie ($10^{-6}/j$) en tot aan gebieden met kwetsbare locaties ($10^{-7}/j$).

III.3.1. Bepaling van het plaatsgebonden mensrisico

III.3.1.1. Berekeningswijze

Het plaatsgebonden mensrisico (PR) wordt in de voorliggende studie berekend uitgaande van het *Handboek Windturbines* [2].

Het bladoppervlak wordt berekend als $0,029 \cdot D^{1,81}$ waarin D (m) de rotordiameter is, terwijl het kritieke oppervlak berekend wordt als 1,1 keer het bladoppervlak.

De verhouding s (-) van het totale bladoppervlak tot het oppervlak bestreken door de rotor wordt berekend uit de rotordiameter D (m):

$$s = \frac{3 \cdot 0,029 \cdot D^{1,81}}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}$$

Daarnaast worden er generieke waardes gebruikt voor de diameter van de mast (12 m), de hoogte van de gondel (10 m), de lengte van de gondel (20 m) en de breedte van de gondel (10 m). Voor de afstand van het zwaartepunt van het blad tot het rotorcentrum wordt uitgegaan van een generieke waarde gelijk aan 0,16 keer de rotordiameter voor de representatieve windturbines.

III.3.1.2. Resultaten

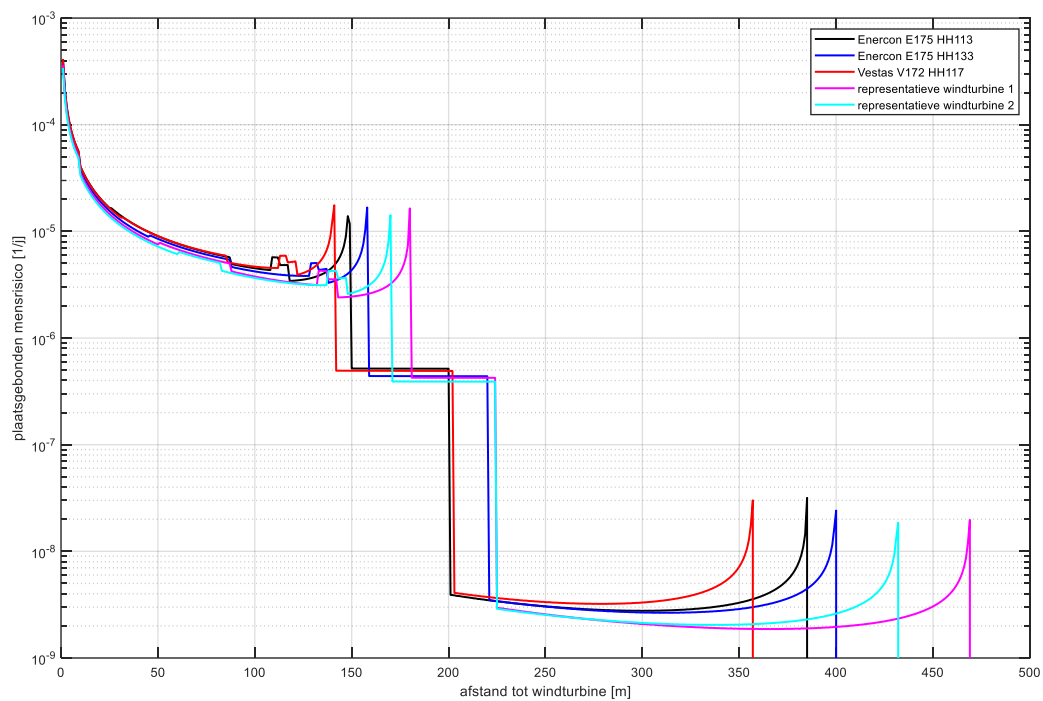
De resultaten van de berekeningen worden getoond in de onderstaande tabel. De berekeningen zijn uitgevoerd voor de verschillende windturbintypes en representatieve windturbines (zie § II.2.1).

Tabel III.2 Berekende scheidingsafstanden

type	rotor-diameter [m]	ashoogte [m]	nom. toerental [rpm]	scheidingsafstanden [m]		
				externe activiteiten ($10^{-5}/j$)	gebied met woonfunctie ($10^{-6}/j$)	kwetsbare locaties ($10^{-7}/j$)
Vestas V172 – 7,2 MW HH117	172	117	9,5	45	141	203
Enercon E-175 EP5 E3 HH133	175	133	9,6	40	158	220,5
Enercon E-175 EP5 E3 HH113	175	113	9,6	45	149	200,5
representatieve windturbine 1	175	137,5	10	37	181	225
representatieve windturbine 2	165	142,5	10	35	170	225

De onderstaande figuur toont het verloop van het berekende plaatsgebonden mensrisico in functie van de afstand tot de windturbines voor de verschillende windturbintypes en representatieve windturbines. Voor het bepalen van de scheidingsafstanden wordt geen rekening gehouden met de pieken ten gevolge van het scenario bladbreuk [2].

Figuur III.1 Plaatsgebonden mensrisico van de windturbines



Op figuren II.1, II.2 en II.3 is telkens de maximale waarde van de effect- en risicoafstanden weergegeven. Deze maximale waarde wordt niet steeds voor hetzelfde windturbintype gevonden. In tabellen III.1.1, III.1.2, III.1.3 en III.2 zijn deze maximale waarden in het vet weergegeven.

III.3.2. Evaluatie van het plaatsgebonden mensrisico

Het plaatsgebonden mensrisico wordt per windturbine berekend en beoordeeld.

De scheidingsafstanden zijn deels bepaald voor de representatieve windturbines en vormen een bovengrens van de scheidingsafstanden voor reële windturbintypes die aan de randvoorwaarden opgesomd in § II.2.1 voldoen.

III.3.2.1. Windturbine WTN1

EXTERNE PERSONEN – De scheidingsafstand voor frequente en langdurige aanwezigheid⁴ van externe personen bedraagt max. 45 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen permanente, individuele werkplaatsen, noch wooneenheden (zie figuur II.3(a)). **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-5}/j$ isorisicocontour voor externe activiteiten voldaan is.**

GEBIEDEN MET WOONFUNCTIE – De scheidingsafstand voor gebieden met woonfunctie bedraagt max. 181 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen woon-gebieden (zie figuur II.1). Bovendien bevindt er zich binnen deze afstand geen groep van minstens vijf (zonevreemde) woningen die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-6}/j$ isorisicocontour voor gebieden met woonfunctie voldaan is.**

GEBIEDEN MET KWETSBARE LOCATIES – Onder gebieden met kwetsbare locaties worden alle terreinen verstaan waarop zich scholen, ziekenhuizen, rust- of verzorgingstehuizen bevinden. De scheidingsafstand voor gebieden met kwetsbare locaties bedraagt max. 225 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen gebieden met kwetsbare locaties. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-7}/j$ isorisicocontour voor gebieden met kwetsbare locaties voldaan is.**

III.3.2.2. Windturbine WTN2

EXTERNE PERSONEN – De scheidingsafstand voor frequente en langdurige aanwezigheid⁴ van externe personen bedraagt max. 45 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevindt er zich een beperkt deel van het gebouw G4 (zie figuur II.3(b)). Op basis van de populatiegegevens (zie tabel III.3(b)) en de oppervlakte van het gebouw binnen de isorisicocontour van $10^{-5}/j$ kan geconcludeerd worden dat er zich niet meer dan vijf permanente, individuele werkplaatsen bevinden. Bovendien bevinden er zich geen wooneenheden binnen de isorisicocontour van $10^{-5}/j$ (zie figuur II.3(b)). **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-5}/j$ isorisicocontour voor externe activiteiten voldaan is.**

GEBIEDEN MET WOONFUNCTIE – De scheidingsafstand voor gebieden met woonfunctie bedraagt max. 181 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen woon-gebieden (zie figuur II.1). Bovendien bevindt er zich binnen deze afstand geen groep van minstens vijf (zonevreemde) woningen die een ruimtelijk aaneengesloten geheel vormen. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-6}/j$ isorisicocontour voor gebieden met woonfunctie voldaan is.**

⁴ Aangezien het plaatsgebonden mensrisico berekend wordt in de veronderstelling dat een persoon zich permanent op een en dezelfde plaats bevindt, is het plaatsgebonden mensrisico op een bepaalde plaats slechts een risicomaat voor personen die zich frequent en langdurig op die plaats bevinden.

GEBIEDEN MET KWETSBARE LOCATIES – Onder gebieden met kwetsbare locaties worden alle terreinen verstaan waarop zich scholen, ziekenhuizen, rust- of verzorgingstehuizen bevinden. De scheidingsafstand voor gebieden met kwetsbare locaties bedraagt max. 225 m (zie tabel III.2). Binnen deze afstand bevinden er zich geen gebieden met kwetsbare locaties. **Hieruit volgt dat aan het risicocriterium betreffende de $10^{-7}/j$ isorisicocontour voor gebieden met kwetsbare locaties voldaan is.**

III.4. Analyse van het groepsrisico

Het groepsrisico is afhankelijk van de aanwezige populatie. Hieronder wordt nagegaan of er zich een significante⁵ populatie in de omgeving van de windturbines bevindt. Indien dit het geval is, zal het groepsrisico berekend worden.

III.4.1. Populatie in de omgeving van de windturbines

PERSONEN IN OPENLUCHT – In de bepaling van het groepsrisico voor personen die zich in openlucht bevinden is de populatiedichtheid bepalend. Algemeen geldt dat hoe hoger de populatiedichtheid in de omgeving van de windturbines is, des te hoger is de kans dat 10 of meer personen tegelijkertijd getroffen worden. Typische voorbeelden van locaties die mogelijk relevant zijn voor het groepsrisico zijn locaties waar grote evenementen met veel publiek, zoals muziekfestivals of sportwedstrijden, worden georganiseerd. Ter hoogte van de windturbines bevinden zich terreinen waarop trucks (en wagens) geparkeerd worden. Of een groep personen aanwezig in openlucht relevant is voor de evaluatie van het groepsrisico of niet kan nagegaan worden op basis van de minimale populatiedichtheid die zou leiden tot 10 of meer slachtoffers bij impact van de windturbine op de grond. Om een inschatting te maken van het verwachte aantal slachtoffers voor een bepaalde populatiedichtheid wordt de totale impactoppervlakte bepaald. In het geval van mastbreuk betreft dit de oppervlakte van de mast, de rotor en de gondel. Specifiek wordt uitgegaan van de volgende impactoppervlaktes:

- ❑ Voor de mast wordt uitgegaan van een lengte van max. 142,5 m en een gemiddelde breedte (diameter) van 8 m. Dit geeft een impactoppervlakte van 1.140 m² voor de volledige mast;
- ❑ Voor de bladen wordt de oppervlakte berekend als $0,029 \times D^{1,81}$. Dit geeft voor een rotordiameter $D = 175$ m een impactoppervlakte van 333 m² (per blad);
- ❑ Voor de gondel wordt uitgegaan van een (afgeronde) oppervlakte van 200 m².

De maximale (totale) impactoppervlakte in het geval van gondelbreuk bedraagt ca. 1.200 m², terwijl deze in het geval van mastbreuk ca. 2.300 m² bedraagt. Bijgevolg is er slechts een mogelijk relevant groepsrisico wanneer er frequent en langdurig meer dan 200 personen aanwezig zijn binnen het effectgebied voor gondelbreuk (met een oppervlakte van ca. 24.000 m²) of meer dan 700 personen binnen het relevante deel van het effectgebied voor mastbreuk (met een oppervlakte van ca. 160.000 m²) van de windturbines. Een groep van deze omvang wordt echter niet verwacht aanwezig te zijn binnen de respectieve effectgebieden. Binnen de maximale effectafstand van de windturbines zijn er dan ook geen locaties teruggevonden waar een grote groep personen met een hoge populatiedichtheid in openlucht frequent en langdurig wordt verwacht.

⁵ significant voor wat betreft de evaluatie van het groepsrisico

PERSONEN IN GEBOUWEN – Voor personen die zich binnen een gebouw bevinden wordt bladbreuk niet beschouwd. De relevante scenario's zijn bijgevolg enkel mastbreuk en gondelbreuk [2]. Wanneer een gebouw in het geval van mast- of gondelbreuk enkel door de tip van een blad (i.e. het bovenste deel van een blad) wordt geraakt, wordt aangenomen dat dit niet leidt tot het instorten van het gebouw. Wanneer een gebouw in het geval van mast- of gondelbreuk daarentegen wordt geraakt door de mast, de gondel of de voet van een blad (i.e. het onderste deel van een blad) wordt aangenomen dat dit leidt tot het volledig instorten van het gebouw. Voor de voorliggende studie betekent dit concreet dat het onwaarschijnlijk wordt geacht dat er 10 dodelijke slachtoffers of meer vallen in een gebouw dat zich op meer dan 168,9 m van de windturbines bevindt, aangezien dit gebouw bij mastbreuk niet kan getroffen worden door de mast, de gondel of de voet van een blad.

In tabellen III.3(a)–(b) wordt voor elke windturbine afzonderlijk een overzicht gegeven van de gebouwen die gelegen zijn binnen de relevante scheidingsafstand van de windturbine. De populatie in deze gebouwen is evenwel niet steeds relevant voor de evaluatie van het groepsrisico. Er wordt immers aangenomen dat bij het instorten van (een deel van) een gebouw 50% van de aanwezige personen dodelijk getroffen wordt door de impact van brokstukken van het gebouw en/of delen van de windturbine [2]. Concreet betekent dit dat enkel wanneer er zich minstens 20 personen bevinden in (het deel van) het gebouw dat instort (of de gebouwen die gelijktijdig instorten), het potentieel aantal dodelijke slachtoffers 10 of meer bedraagt. **Het groepsrisico van de windturbines wordt geanalyseerd in § III.4.2.**

HOOFDTRANSPORTWEGEN VOOR PERSONENVERVOER – De personen die gebruikmaken van de verkeersinfrastructuur in de omgeving van de windturbines en die in het kader van de externe veiligheid mogelijk in rekening moeten worden gebracht zijn de gebruikers van hoofdspoorwegen voor personenvervoer, hoofdwegen of primaire wegen van de categorie I [3]. Binnen een straal van 225 m rond de windturbines bevinden zich geen relevante wegen (zie figuren II.3(a)–(b)). Er wordt opgemerkt dat de R4 ter hoogte van de terreinen van Volvo geen hoofdweg of primaire weg cat. 1 is.

III.4.2. Bepaling en evaluatie van het groepsrisico

Er wordt aangenomen dat bij het instorten van (een deel van) een gebouw de helft van de aanwezige personen dodelijk getroffen wordt door de impact van brokstukken van het gebouw en/of delen van de windturbine.

De faalfrequentie voor breuk van een stalen mast bedraagt $5,8 \cdot 10^{-5}/j$. In de berekening van de kans op impact met een gebouw wordt uitgegaan van de volgende aannames:

- ❑ de frequentie voor mastbreuk aan de voet van de mast bedraagt $1,5 \cdot 10^{-5}/j$, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de onderste helft van de mast bedraagt $3,5 \cdot 10^{-5}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de frequentie voor mastbreuk boven het maaiveld in de bovenste helft van de mast bedraagt $8,0 \cdot 10^{-6}/j$ en is uniform verdeeld over de halve hoogte, het bovenste mastdeel roteert rond het breukpunt;
- ❑ de hoek waarin de mast valt is onafhankelijk van de windrichting (uniforme verdeling).

De kans wordt bepaald dat het gebouw getroffen wordt door de gondel, de mast of het onderste deel van het blad. Deze impactkans leidt tot conservatieve resultaten, aangezien ze de kans geeft dat het gebouw getroffen wordt en niet de kans dat het gebouw op een dusdanige wijze getroffen wordt dat het kan instorten. Voor het scenario van mastbreuk aan de voet wordt de kans bepaald door de hoek waarin de mast dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden, terwijl voor het scenario van mastbreuk boven het maaiveld de kans bepaald wordt door de oppervlakte waarin de gondel dient te vallen opdat het gebouw zou getroffen worden. De verschillende hoeken en oppervlaktes die van belang zijn in de bepaling van het groepsrisico van de windturbines worden getoond in figuren III.2(a)–(b).

In de bepaling van het groepsrisico van de windturbines wordt rekening gehouden met de tijdsfractie waarin de personen aanwezig zijn in het gebouw. Deze tijdsfractie wordt gegeven in tabellen III.3(a)–(b).

Er wordt rekening gehouden met het gelijktijdig treffen van gebouwen.

Indien de afstand tot een gebouw kleiner is dan de effectafstand van het zwaartepunt van een rotorblad in het geval van gondelbreuk, wordt tevens – indien de aanwezige populatie in het gebouw relevant is voor de evaluatie van het groepsrisico - rekening gehouden met de faalwijzen gondelbreuk en mastbreuk in de bovenste masthelft.

III.4.2.1. Windturbine WTN1

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de gebouwen, waar frequent personen aanwezig zijn en die gelegen zijn binnen 168,9 m van windturbine WTN1.

Tabel III.3(a) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine WTN1

gebouw	symbool ⁽¹⁾	aantal personen in het gebouw ⁽²⁾	tijdsfractie ⁽²⁾			relevant voor groepsrisico
			uren/dag	dagen/jaar	tijdsfractie	
Volvo Trucks – 9d	G7	200	16	261	0,477	ja
Volvo Trucks – 8a	G8	160	16	261	0,477	ja
Volvo Trucks – 9	G9 ⁽³⁾	-	-	-	-	-
Volvo Trucks – BTA 5	G10	20	8	261	0,238	ja
Volvo Trucks – BTA 2 en 3	G11	130	8	261	0,238	ja
Volvo Trucks – BTA 0 en 1	G12	37	8	261	0,238	ja
Volvo Trucks – BTA 6	G13 ⁽³⁾	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ De gebouwen worden aan de hand van hun symbool getoond op figuur II.3(a).

⁽²⁾ Deze gegevens zijn bekomen van de opdrachtgever in maart/juni 2025.

⁽³⁾ Het gebouw valt niet binnen de relevante effectafstand en moet niet verder beschouwd worden.

De benodigde gegevens en tussenresultaten voor de berekening van het groepsrisico van windturbine WTN1 worden getoond in tabel III.4(a) (zie ook figuur III.2(a)). Deze tabel is opgenomen in § VI achteraan dit document.

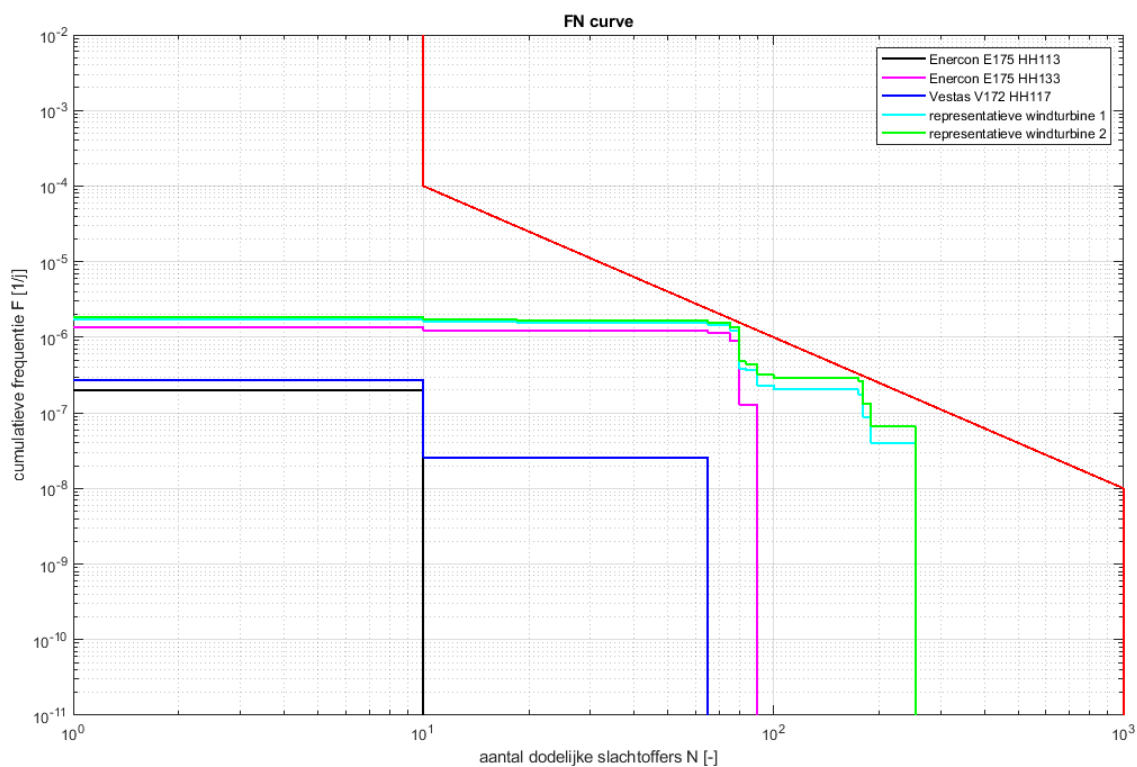
Het groepsrisico dat uitgaat van de inplanting van windturbine WTN1, wordt – rekening houdend met de huidige omgeving, de hoger vermelde aannames en de resultaten van de kansberekeningen – getoond in figuur III.3(a). Het criterium voor het groepsrisico wordt getoond in de figuur door middel van de rode lijn. Het berekende groepsrisico dient zich onder deze rode lijn te bevinden. **Uit de figuur blijkt dat het groepsrisico van windturbine WTN1 voldoet aan het criterium.**

Uit de berekeningen op basis van de representatieve windturbines is gebleken dat een hogere tiphoogte dan 225 m niet mogelijk is omwille van een overschrijding van het criterium voor het groepsrisico.

In de berekening van het groepsrisico zijn uiteraard een aantal conservatieve aannames gemaakt. De conservatieve aannames zijn evenwel gemaakt opdat het berekende groepsrisico met voldoende zekerheid een correcte inschatting is van het werkelijke groepsrisico. Deze inschatting is noodzakelijkerwijze een overschatting, aangezien in een veiligheidsstudie dient vermeden te worden om het risico te onderschatten. Er zijn echter geen voldoende onderbouwde redenen om af te wijken van de gemaakte aannames.

Soms worden er conservatieve aannames gemaakt in een risicoanalyse om op een snelle en efficiënte wijze aan te tonen dat het risico voldoet aan het criterium. Dat is hier echter niet het geval. Het risico is op een zo nauwkeurig mogelijke wijze berekend. Zo is in de veiligheidsstudie rekening gehouden met de structurele opbouw van de gebouwen.

Figuur III.3(a) Groepsrisicocurve uitgaande van windturbine WTN1



III.4.2.2. Windturbine WTN2

Hieronder wordt een overzicht gegeven van de gebouwen, waar frequent personen aanwezig zijn en die gelegen zijn binnen 168,9 m van windturbine WTN2.

Tabel III.3(b) Gebouwen met frequente bezetting binnen de relevante effectafstand van windturbine WTN2

gebouw	symbool ⁽¹⁾	aantal personen in het gebouw ⁽²⁾	tijdsfractie ⁽²⁾			relevant voor groepsrisico
			uren/dag	dagen/jaar	tijdsfractie	
Volvo Trucks – 1	G1 ⁽³⁾	-	-	-	-	-
Volvo Trucks – 2 a	G2 ⁽³⁾	-	-	-	-	-
Volvo Trucks – 2 b	G3	10	16	261	0,477	neen
Volvo Trucks – 3	G4	75	16	261	0,477	ja
		20	8	261	0,238	ja
		40	8	104	0,095	ja
brandweerkazerne	G5 ⁽³⁾	-	-	-	-	-
Volvo Trucks – 4	G6 ⁽³⁾	-	-	-	-	-

⁽¹⁾ De gebouwen worden aan de hand van hun symbool getoond op figuur II.3(b).

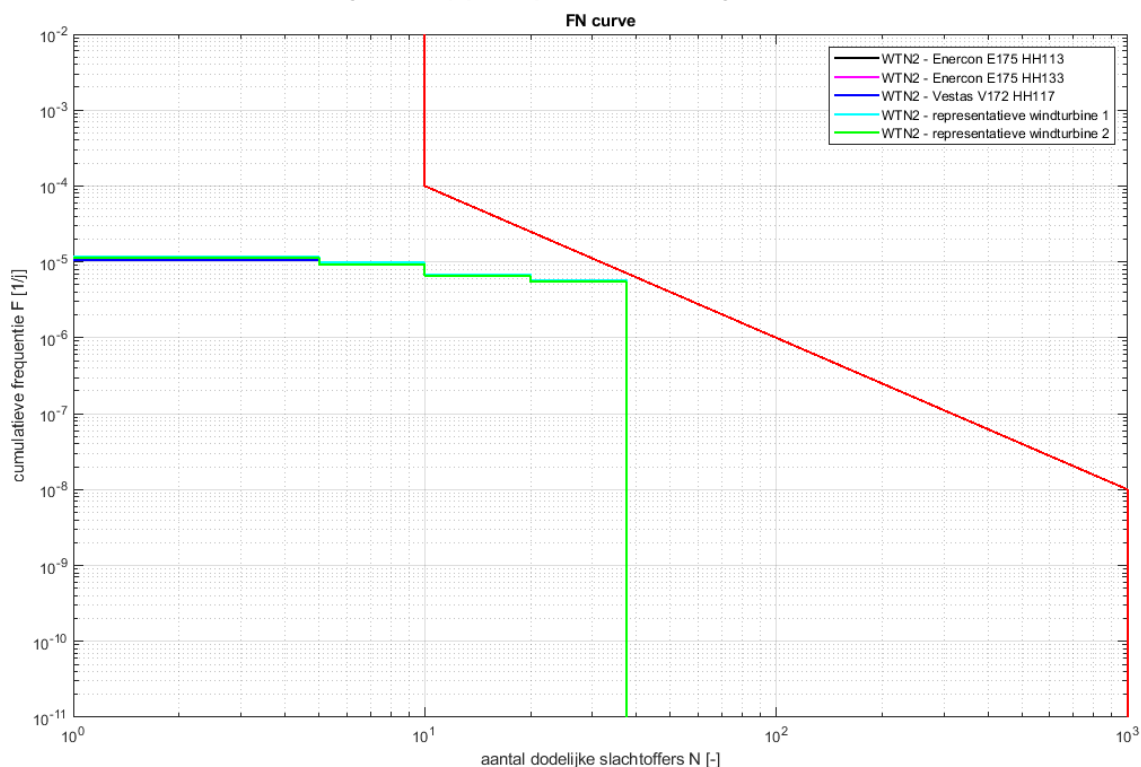
⁽²⁾ Deze gegevens zijn bekomen van de opdrachtgever in maart 2025, tenzij anders vermeld.

⁽³⁾ Het gebouw valt niet binnen de relevante effectafstand en moet niet verder beschouwd worden.

De benodigde gegevens en tussenresultaten voor de berekening van het groepsrisico van windturbine WTN2 worden getoond in tabel III.4(b) (zie ook figuur III.2(b)). Deze tabel is opgenomen in § VI achteraan dit document.

Het groepsrisico dat uitgaat van de inplanting van windturbine WTN2, wordt – rekening houdend met de huidige omgeving, de hoger vermelde aannames en de resultaten van de kansberekeningen – getoond in figuur III.3(b). Het criterium voor het groepsrisico wordt getoond in de figuur door middel van de rode lijn. Het berekende groepsrisico dient zich onder deze rode lijn te bevinden. **Uit de figuur blijkt dat het groepsrisico van windturbine WTN2 voldoet aan het criterium.**

Figuur III.3(b) Groepsrisicocurve uitgaande van windturbine WTN2



III.5. Analyse van de indirecte risico's

Sevesostoffen kunnen aanwezig zijn op het terrein van de inrichtingen die in de omgeving van de windturbines gevestigd zijn maar ook in ondergrondse leidingen en de bijhorende bovengrondse installaties (zoals drukreducerstations) of ter hoogte van transportroutes (bv. in tankwagens of spoorwagens).

Hieronder wordt nagegaan of er zich relevante installaties met Sevesostoffen in de omgeving van de windturbines bevinden. Indien dit het geval is, zal het indirecte risico voor deze installaties geanalyseerd worden. De aard van de analyse hangt af van de aard van de installatie.

INRICHTINGEN MET SEVESOSTOFFEN – Er bevinden zich geen Seveso-inrichtingen of LPG-, LNG-, CNG-, of waterstofstankstations binnen de maximale effectafstand (529 m) van de windturbines (zie figuur II.4). Bovendien bevinden er zich geen inrichtingen van klasse 1 omwille van de aanwezigheid van Sevesostoffen binnen de effectafstand voor mastbreuk (225 m). **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

ONDERGRONDSE TRANSPORTLEIDINGEN – Uit een analyse van de mogelijke scenario's en de mogelijke schademechanismen bij impact van een windturbine op de grond (m.n. penetratie en grondtrillingen) [4] blijkt dat mogelijke domino-effecten van een windturbine op een ondergrondse leiding slechts relevant zijn indien de afstand tussen de windturbine en de leiding kleiner is dan een bepaalde scheidingsafstand. Deze scheidingsafstand wordt berekend op basis van de karakteristieken van de windturbines (de massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel en de ashoogte) en bedraagt max. 177,9 m voor de windturbines⁶.

Via het Kabel- en Leidinginformatieportaal (KLIP) is nagegaan of in het projectgebied transportleidingen met Sevesostoffen gelegen zijn. Er bevinden zich geen ondergrondse transportleidingen binnen de relevante effectafstand (zie ook figuur II.4). **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.** Voor de volledigheid wordt vermeld dat de ondergrondse NATO-transportleiding beheerd door BPO zich buiten de scheidingsafstand bevindt (zie ook figuur II.4).

DRUKREDUCEERSTATIONS – Er bevinden zich geen drukreducerstations binnen de maximale effectafstand van de windturbines (zie ook figuur II.4). **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

TRANSPORT – In de omgeving van de windturbines worden mogelijk Sevesostoffen getransporteerd. Enkel in uitzonderlijke gevallen zal het indirecte risico van het transport van Sevesostoffen over de weg, het spoor of het water mogelijk relevant zijn. Dit is bijvoorbeeld het geval voor de aanwezigheid van een LNG-bunkerschip binnen de maximale effectafstand van een windturbine. Een dergelijk geval wordt hier niet teruggevonden. **Er is bijgevolg geen nadere analyse vereist.**

⁶ Deze scheidingsafstand is berekend uitgaande van een ashoogte van 142,5 m en een max. massa van de gondel, de rotor en het bovenste mastdeel van 500 ton.

III.6. Samenvatting: Evaluatie van de externe risico's

III.6.1. Directe risico's

Het plaatsgebonden mensrisico van de windturbines is geanalyseerd in § III.3. Er wordt besloten dat het plaatsgebonden mensrisico van de windturbines voldoet aan de in Vlaanderen gehanteerde risicocriteria:

- Er bevinden zich geen permanente, individuele werkplaatsen binnen de isorisicocontour van $10^{-5}/j$;
- Er bevinden zich geen woningen binnen de isorisicocontour van $10^{-5}/j$;
- Er bevinden zich geen gebieden met woonfunctie binnen de isorisicocontour van $10^{-6}/j$;
- Er bevinden zich geen kwetsbare locaties binnen de isorisicocontour van $10^{-7}/j$.

Het groepsrisico van de windturbines is geanalyseerd in § III.4. Er wordt besloten dat het groepsrisico van de windturbines voldoet aan het criterium.

III.6.2. Indirecte risico's

De indirecte risico's ten gevolge van de exploitatie van de windturbines houden verband met de aanwezigheid van Sevesostoffen in installaties in de omgeving van de windturbines en zijn geanalyseerd in § III.5.

Er zijn geen relevante installaties met Sevesostoffen aanwezig in de omgeving⁷ van de windturbines.

⁷ binnen de van toepassing zijnde scheidingsafstanden

III.7. Adviesvragen

III.7.1. Nucleaire inrichtingen

Er bevinden zich geen nucleaire inrichtingen die federaal vergund zijn en ingedeeld zijn in klasse I binnen de 2 km van de inplantingslocaties van de windturbines.

III.7.2. Hoogspanningsinfrastructuur

Het traject van de 150 kV hoogspanningslijnen Rodenhuize – Flora bevindt zich op een minimale afstand van ca. 484 m van de windturbine WTN1 en ca. 343 m van de windturbine WTN2. De adviesgrensafstand (i.e. 3,5 keer rotordiameter) bedraagt 612,5 m. Bijgevolg is overleg met Elia noodzakelijk [5].

Uit figuur III.4 blijkt dat de afstand tussen de hoogspanningslijnen en de windturbines groter is dan de drukgevaargrensafstand (i.e. 1,5 keer rotordiameter). Dit leidt in de regel tot een positief advies van Elia voor wat betreft het risico voor trillingen door turbulentie van de windturbines.

De hoogspanningslijnen bevinden zich tevens buiten de effectafstand van de tip van een rotorblad in het geval van mast- en bladbreuk bij nominaal toerental van de windturbines (zie figuur III.4). Een risicoanalyse waarin de trefkans van de hoogspanningslijnen bepaald en geëvalueerd wordt, is bijgevolg niet vereist voor de windturbines.

IV. BESLUIT

Projectontwikkelaar Eneco wenst twee windturbines te realiseren in het kader van de repowering van de windturbines op het grondgebied van de stad Gent, ter hoogte van het bedrijventerrein van Volvo Trucks Gent.

Deze veiligheidsstudie bestudeert de externe risico's die uitgaan van de windturbines zelf (directe risico's) en de indirecte risico's ten gevolge van installaties met Sevesostoffen die in de omgeving van de windturbines aanwezig zijn.

De windturbines worden voorzien op de locaties gegeven in de onderstaande tabel.

Tabel IV.1 Lambert 72-coördinaten windturbines

windturbine	X-coördinaat	Y-coördinaat
WTN1	109 341	197 422
WTN2	108 978	198 193

Er is in deze veiligheidsstudie uitgegaan van de volgende randvoorwaarden voor de gegevens van de windturbines:

- ❑ max. rotordiameter: 175 m;
- ❑ max. tiphoogte: 225 m;
- ❑ max. ashoogte: 142,5 m;
- ❑ max. nominaal rotortoerental: 10 tpm;
- ❑ max. massa gondel, rotor en bovenste mastdeel: 500 ton.

Voor de afstand van het zwaartepunt van het blad tot het rotorcentrum wordt uitgegaan van een maximale waarde gelijk aan 0,16 keer de rotordiameter.

Uit deze veiligheidsstudie wordt besloten dat de inplanting van de windturbines op de voorgestelde locatie en onder de toegepaste randvoorwaarden heden voldoet aan de criteria die in het kader van de externe veiligheid voor windturbines in Vlaanderen worden gehanteerd.

Filip Van den Schoor

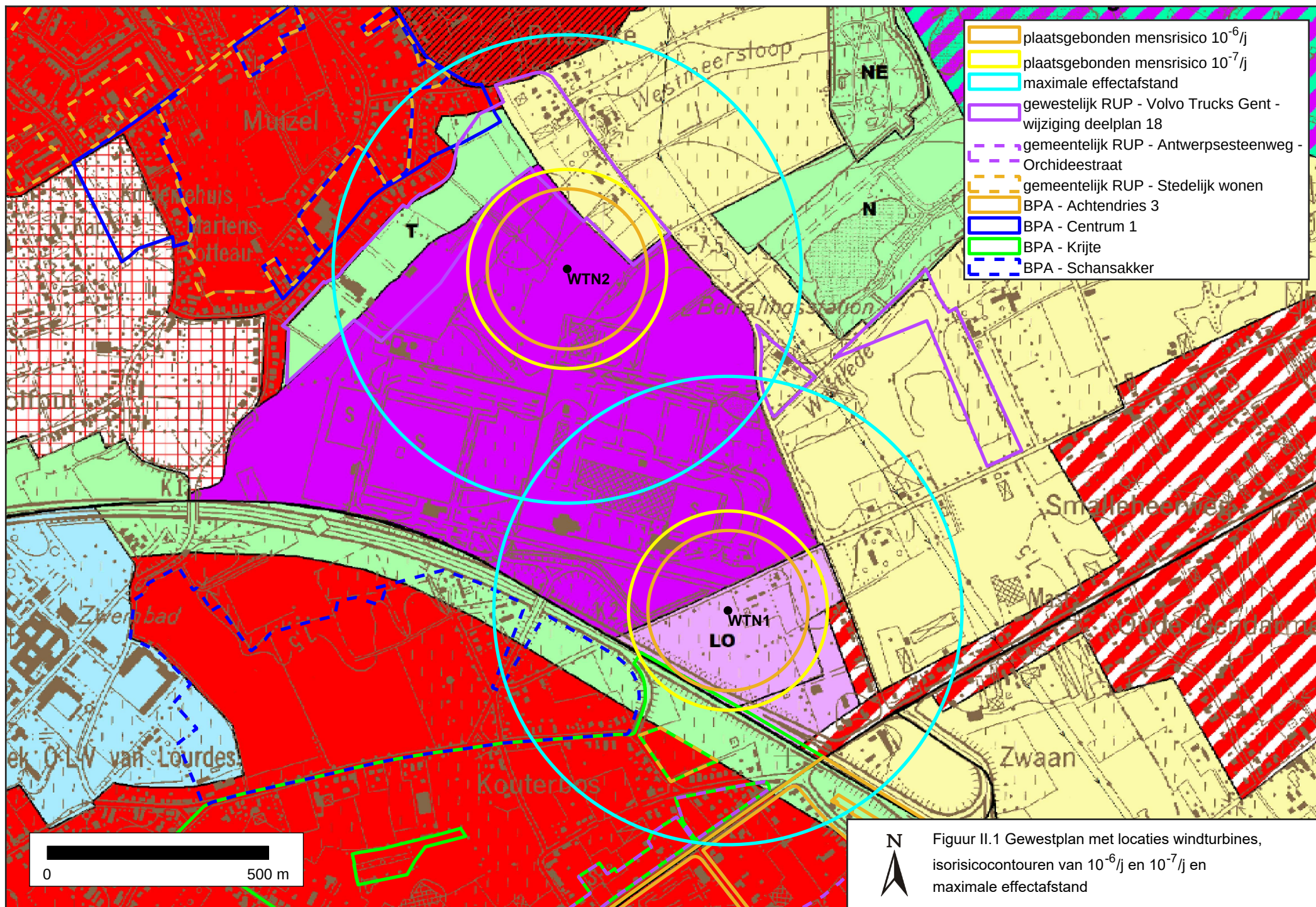
erkend VR-deskundige⁸

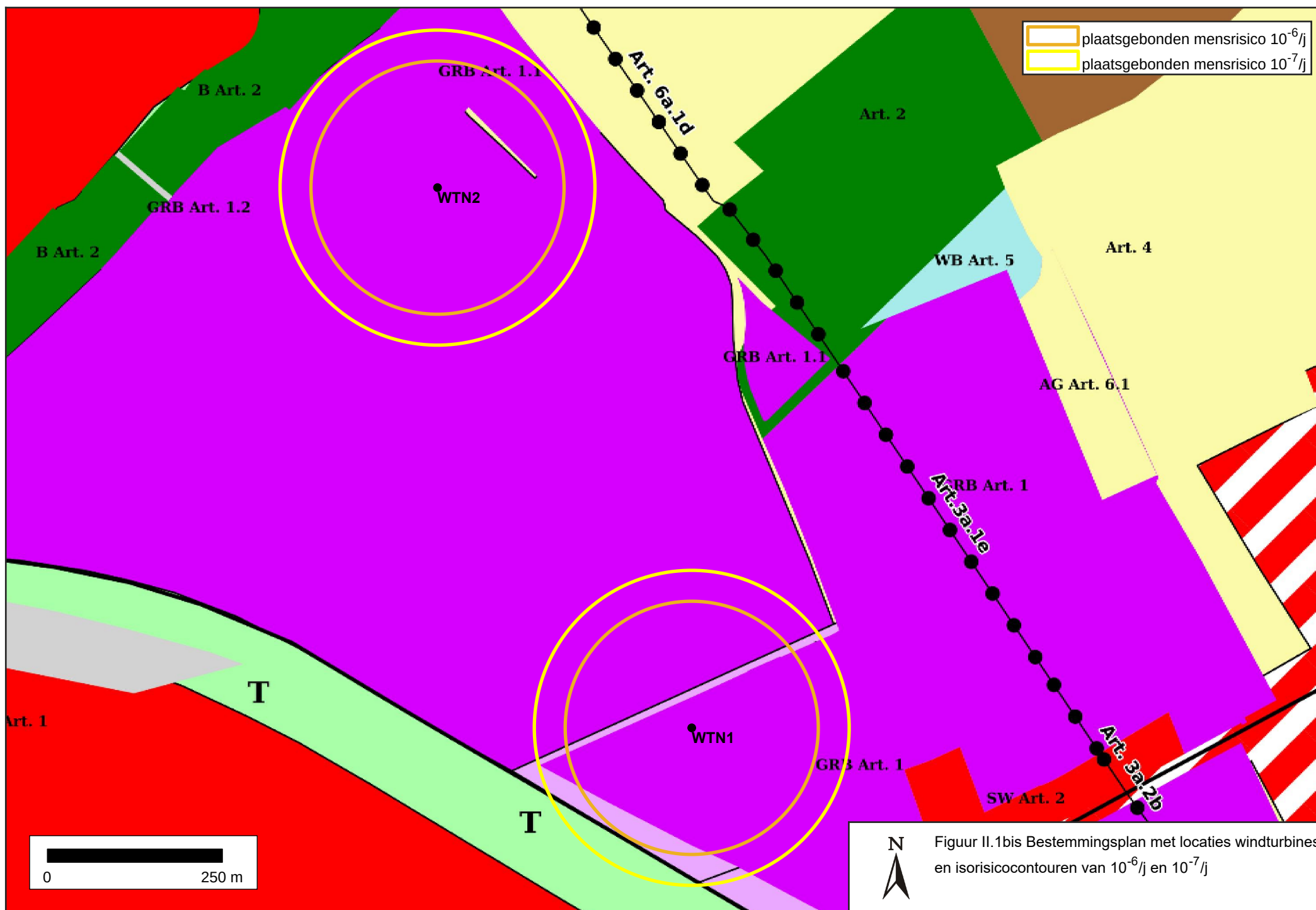
⁸ erkenning met nummer 2013/VR084, onbeperkt geldig.

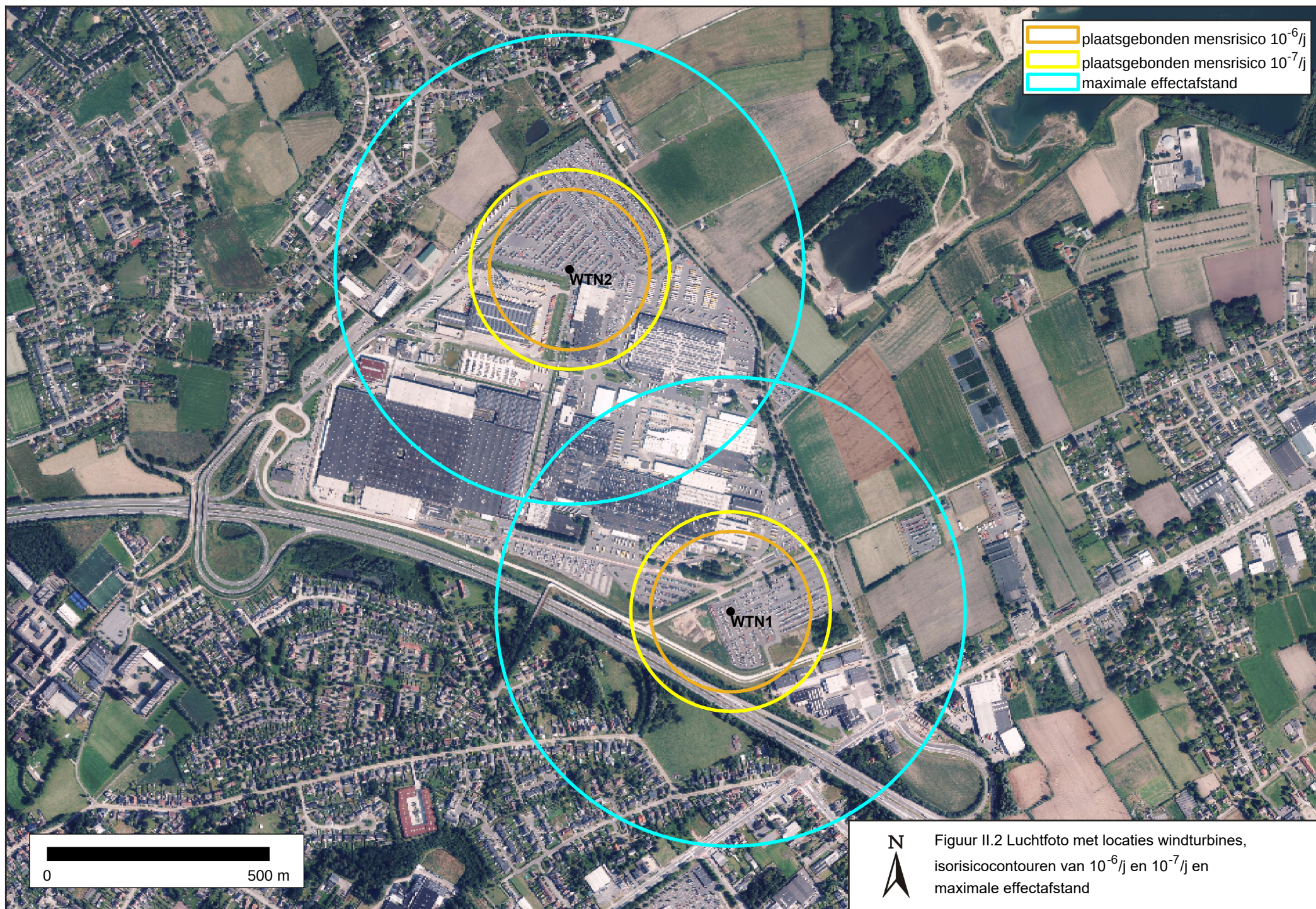
V. REFERENTIES

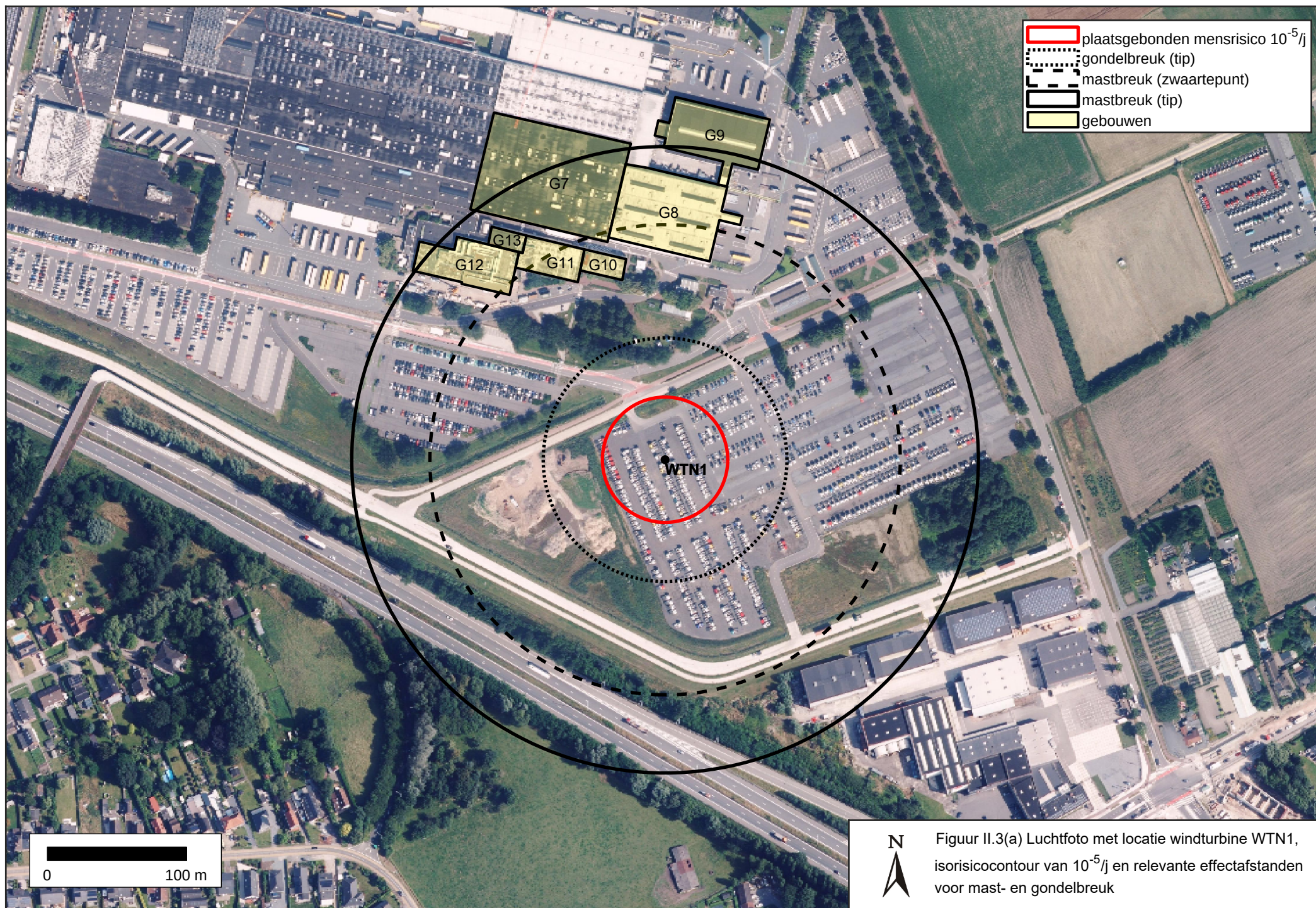
- [1] *Beoordelingskader Windturbines. Code van goede praktijken inzake risicocriteria voor windturbines* – versie 1.0 d.d. 01/10/2019, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2019.
- [2] *Handboek Windturbines. Richtlijnen voor de risicoberekeningen van windturbines* – versie 3.0 d.d. 01/02/2025, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2025.
- [3] *Veiligheidsstudies Windturbines. Praktische leidraad voor het opstellen van veiligheidsstudies voor windturbines* – versie 2.0 d.d. 01/12/2022, Vlaamse Overheid, Departement Omgeving, 2022.
- [4] *Scheidingsafstanden tussen windturbines en ondergrondse pijpleidingen met betrekking tot externe veiligheid*, M-tech en SGS, september 2015.
- [5] *Advies van Elia bij het oprichten van windturbines in de nabijheid van hoogspanningsinstallaties*, Elia, februari 2024.

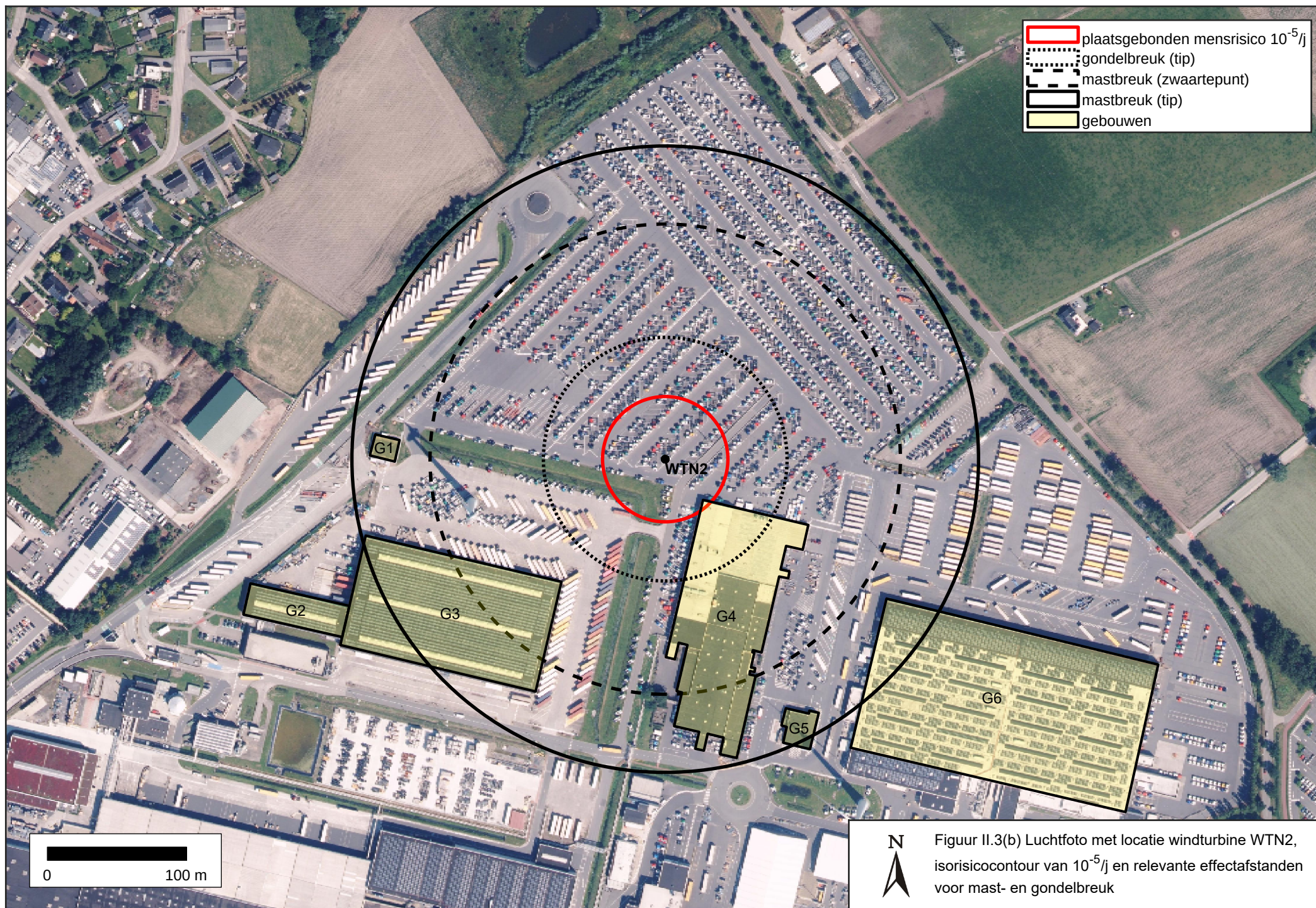
VI. FIGUREN EN TABELLEN

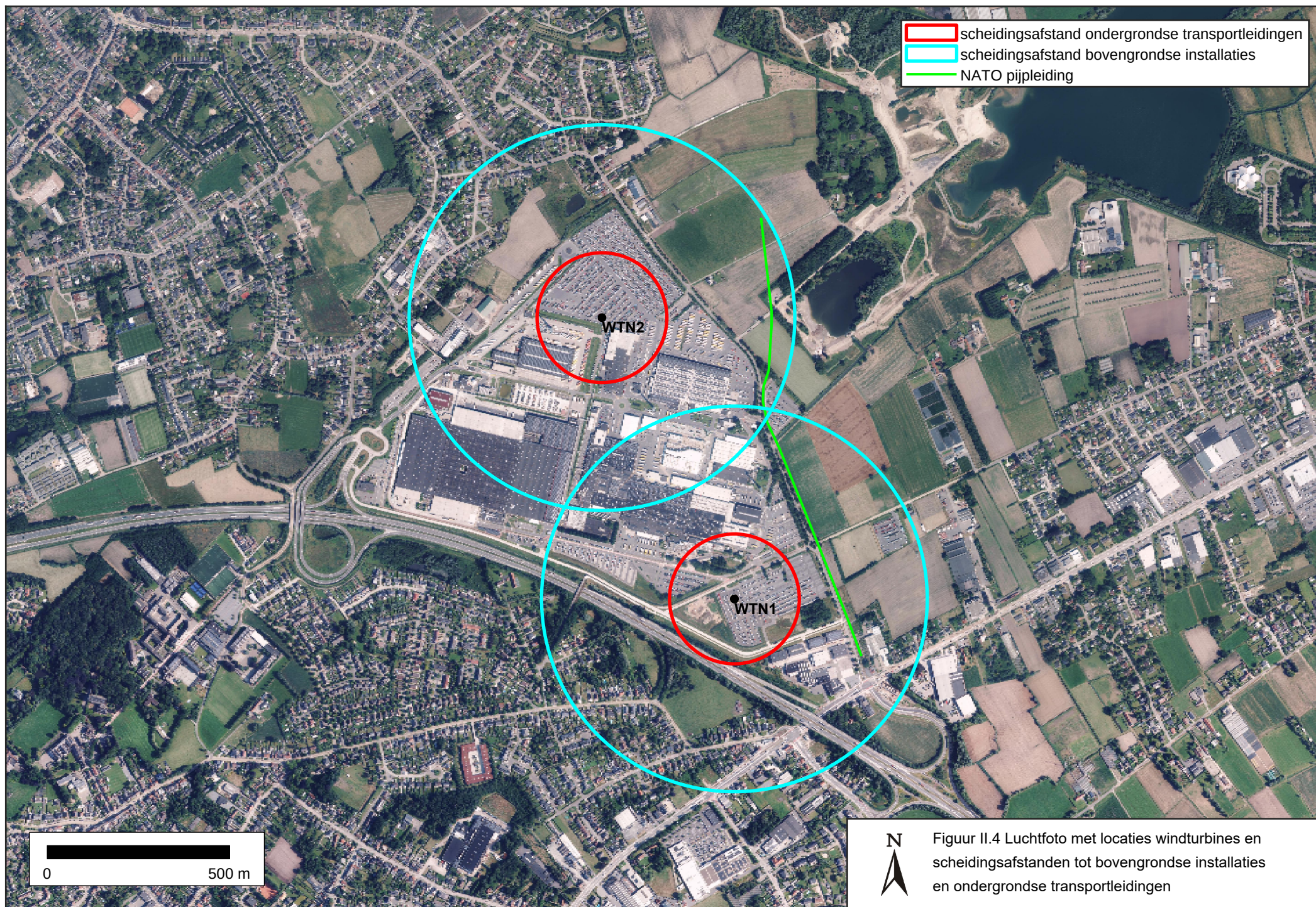


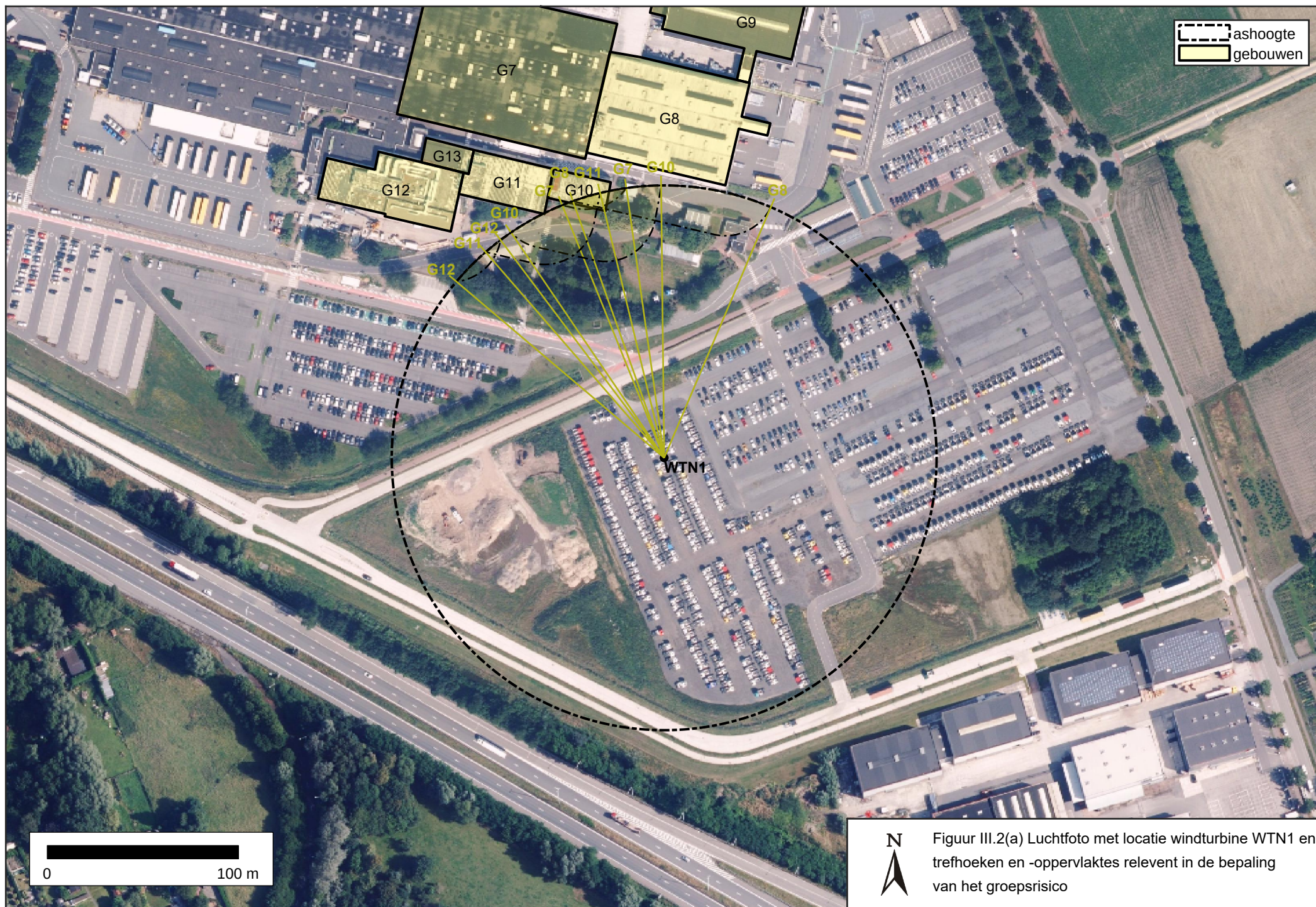




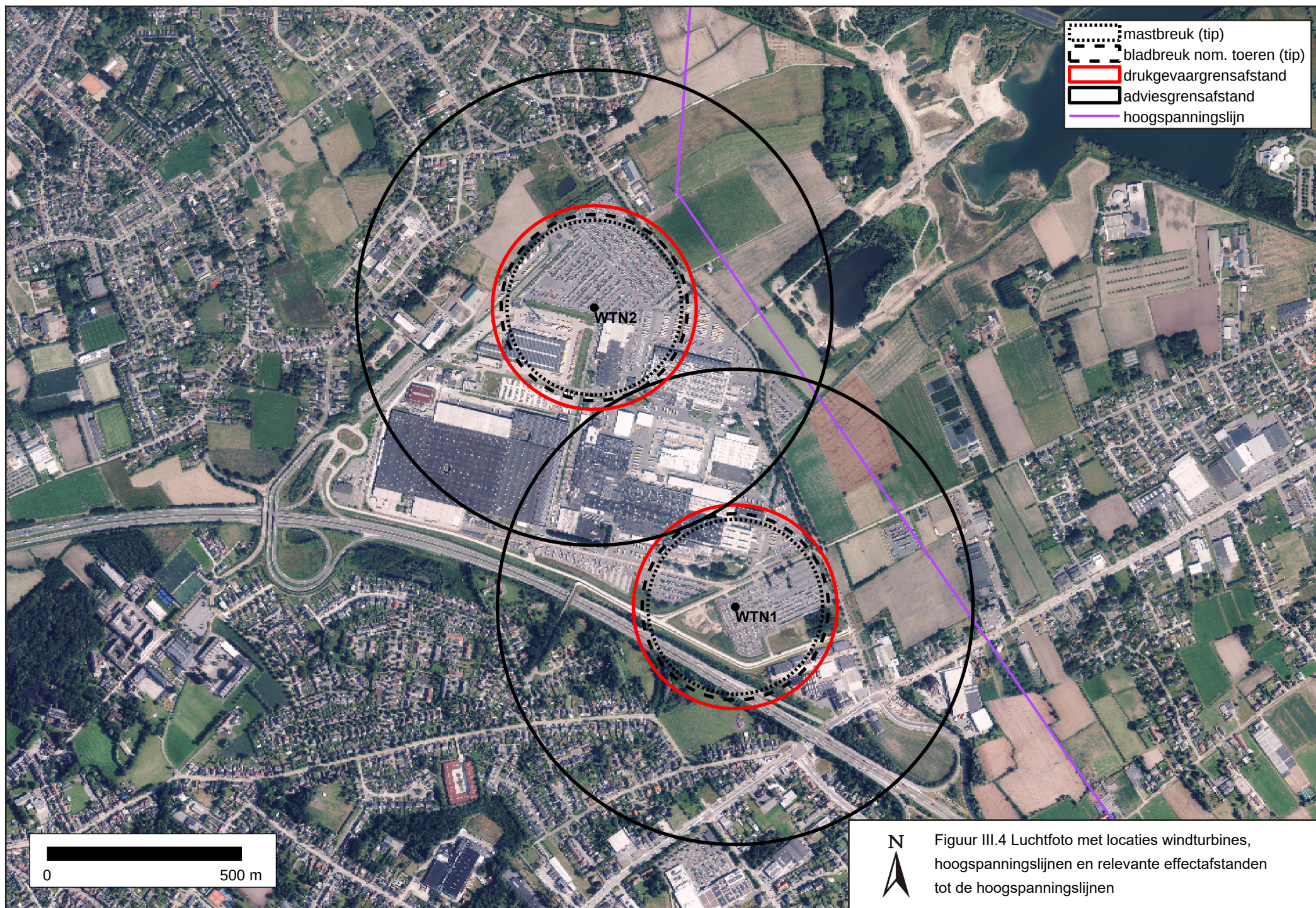












Tabel III.4(a) Berekening groepsrisico van de windturbine WTN1

getroffen objecten	trefhoek [°]	trefoppervlakte [m²]	totale trefkans [1/j]	tijdssegment	overeenkomstige tijdsfractie [-]	bezetting van gebouwen	f [1/j]	N [-]
G10	0	730	$4,01 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	20	$9,54 \cdot 10^{-08}$	10
G10, G11	12,2	740	$9,14 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	150	$2,18 \cdot 10^{-07}$	75
G10, G11, G7	2,4	40	$1,219 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	350	$2,9 \cdot 10^{-08}$	175
				werkweek: 14-22 u	0,24	200	$2,9 \cdot 10^{-08}$	100
G10, G11, G7, G8	6	50	$2,774 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	510	$6,6 \cdot 10^{-08}$	255
				werkweek: 14-22 u	0,24	360	$6,6 \cdot 10^{-08}$	180
G10, G7, G8	5,6	70	$2,714 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	380	$6,46 \cdot 10^{-08}$	190
				werkweek: 14-22 u	0,24	360	$6,46 \cdot 10^{-08}$	180
G10, G8	7,3	350	$4,96 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	180	$1,18 \cdot 10^{-07}$	90
				werkweek: 14-22 u	0,24	160	$1,18 \cdot 10^{-07}$	80
G11	2,7	310	$2,83 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	130	$6,74 \cdot 10^{-08}$	65
G11, G12	4	20	$1,78 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	167	$4,24 \cdot 10^{-08}$	83,5
G12	8,7	110	$4,234 \cdot 10^{-07}$	werkweek: 6-14 u	0,24	37	$1,01 \cdot 10^{-07}$	18,5
G8	23,7	1120	$1,601 \cdot 10^{-06}$	werkweek: 6-14 u	0,24	160	$3,81 \cdot 10^{-07}$	80
				werkweek: 14-22 u	0,24	160	$3,81 \cdot 10^{-07}$	80

Tabel III.4(b) Berekening groepsrisico van de windturbine WTN2

getroffen objecten	trefhoek [°]	trefoppervlakte [m ²]	totale trefkans [1/j]	tijdssegment	overeenkomstige tijdsfractie [-]	bezetting van gebouwen	f [1/j]	N [-]
G4	90,2	9720	1,239.10 ⁻⁰⁵	werkweek: 6-14 u	0,24	75	2,95.10 ⁻⁰⁶	37,5
				werkweek: 14-22 u	0,24	75	2,95.10 ⁻⁰⁶	37,5
				weekend: 6-14 u	0,1	40	1,18.10 ⁻⁰⁶	20
				werkweek: 22-6 u	0,24	20	2,95.10 ⁻⁰⁶	10