

Bosch & van Rijn

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Hans Kerkvliet MSc.

Opdrachtgever

Gemeente Beuningen



Windpark Beuningen

Onderzoek Externe Veiligheid t.b.v. combiMER



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Windpark Beuningen

Externe veiligheidsonderzoek t.b.v. combiMER

Datum
4-12-2020

Versie
1.0 OPZET HK

Bosch & Van Rijn
Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht

Tel: 030-677 6466
Mail: info@boschenvanrijn.nl
Web: www.boschenvanrijn.nl

© Bosch & Van Rijn 2020

Behoudens hetgeen met de opdrachtgever is overeengekomen, mag in dit rapport vervatte informatie niet aan derden worden bekendgemaakt. Bosch & Van Rijn BV is niet aansprakelijk voor schade door het gebruik van deze informatie

Inhoudsopgave

HOOFDSTUK 1	INLEIDING	3
1.1	<i>Inleiding</i>	4
1.2	<i>Alternatieven projectMER</i>	4
1.3	<i>Beoordelingscriteria MER</i>	6
1.4	<i>Leeswijzer</i>	6
HOOFDSTUK 2	RISICO-INVENTARISATIE	7
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	9
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	10
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	10
3.3	<i>Buisleidingen</i>	11
3.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	12
3.5	<i>Infrastructuur</i>	12
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	14
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	15
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	17
4.3	<i>Buisleidingen</i>	23
4.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	26
4.5	<i>Wegen</i>	29
HOOFDSTUK 5	VOORKEURSALTERNATIEF	33
5.1	<i>Beschrijving voorkeursalternatief</i>	34
5.2	<i>Te onderzoeken windturbinetype</i>	35
5.3	<i>Rekenmethode</i>	35
5.4	<i>Risicoanalyse</i>	36
HOOFDSTUK 6	CONCLUSIE	46
6.1	<i>(beperkt) Kwetsbare objecten</i>	47
6.2	<i>Risicovolle installaties</i>	47
6.3	<i>Buisleidingen</i>	48
6.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	48
6.5	<i>Infrastructuur</i>	48
HOOFDSTUK 7	BIJLAGEN	50
BIJLAGE A	INRICHTINGSALTERNATIEVEN	51
BIJLAGE B	RISICOCONTOUREN EN WERPAFSTANDEN	55
BIJLAGE C	BEREKENING WERPAFSTAND	76
BIJLAGE D	(BEPERKT) KWETSBARE OBJECTEN	78

Hoofdstuk 1 Inleiding



1.1 Inleiding

Bosch & Van Rijn heeft een Kwantitatieve Risicoanalyse uitgevoerd naar de externe veiligheidsrisico's voor windpark Beuningen in gemeente Beuningen als gevolg van drie alternatieven en het voorkeursalternatief ten behoeve van een milieueffect-rapportage (MER)

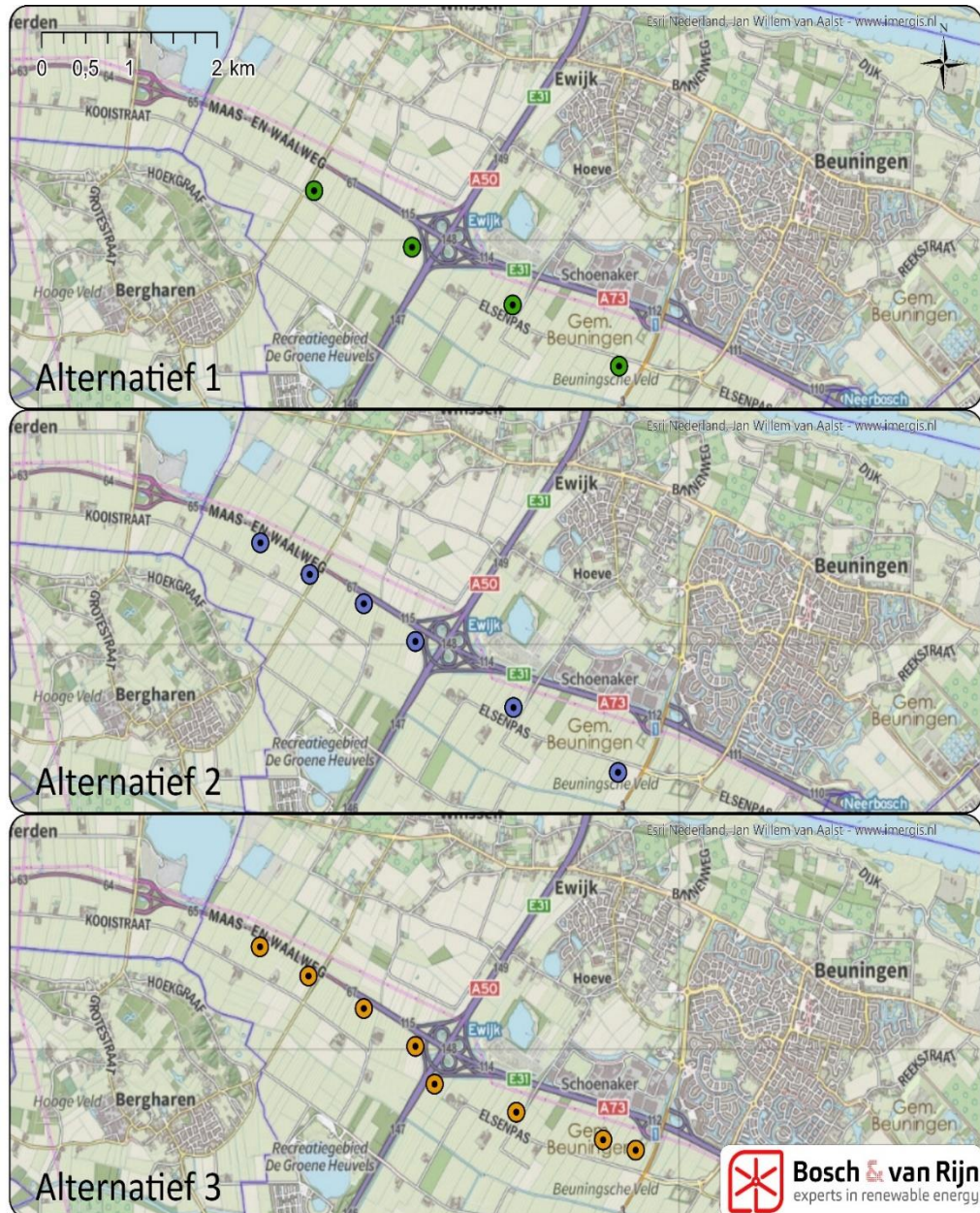
Deze studie volgt de beoordelingscriteria zoals opgenomen in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau van WP Beuningen. Daarnaast worden de externe veiligheidsrisico's vanwege de windturbines getoetst aan de normen en adviesafstanden zoals beschreven in Hoofdstuk 3.

Dit document dient ter ondersteuning van zowel het MER als de vergunningaanvraag.

1.2 Alternatieven projectMER

Het (project)MER beschouwt drie alternatieven, die verschillen in het aantal windturbines, afmetingen en windturbinelocaties. In onderstaande figuren zijn de inrichtingen weergegeven en de gehanteerde windturbintypes staan in onderstaande tabel.

Figuur 1 De inrichtingsalternatieven



Ten behoeve van het externe veiligheidsonderzoek zijn verschillende windturbines gebruikt. Voor Alternatief 1, 2 en 3 zijn voor de te plaatsen windturbines referentieturbines bepaald om de effecten te bepalen. In voorliggend onderzoek wordt de faalcasuïstiek uit het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Moldile IV Windturbines (versie oktober 2020) toegepast en geen fabrikant specifieke eigenschappen. Hiermee wordt de worst-case situatie gegeven door de maximaal mogelijke afmetingen en maximale werpafstand, ongeacht de fabrikant.

In Tabel 1 staan de afmetingen van deze windturbines.

Tabel 1 Samenvatting van de alternatieven

Alternatief	Type	Aantal	Rotor	Ashoogte
			m	m
A1	ReferentieWTB 1	4	160	165
A2	ReferentieWTB 2	6	140	140
A3	ReferentieWTB 3	8	120	120

Bijlage A toont de inrichtingsalternatieven in meer detail.

1.3 Beoordelingscriteria MER

In de milieueffectrapportage waar dit onderzoek een bijlage van is wordt het milieueffect externe veiligheid beoordeeld aan de hand van de volgende criteria:

- Gevaarlijke stoffen (installaties, buisleidingen en vervoer);
- Kwetsbare objecten;
- (Beperkt) Kwetsbare objecten;
- Risico's m.b.t. infrastructuur (wegen)

In onderhavig kwantitatieve risicoanalyse worden alle beoordelingscriteria voor het projectMER onderzocht.

1.4 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 worden de externe veiligheidsrisico's van de windturbines beschreven. Verder zal in dit hoofdstuk worden ingegaan op de risico's in de omgeving en de relevante objecten in het risicogebied. Hoofdstuk 3 bevat het toetsingskader voor de beoordeling van de (toename) van de externe veiligheidsrisico's. Hierbij wordt alleen ingegaan op de relevante aspecten in het plangebied. In Hoofdstuk 4 worden de risico's van de windturbines op de relevante objecten geanalyseerd. Indien nodig zullen er ook berekeningen worden opgenomen om tot conclusies te komen. Hoofdstuk 5 beschrijft de effecten van het voorkeursalternatief. Hoofdstuk 6 bevat de conclusies waarin de berekende waarden worden getoetst aan het in Hoofdstuk 3 beschreven beoordelingskader.

Hoofdstuk 2 Risico-inventarisatie



Risico's van een windturbine voor de omgeving bestaan uit 3 typen falen:

1. het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad,
2. het omvallen van een windturbine door mastbreuk,
3. het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.

Het afbreken van een windturbineblad vormt een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden; werpafstand bij nominaal toerental en de werpafstand bij overtoeren. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen een straal van de maximale valafstand van de windturbine (tiphoogte). Het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor vormt een risico binnen een afstand van de wieklengte.

Op basis van de afmetingen van de MER-alternatieven is een shortlist opgesteld met gangbare windturbinetypes. Voor deze gangbare windturbinetypes zijn op basis van generieke faalfrequenties (Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines (versie oktober 2020), het kogelbaanmodel Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines (versie oktober 2020) en parameters van de specifieke windturbinetypes de werpafstanden en risicocontouren berekend (Bijlage C). De grootste werpafstand uit de shortlist wordt overgenomen ten behoeve van de referentiewindturbine. Hieruit volgen de volgende afstanden:

Tabel 2

Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbinetype

Alt.	Wtb type	Ashoogte (m)	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
			10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
A1	Ref. WTB 1	165	80	205	205	527
A2	Ref. WTB 2	140	70	172	172	438
A3	Ref. WTB 3	120	60	179	179	481

De windturbines kunnen een risicoverhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Voor windpark Beuningen zijn de volgende onderwerpen relevant:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten**
- ❖ **Risicovolle installaties**
- ❖ **Buisleidingen**
- ❖ **Hoogspanningsinfrastructuur**
- ❖ **Infrastructuur**

NB. Voor windturbines geldt dat het groepsrisico, vanuit het activiteitenbesluit, geen beoordelingskader is voor windturbines. Hierdoor hoeft er niet worden ingegaan op het groepsrisico in onderhavig document. Indien een windturbine een risico verhogend effect heeft op een risicovolle installatie, is het mogelijk dat het groepsrisico van de installatie om hoog gaat. Indien dit gebeurt moet er wel getoetst worden aan het groepsrisico.

Hoofdstuk 3 Beoordelingskader



3.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De normstelling omtrent windturbines en objecten waar personen verblijven volgt uit het Activiteitenbesluit:

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**.
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**.

Zie Bijlage D voor de definities kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten.

Op de 10^{-6} contour heeft een persoon die onafgebroken en onbeschermd op die plaats zou verblijven, een kans op overlijden van één keer in de miljoen jaar als rechtstreeks gevolg van een falende windturbine. Op de 10^{-5} contour is deze kans één keer in de honderdduizend jaar.

3.2 Risicovolle installaties

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een verhoging van de risico's van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende risicoafstanden niet significant wijzigen. Dat betekent dat toetsing aan de afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten ook na plaatsing van de windturbines niet tot belemmeringen leidt. Om dit te toetsen kan in eerste instantie naar de toename van de catastrofale faalfrequentie van risicovolle installaties behorende tot de inrichting worden gekeken. Indien deze toename een bepaalde richtwaarde niet overschrijdt is plaatsing van de windturbine uit oogpunt van risicobeoordeling toegestaan. Als uitgangspunt voor deze richtwaarde wordt volgens het Handreiking Risicozonering Windturbines¹ 10% gehanteerd.

Indien de toename deze richtwaarde overschrijdt, is plaatsing niet direct uitgesloten, maar wordt door een uitgebreidere analyse bepaald of er na plaatsing nog steeds voldaan wordt aan de normen uit het BEVI en Bevb:

- *De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.*
- *De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor beperkt kwetsbare objecten is 10^{-5} per jaar.*

¹ Handreiking Risicozonering Windturbines, 2020.

Artikel 4 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

1. Het bevoegd gezag neemt bij de beslissing op een aanvraag om een omgevingsvergunning voor een activiteit als bedoeld in artikel 2.1, eerste lid, onder e, onder 1°, van de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht de grenswaarde, genoemd in artikel 6, eerste lid, in acht.
2. Het bevoegd gezag houdt bij de beslissing op een aanvraag als bedoeld in het eerste lid rekening met de richtwaarde, genoemd in artikel 6, tweede lid.

Artikel 6 Besluit Externe Veiligheid Inrichtingen

1. De grenswaarde, bedoeld in artikel 4, eerste lid, voor al dan niet geprojecteerde kwetsbare objecten is 10^{-6} per jaar.
2. De richtwaarde, bedoeld in artikel 4, tweede lid, voor al dan niet geprojecteerde beperkt kwetsbare objecten is 10^{-5} per jaar.

3.3 Buisleidingen

Voor gasleidingen hanteert Gasunie N.V. een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine is te verwachten. Deze afstand is de hoogste waarde van de maximale werpafstand bij nominaal toerental of masthoogte + $1/3^{\text{de}}$ wieklengte. (bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015).

Bij in acht nemen van bovenstaande afstanden zal voor ondergrondse leidingen de plaatsing van de windturbines niet leiden tot een (significante) verhoging van de faalkans van de gasinfrastructuur, waardoor ook het risico voor de omgeving door de aanwezigheid van de gasinfrastructuur niet (significant) zal toenemen en de transport- en leveringszekerheid van het aardgas niet (significant) worden aangetast.

Als er aan bovenstaande afstanden niet kan worden voldaan dan is plaatsing van de windturbines voor Gasunie² slechts acceptabel als:

- Er géén 10^{-6} per jaar contour ontstaat die bij Besluit externe veiligheid buisleidingen(Bevb)-transportleidingen tot buiten de belemmeringstrook reikt en bij Bevi-inrichten tot buiten het hekwerk reikt als die 10^{-6} per jaar contour vóór plaatsing van de windturbines ook niet buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte. Dat betekent dat voor situaties waar het PR niveau binnen de belemmeringstrook resp. het hekwerk lager is dan 10^{-6} per jaar, het PR wel mag toenemen tot maximaal 10^{-6} per jaar³;
- De PR 10^{-6} per jaar contour niet groter wordt als die vóór de plaatsing van de windturbines al wel buiten de belemmeringstrook resp. het hekwerk reikte;

² Bron: Het beleid van Gasunie Transport Services inzake het veilig plaatsen van windturbines bij haar gasinfrastructuur – 31-07-2015.

³ PR: persoonsgebonden risico.

- De frequentie dat een inrichting die onder het Activiteitenbesluit Milieubeheer valt door een onderdeel van de windturbines wordt getroffen lager is dan:
 - o 5×10^{-6} per jaar voor meet- en regelstations en exportstations;
 - o $2,5 \times 10^{-4}$ per jaar voor gasontvangstations.

Naast bestaande buisleidingen is er ook de structuurvisie buisleidingen opgesteld voor toekomstige ontwikkelingen. In de stroken aangewezen in de structuurvisie buisleidingen moet ruimte worden geboden om in de toekomst buisleidingen te plaatsen op de betreffende locatie. Windturbines zouden een probleem kunnen vormen voor toekomstige buisleidingen. Daarom mogen windturbines niet worden geplaatst binnen de buisleidingenstrook zoals aangewezen in de structuurvisie.

3.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Er bestaat geen wettelijke kader voor de invloed van windturbines op hoogspanningsleidingen. TenneT heeft in het Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW2020) een adviesafstand opgenomen voor het transportnetwerk van 110kV tot en met 380kV. Deze adviesafstand is gelijk aan de maximale werpafstand bij nominaal toerental of indien deze groter is, de ashoogte + $1/2$ rotordiameter.

Dit betreft echter geen wettelijke grenswaarde. Wanneer er niet wordt voldaan aan de afstandseis, vraagt TenneT om met hen in overleg te treden. TenneT zal op basis van het concrete geval bepalen welk risico voor de betreffende asset op dat moment aanvaard kan worden. Als eerste richtlijn kan gebruikt worden dat 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. Aangezien er geen standaard faalfrequentie van een hoogspanningsverbinding bestaat, dient in alle gevallen overleg en afstemming met TenneT plaats te vinden.

3.5 Infrastructuur

Rijkswegen

Voor Rijkswegen zijn generieke afstanden berekend waarbuiten er geen ontoelaatbare risico's voor passanten plaatsvinden. Het document "*Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken*" staan de minimale afstanden tot Rijkswegen gegeven:

"Langs rijkswegen wordt plaatsing van windturbines toegestaan bij een afstand van ten minste 30m uit de rand van de verharding of bij een rotordiameter groter dan 60m, ten minste de halve diameter".

Voor de overige openbare wegen bestaan geen genormeerde afstanden, waardoor kleinere afstanden mogelijk zijn. In de beleidsregel "*Windturbines langs auto-, spoor-, en vaarwegen – Beoordeling van veiligheidsrisico's*" staan de richtlijnen gegeven (zie kaders):

“Individuele passantenrisico (IPR)

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.

De initiatiefnemer die een of meerdere windturbines wil plaatsen dient aan te tonen dat het maximale toelaatbare Individueel Passanten Risico IPR niet wordt overschreden op de infrastructuur in de nabijheid van de turbine. De grens is vastgesteld van honderdzestig kilometer per uur. Een generiek IPR van 10^{-6} wordt aangehouden voor alle infrastructuur waarop de wettelijk toelaatbare snelheden de honderdzestig kilometer per uur niet overschrijden, en een generiek IPR van 10^{-7} op infrastructuur waarop wettelijk toelaatbare snelheden boven de honderdzestig kilometer per uur bestaan.

Maatschappelijk risico (MR)

Er zijn verschillende maten te kiezen voor het maatschappelijk risico. Rijkswaterstaat en ProRail hanteren het criterium dat er jaarlijks niet meer dan $2 \cdot 10^{-3}$ passanten mogen overlijden. In het externe-veiligheidsbeleid voor stationaire installaties of vervoersactiviteiten wordt uitgegaan van groepsrisicocurven of FN-curven. Groepsrisicocurves hebben alleen betekenis voor 'kleine-kans-groot-gevolg'-ongevallen met slachtofferaantallen groter dan 10 per ongeval. Uit studies ref. [2, 4, 5, 6] blijkt dat bij windturbineparken in de nabijheid van rijkswegen altijd ruimschoots aan de groepsrisiconorm wordt voldaan.”

Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

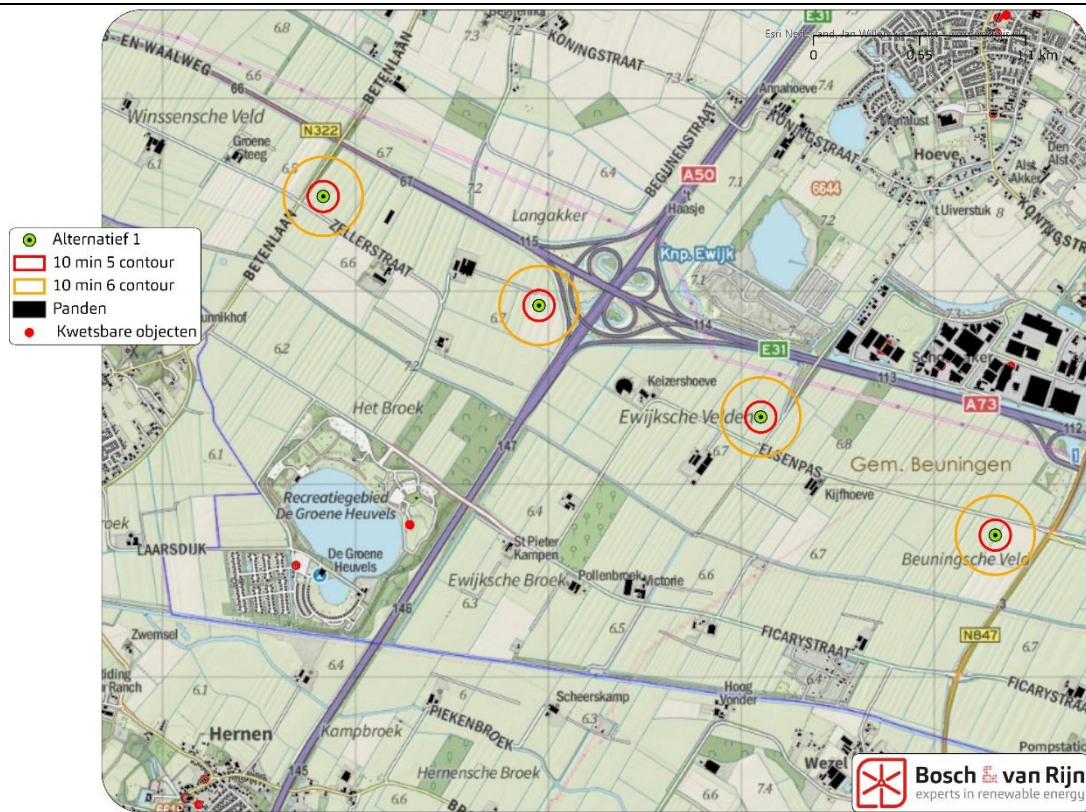


4.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

De berekende 10^{-5} en 10^{-6} contouren zijn weergegeven op kaart. Per windturbine-locatie is nagegaan of (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn. Voor de gebouwen binnen de 10^{-6} contour is nagegaan of er sprake is van een kwetsbaar object (BAG, risicokaart.nl / luchtfoto). In onderstaande figuren zijn de risicocontouren van de verschillende alternatieven te vinden. Deze zijn tevens weergegeven in Bijlage B.

4.1.1 Alternatief 1

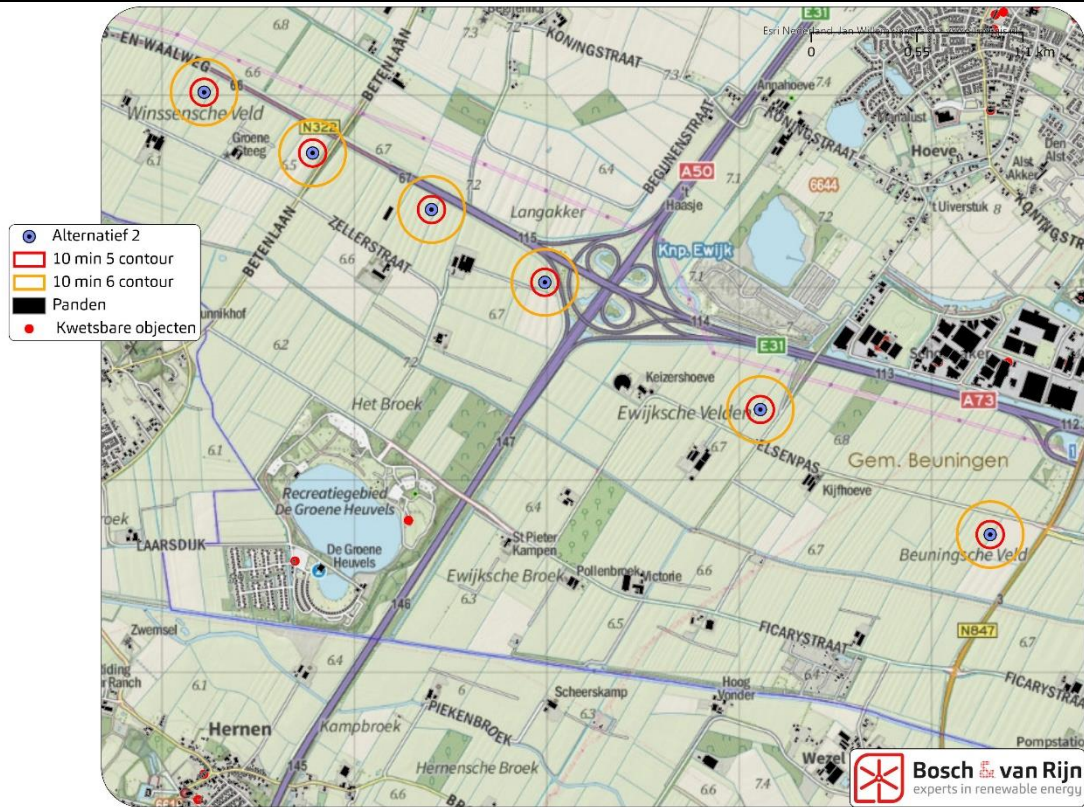
Figuur 2 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 1)



Er bevinden zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.1.2 Alternatief 2

Figuur 3 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 2)

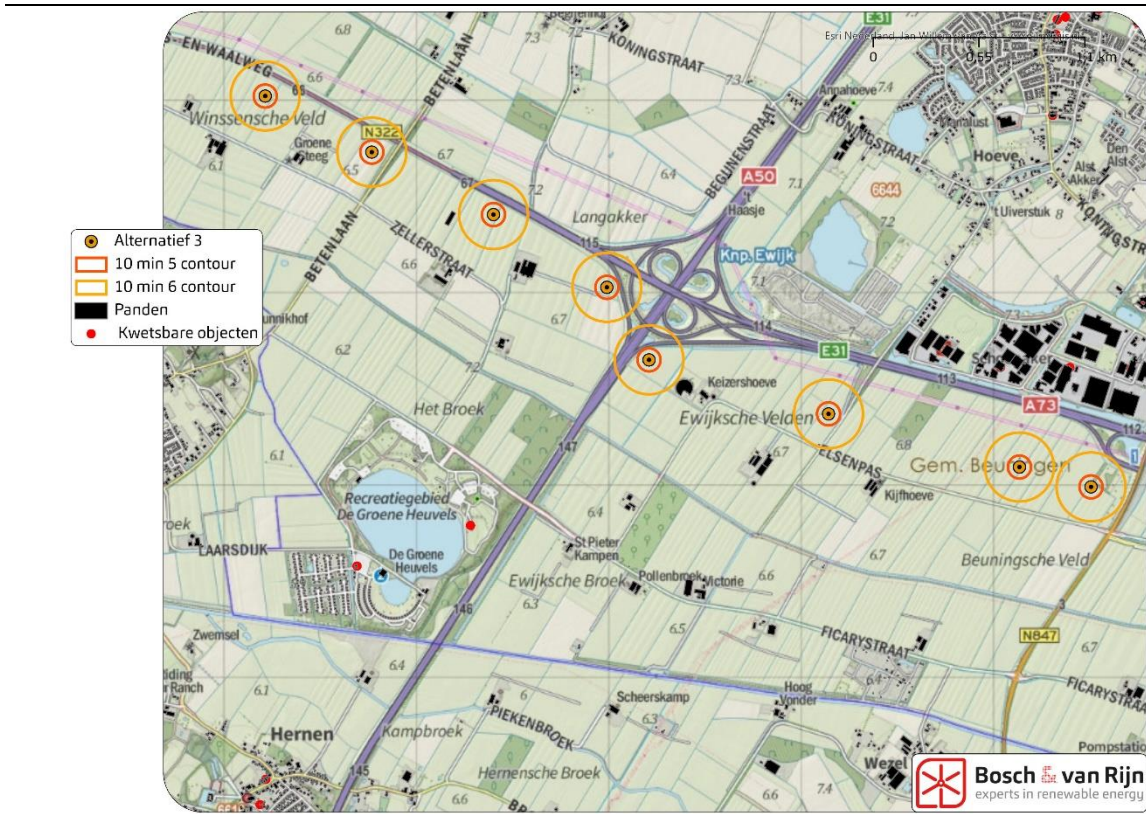


Er bevinden zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} contour.

4.1.3 Alternatief 3

Op basis van onderstaande figuur is op te maken dat zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare of kwetsbare objecten binnen respectievelijk de 10^{-5} en 10^{-6} -contour bevinden.

Figuur 4 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 3)

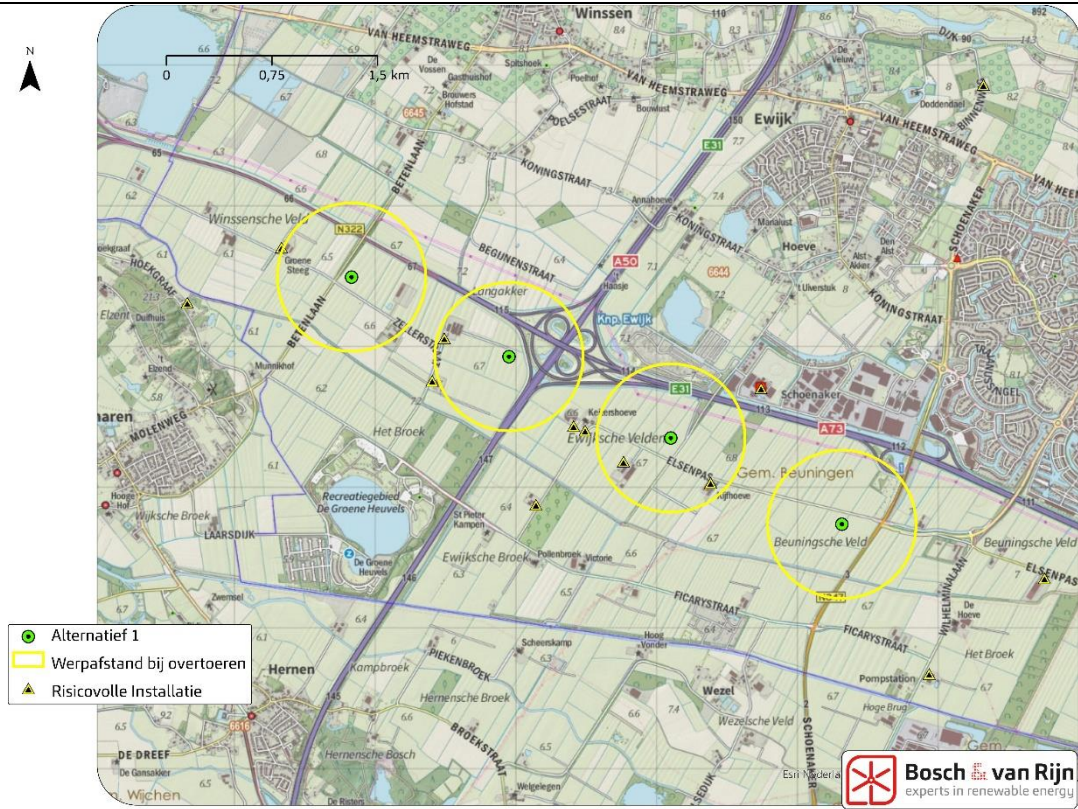


4.2 Risicovolle installaties

De berekende maximale werpstanden (bij overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn.

4.2.1 *Alternatief 1*

Figuur 5 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de omgevingsdienst en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Tabel 3 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van Alternatief 1

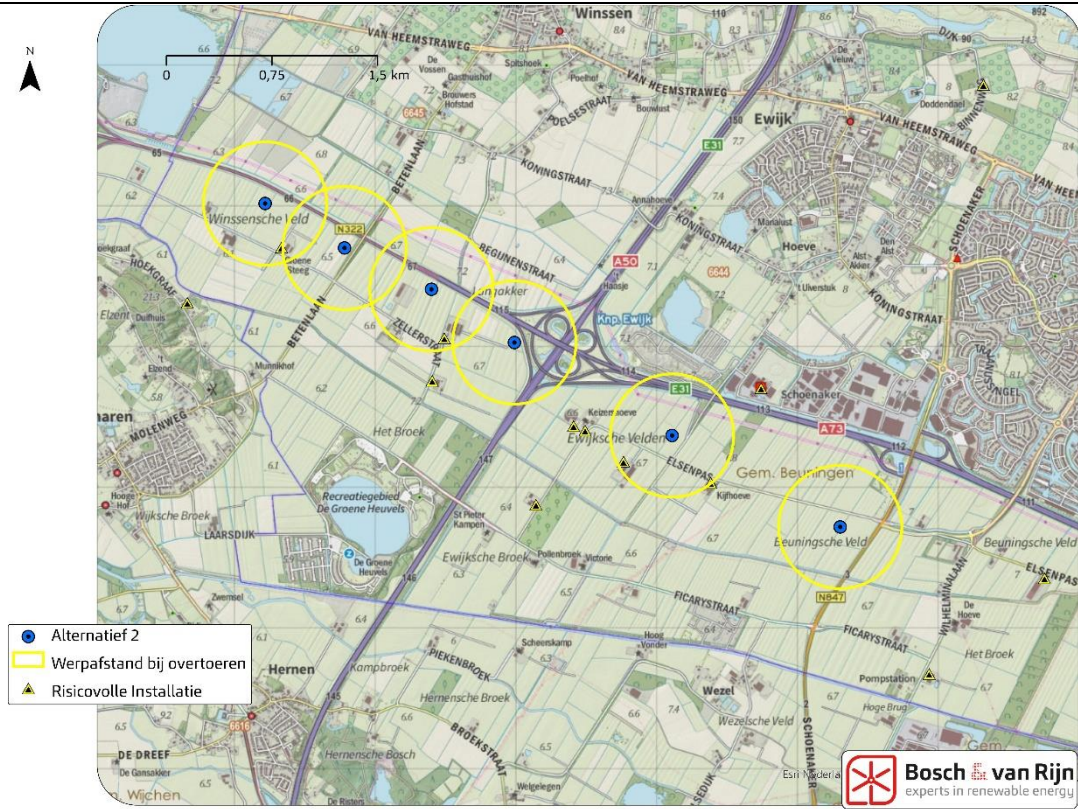
Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 2	Propaantank 8223	473
Windturbine 3	Propaantank 2,7m ³	373
Windturbine 3	Propaantank 1,6m ³	421

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wiekbreuk een risico verhogend effect.

NB. In het gebied bevindt zich een gasontvangststation. Dit station ligt buiten de werpafstand bij overtoeren en wordt daarom niet beschouwd in onderhavig onderzoek

4.2.2 *Alternatief 2*

Figuur 6 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de omgevingsdienst en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Tabel 4 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van Alternatief 2

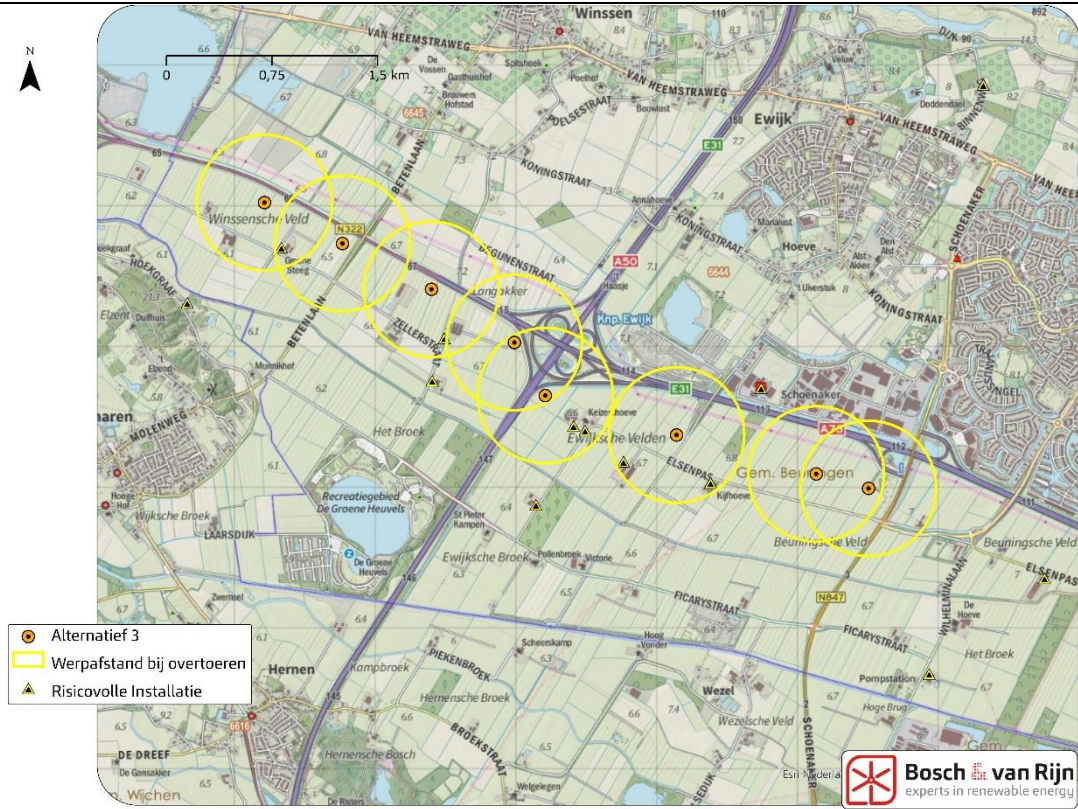
Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 1	Propaantank 1	327
Windturbine 3	Propaantank 8223	353
Windturbine 5	Propaantank 2,7m ³	389
Windturbine 5	Propaantank 1,6m ³	429

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wiekbreuk een risico verhogend effect.

NB. In het gebied bevindt zich een gasontvangststation. Dit station ligt buiten de werpafstand bij overtoeren en wordt daarom niet beschouwd in onderhavig onderzoek

4.2.3 *Alternatief 3*

Figuur 7 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Tabel 5 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van geplande turbines van Alternatief 3

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 1	Propaantank 1	335
Windturbine 2	Propaantank 1	
Windturbine 3	Propaantank 8223	353
Windturbine 5	Propaantank 2	290
Windturbine 5	Propaantank 5m ³	371
Windturbine 6	Propaantank 2,7m ³	420
Windturbine 6	Propaantank 1,6m ³	411

Doordat de afstanden groter zijn dan de tiphoogte heeft alleen het scenario wreekbreuk een risico verhogend effect.

NB. In het gebied bevindt zich een gasontvangststation. Dit station ligt buiten de werpafstand bij overtoeren en wordt daarom niet beschouwd in onderhavig onderzoek

4.2.4 Trefkansberekeningen

Rekenmethode wiekbreuk (*Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid – Module IV – Windturbines (versie oktober 2020)*)

Om de trefkans van een object met hoogte h , breedte b , en diepte d te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak:

De kans dat het zwaartepunt van de wiek in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pt}$$

Waarin:

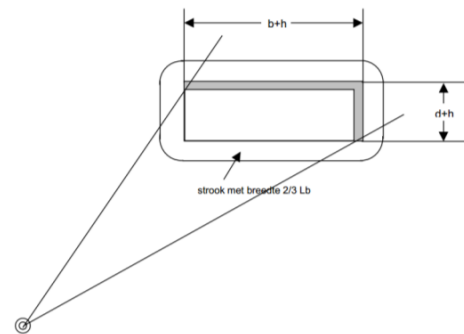
P_{zwpt} = trefkans van het zwaartepunt van het blad (*berekend volgens HRW 2014*).

$$A_{pt} = (b+h) \cdot (d+h)$$

Het object kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $2/3 L_b$ (lengte afgebroken blad) inslaat. In dit geval kan het object nog door het blad worden geraakt aangezien het zwaartepunt zich op ongeveer $1/3$ van het blad bevindt. Deze kans loopt van 0,0 naar 1,0 van de buitenrand van de $2/3 L_b$ strook tot het object.

De kans dat het zwaartepunt in de strook met breedte $2/3 L_b$ rondom de tank terecht komt is:

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right)$$



Om de totale trefkans te berekenen dat een installatie wordt getroffen door een blad worden de twee bovenstaande parameters bij elkaar opgeteld:

$$P_o = P_{od} + P_{oi}$$

4.2.5 Resultaten trefkansen risicovolle installaties

Via de bovenstaande methoden zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties van de drie alternatieven waarbij de trefkansen van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 6 Trefkansen risicovolle installaties Alternatief 1

Installatie	Totale trefkans
Propaantank 8223	$1,06 \cdot 10^{-08}$
Propaantank 2,7m ³	$9,81 \cdot 10^{-09}$
Propaantank 1,6m ³	$9,40 \cdot 10^{-09}$

Tabel 7 Trefkansen risicovolle installaties Alternatief 2

Installatie	Totale trefkans
Propaantank 1	$1,08 \cdot 10^{-08}$
Propaantank 8223	$1,09 \cdot 10^{-08}$
Propaantank 2,7m ³	$1,22 \cdot 10^{-08}$
Propaantank 1,6m ³	$2,34 \cdot 10^{-08}$

Tabel 8 Trefkansen risicovolle installaties Alternatief 3

Installatie	Totale trefkans
Propaantank 1	$1,45 \cdot 10^{-08}$
Propaantank 8223	$6,51 \cdot 10^{-09}$
Propaantank 2	$7,62 \cdot 10^{-09}$
Propaantank 5m ³	$6,44 \cdot 10^{-09}$
Propaantank 2,7m ³	$7,12 \cdot 10^{-09}$
Propaantank 1,6m ³	$6,71 \cdot 10^{-09}$

4.2.6 Faalkansverhoging

De berekende trefkans van de alternatieven wordt vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installatie (faalkansen van alle catastrofale scenario's bij elkaar opgeteld). De intrinsieke faalkans wordt als volgt onderbouwd:

Tabel 9 Onderbouwing intrinsieke faalkansen van risicovolle objecten (Bron: Handleiding Risicoberekeningen BEVI)

Object	Faalkans scenario's (weergegeven tussen haakjes)
Opslagtanks gevaarlijke stoffen	De mogelijke catastrofale scenario's zijn het vrijkomen van de gehele inhoud ($5 \cdot 10^{-6}$) en het vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom ($5 \cdot 10^{-6}$).

Onderstaande tabel bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installatie:

Tabel 10 Verhoging faalkans van risicovolle installaties

Alternatief	Installatie	Intr. Faalkans	Trefkans	Verhoging faalkans
Alternatief 1	Propaantank 8223	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,06 \cdot 10^{-08}$	0,11%
Alternatief 1	Propaantank 2,7m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$9,81 \cdot 10^{-09}$	0,10%
Alternatief 1	Propaantank 1,6m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$9,40 \cdot 10^{-09}$	0,09%
Alternatief 2	Propaantank 1	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,08 \cdot 10^{-08}$	0,11%
Alternatief 2	Propaantank 8223	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,09 \cdot 10^{-08}$	0,11%
Alternatief 2	Propaantank 2,7m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,22 \cdot 10^{-08}$	0,12%
Alternatief 2	Propaantank 1,6m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$2,34 \cdot 10^{-08}$	0,23%
Alternatief 3	Propaantank 1	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,45 \cdot 10^{-08}$	0,15%
Alternatief 3	Propaantank 8223	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$6,51 \cdot 10^{-09}$	0,07%
Alternatief 3	Propaantank 2	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$7,62 \cdot 10^{-09}$	0,08%
Alternatief 3	Propaantank 5m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$6,44 \cdot 10^{-09}$	0,06%
Alternatief 3	Propaantank 2,7m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$7,12 \cdot 10^{-09}$	0,07%
Alternatief 3	Propaantank 1,6m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$6,71 \cdot 10^{-09}$	0,07%

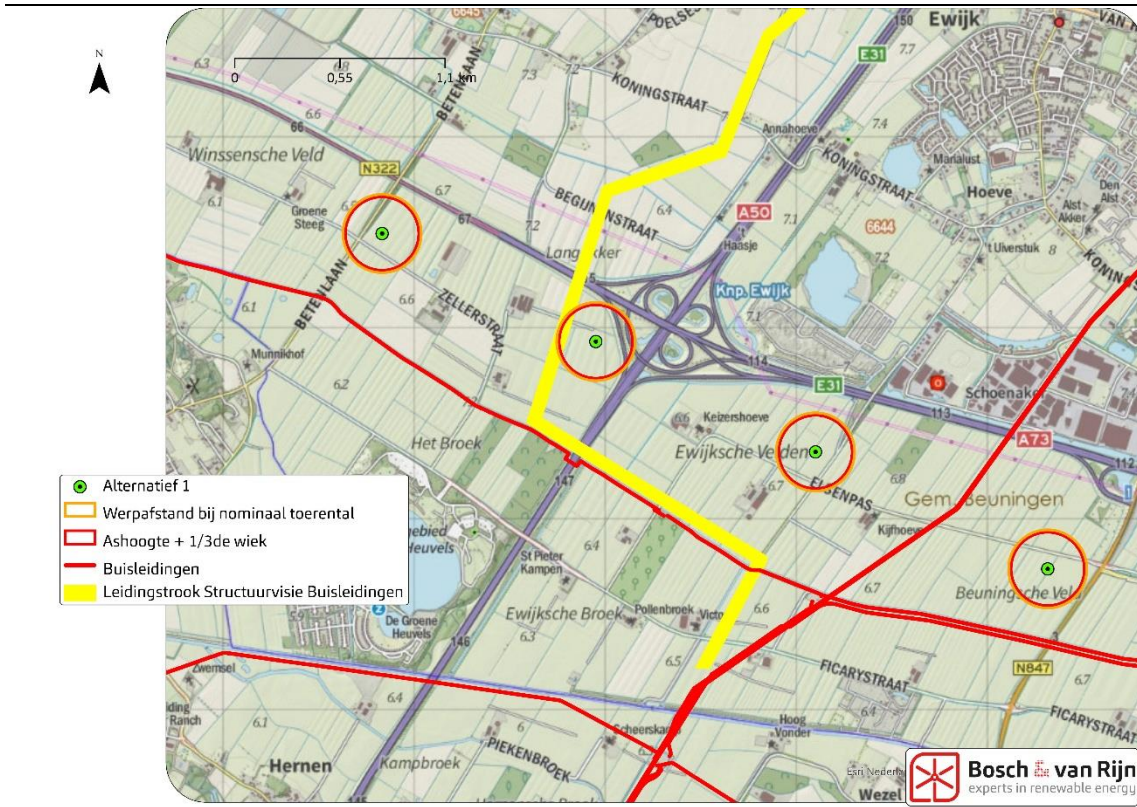
4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen in het plangebied is er geanalyseerd of de alternatieven voldoen aan de adviesafstand van Gasunie. Indien er niet wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie worden de risico's gekwantificeerd waarbij de trefkansberekeningen worden uitgevoerd volgens het Rekenvoorschrift Omgevingsveiligheid Module IV – Windturbines (Versie oktober 2020).

4.3.1 Alternatief 1

Voor Alternatief 1 geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Tevens bevinden de windturbines zich buiten de leidingstrook zoals aangewezen in de structuurvisie Buisleidingen. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 8 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.2 *Alternatief 2*

Voor Alternatief 2 geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Tevens bevinden de windturbines zich buiten de leidingstrook zoals aangewezen in de structuurvisie Buisleidingen. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

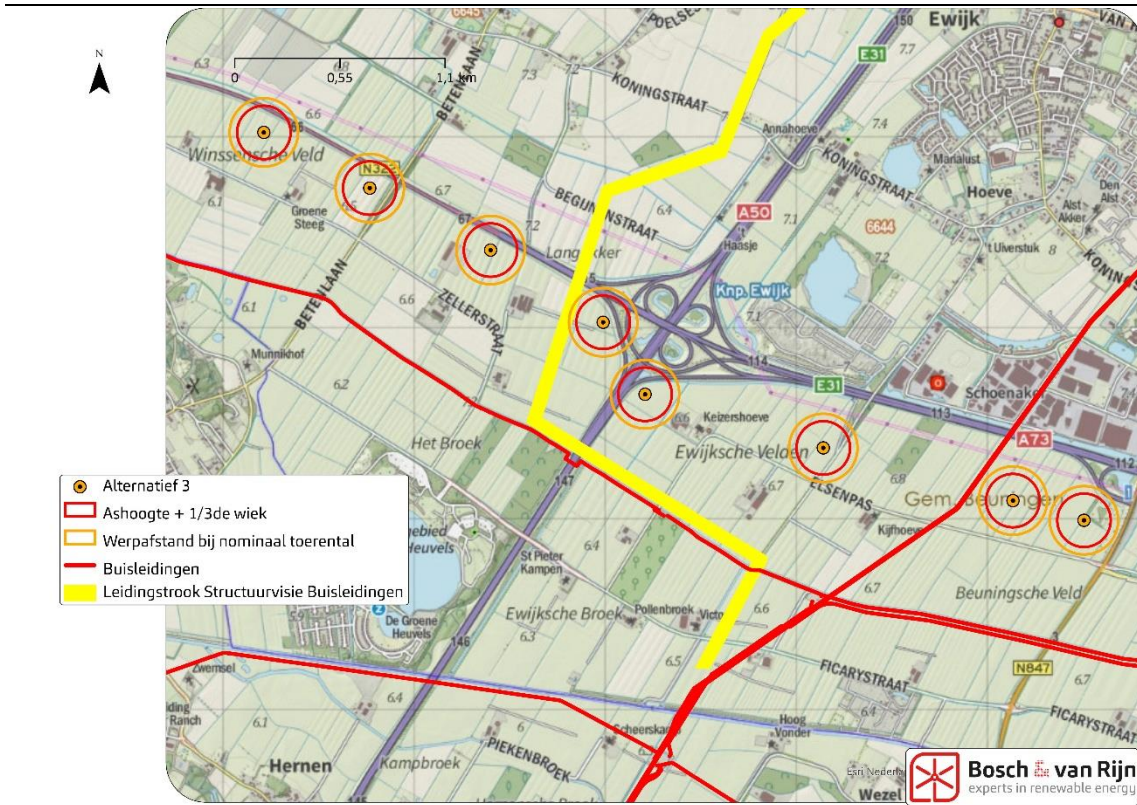
Figuur 9 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.3 Alternatief 3

Voor Alternatief 3 geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Tevens bevinden de windturbines zich buiten de leidingstrook zoals aangewezen in de structuurvisie Buisleidingen. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 10 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



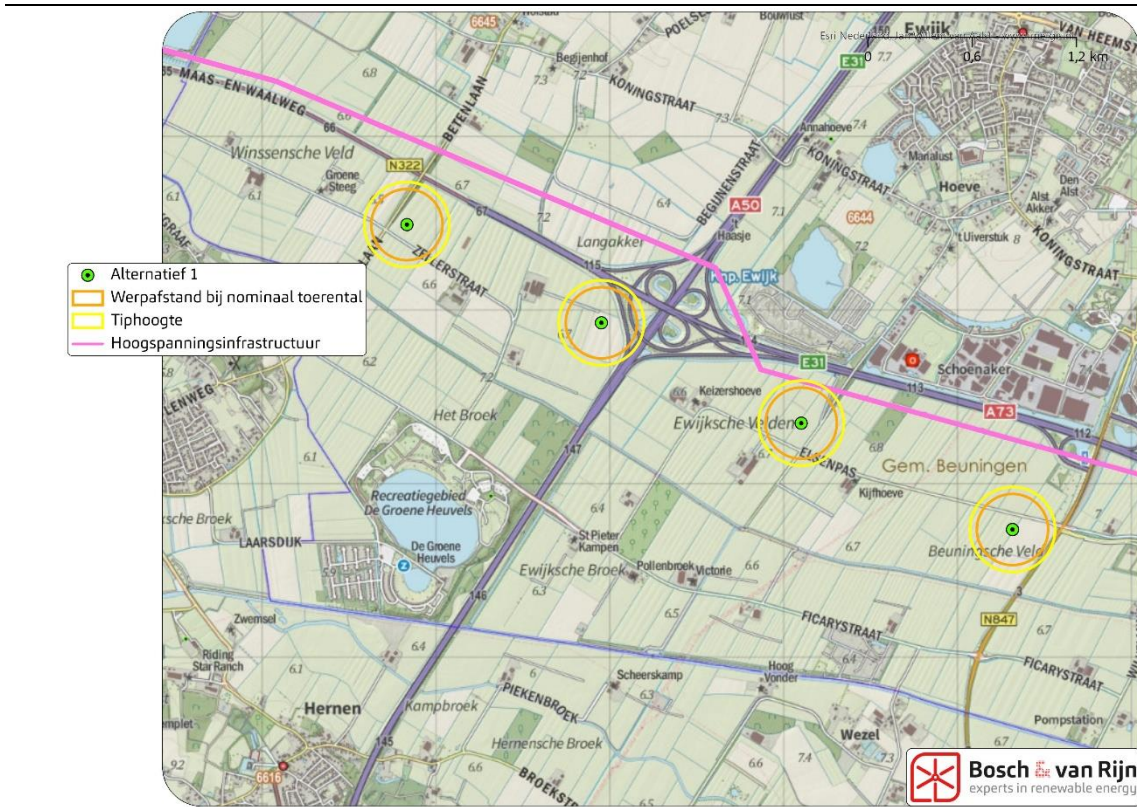
4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Voor het plangebied is nagegaan of er zich hoogspanningsinfrastructuur in buurt van de windturbines bevindt. Indien dit het geval is wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van TenneT (maximale werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte).

4.4.1 Alternatief 1

Voor Alternatief 1 geldt dat hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Wanneer dit ook het geval is bij het voorkeursalternatief moet er in overleg worden getreden met TenneT en een trefkansberekening worden uitgevoerd.

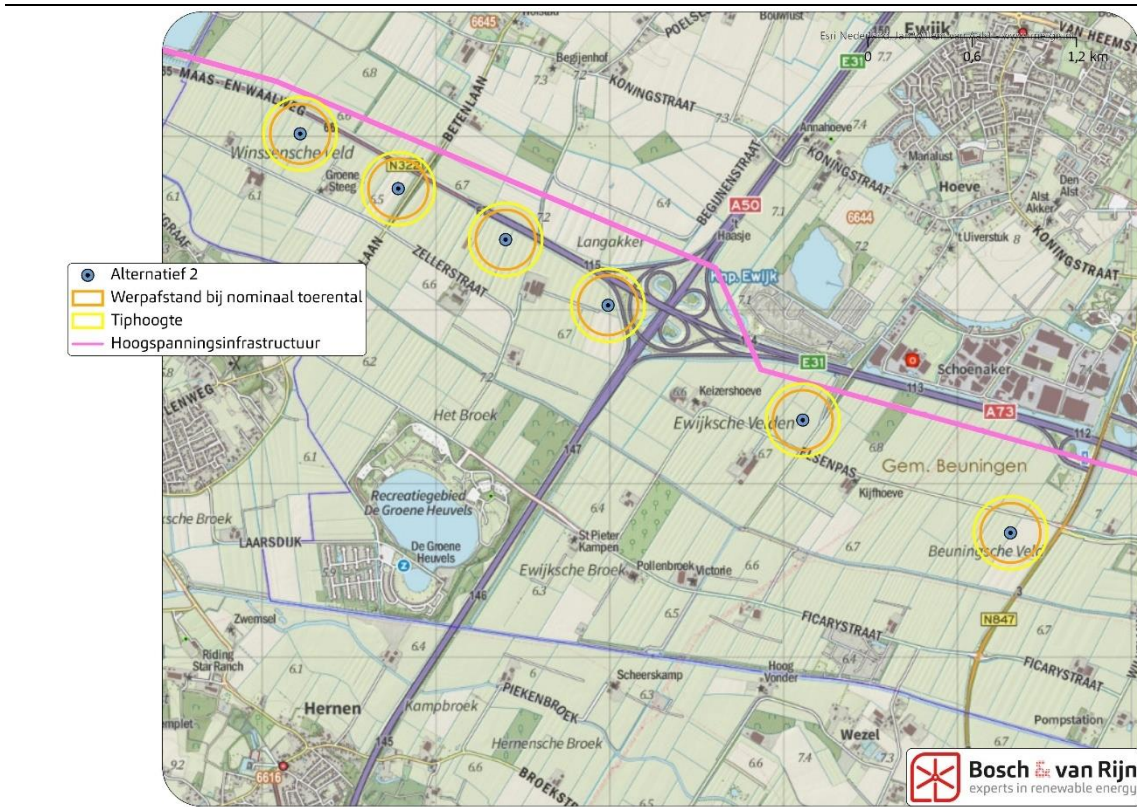
Figuur 11 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.2 Alternatief 2

Voor Alternatief 2 geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

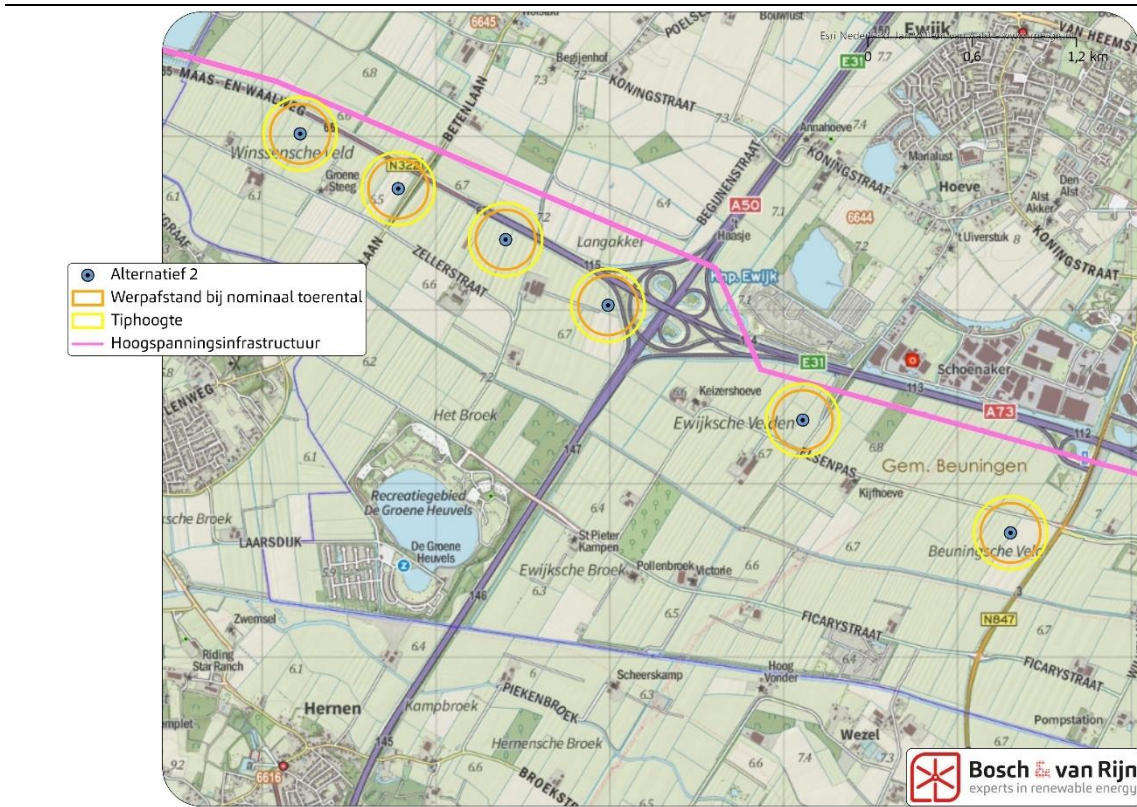
Figuur 12 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.3 *Alternatief 3*

Voor Alternatief 3 geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 13 Hoogspanningsinfrastructuur



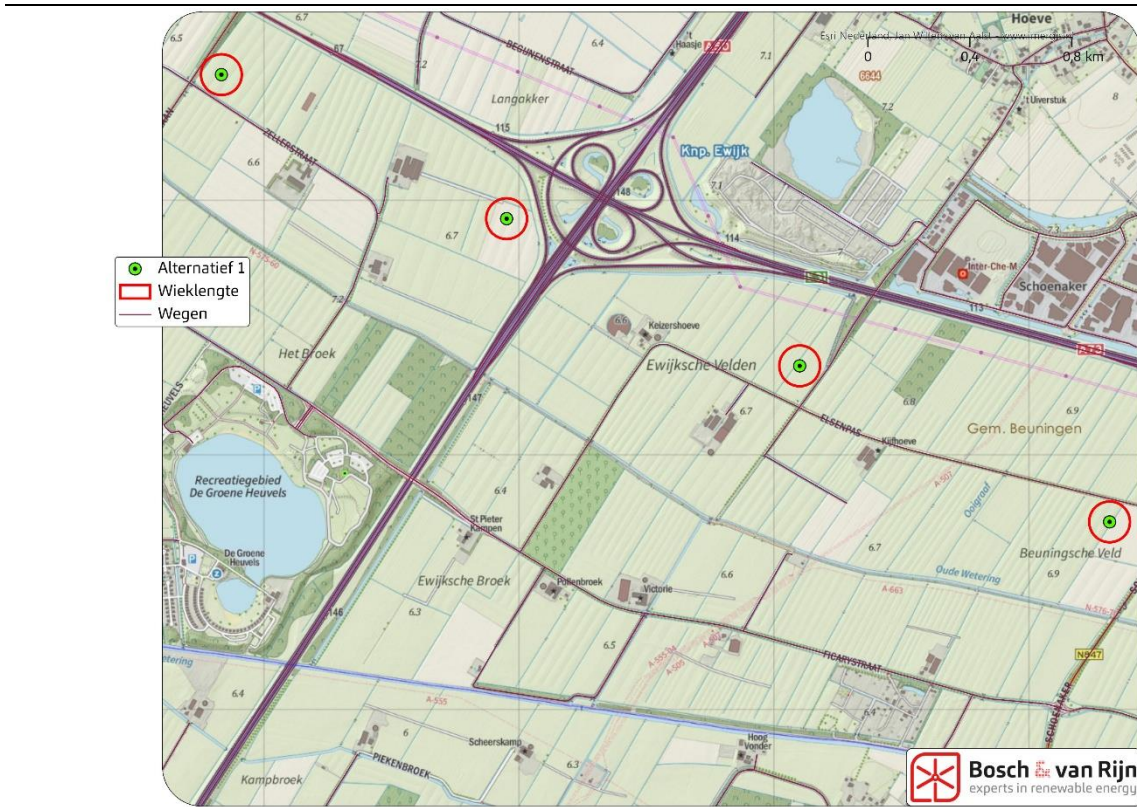
4.5 Wegen

Voor de alternatieven is nagegaan of een windturbine over een (openbare) weg draait. Indien er geen overdraai plaatsvindt wordt er voldaan aan de in paragraaf 3.5 genoemde beleidsregel. Wanneer er niet wordt voldaan aan de beleidsregel moet er voor het VKA een trefkansberekening worden uitgevoerd.

4.5.1 Alternatief 1

Uit onderstaande figuur blijkt dat er geen overdraai plaatsvindt over een openbare weg. Hiermee wordt er voldaan aan de beleidsregel.

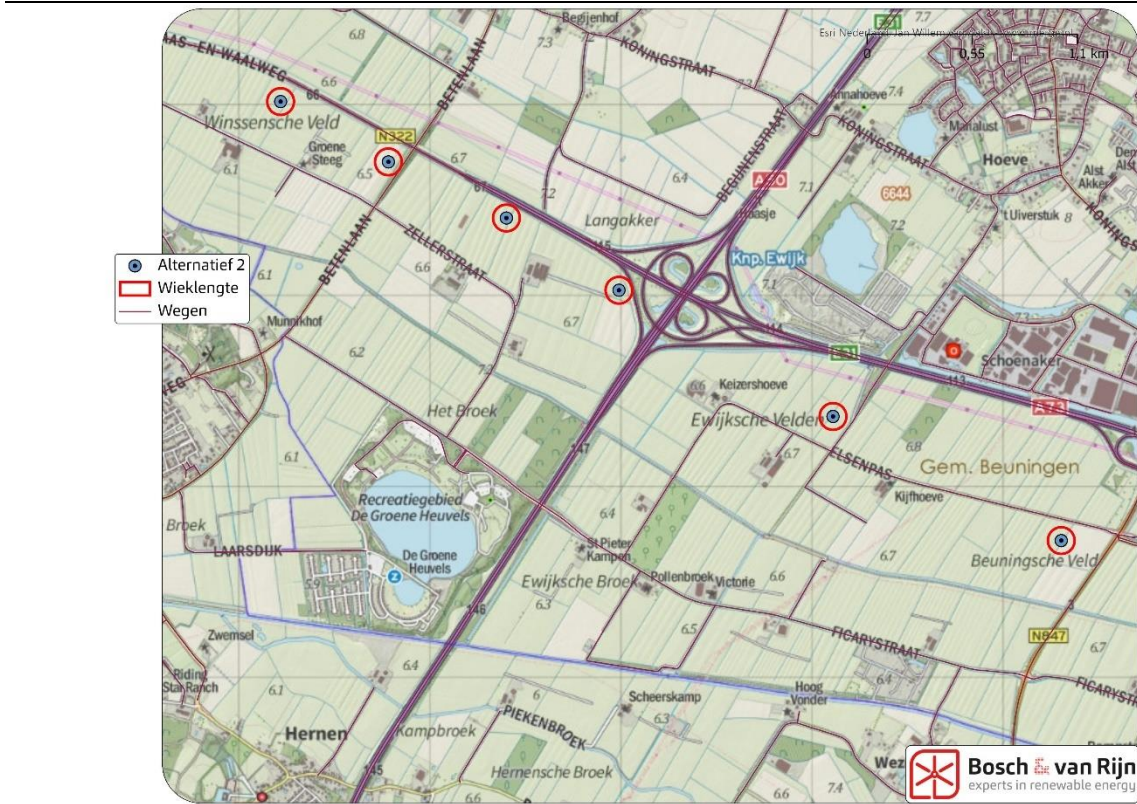
Figuur 14 Wieklangte en wegen in het plangebied - Alternatief 1



4.5.2 Alternatief 2

Uit onderstaande figuur blijkt dat er overdraai plaatsvindt over een openbare weg. Hiermee wordt er niet voldaan aan de beleidsregel.

Figuur 15 Wieklenge en wegen in het plangebied - Alternatief 2



4.5.3 Alternatief 3

Uit onderstaande figuur blijkt dat er geen overdraai plaatsvindt over een openbare weg. Hiermee wordt er voldaan aan de beleidsregel.

Figuur 16 **Wielkengte en wegen in het plangebied - Alternatief 3**



Hoofdstuk 5 Voorkeursalternatief



5.1 Beschrijving voorkeursalternatief

Mede op basis van het MER is een voorkeursalternatief (VKA) gedefinieerd. Van het VKA liggen de windturbinelocaties vast, maar er is een bandbreedte in ashoogte en rotordiameter. Voor wat betreft de afmetingen is deze bandbreedte als volgt opgespannen:

- Ashoogte: minimaal 140 meter, maximaal 170 meter;
- Rotordiameter: minimaal 150 meter, maximaal 180 meter;
- Tiphoogte: maximaal 245 meter;

In dit hoofdstuk is de bovengrens van de bandbreedte doorberekend, omdat de bovengrens het hoogste risico verhogend effect heeft op nabijgelegen gebouwen installaties en infrastructuur.

Figuur 17 Windturbinelocaties van het Voorkeursalternatief (VKA) voor Windpark Beuningen



De coördinaten van de windturbines staan gegeven in onderstaande tabel:

Tabel 11 Coördinaten van het voorkeursalternatief van WP Beuningen.

Windturbine	X	Y
1	175.324	430.942
2	175.797	430.681
3	177.247	429.618
4	178.146	429.318
5	179.060	429.016

5.2 Te onderzoeken windturbinetype

Om de externe veiligheidsrisico's van de bandbreedte goed in beeld te brengen worden de effecten doorgerekend voor de grootst mogelijke windturbine afmetingen. Dit, aangezien de meeste externe risico's een direct gevolg zijn van de afmetingen. Hiertoe is een referentiewindturbine bepaald met de juiste afmetingen en zijn de werpafstanden gebaseerd op de Handleiding Omgevingsveiligheid Module IV – Versie Oktober 2020.

Ashoogte	Rotordiameter	Risikocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
		10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
155	180	90	208	207	540

In de risicoanalyse wordt de referentiewindturbine in het vervolg aangeduid als 'bovengrens'.

NB. De maximale werpafstand schaalt niet 1-op-1 met de afmetingen van een windturbine. Het kan daarom zo zijn dat een uiteindelijk te realiseren type een grotere werpafstand heeft dan de hierboven genoemde variant. Omdat de meeste aspecten betreffende externe veiligheid wel schalen met de afmetingen is er voor gekozen om de bandbreedte te definiëren aan de hand van afmetingen. Voor aspecten waar de maximale werpafstand een belangrijke rol speelt is hier verder aandacht aan besteed.

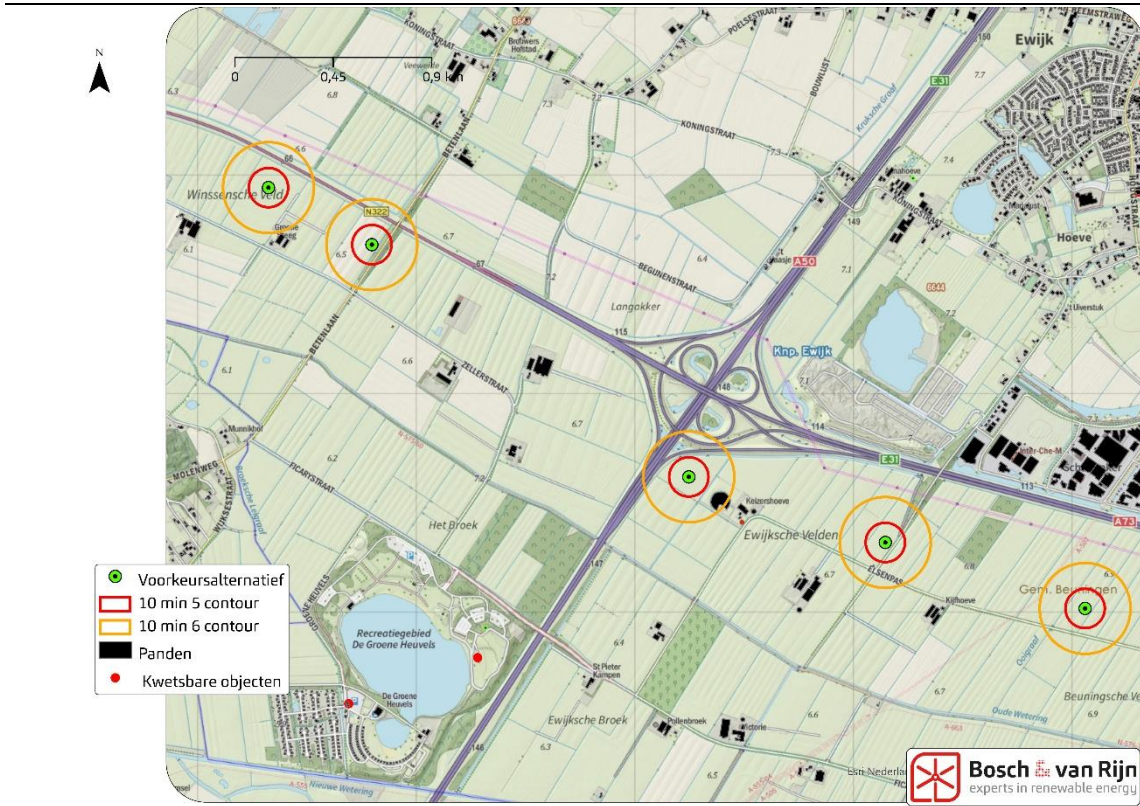
5.3 Rekenmethode

Voor de berekeningen is aangesloten bij de rekenmethode voor de MER-alternatieven.

5.4 Risicoanalyse

5.4.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

Figuur 18 Risicocontouren rond de windturbines (bovengrens VKA)

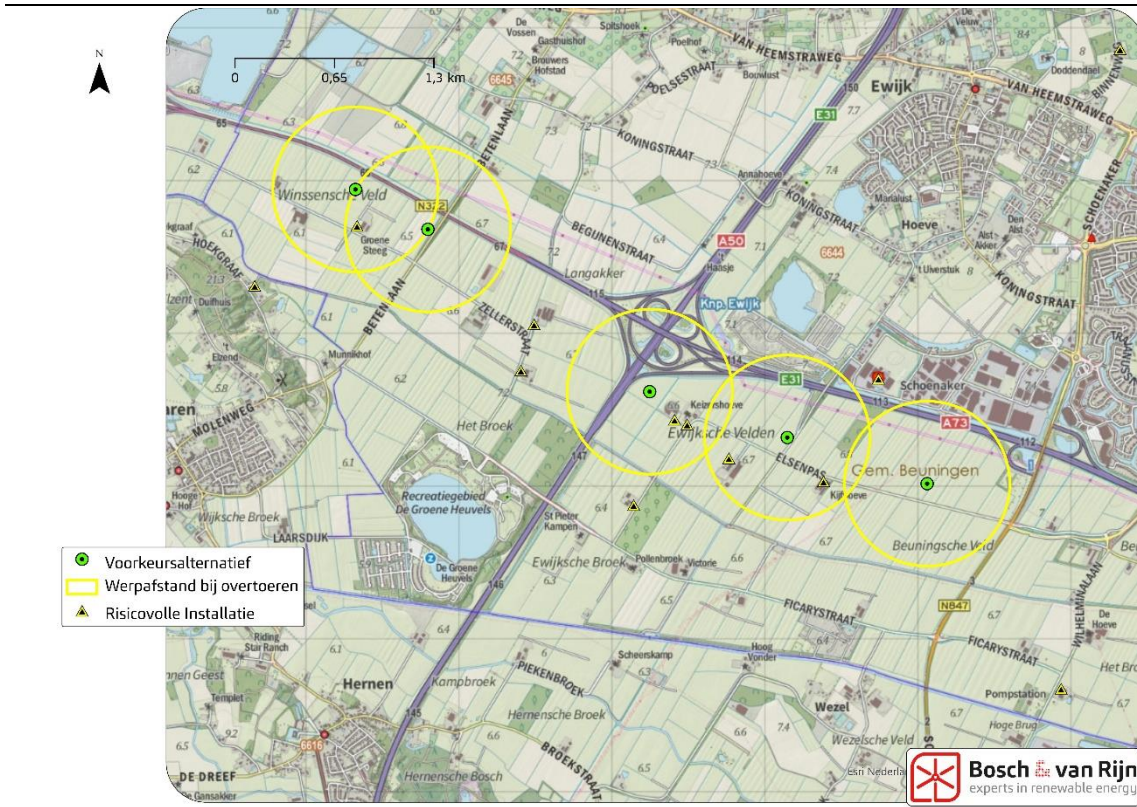


Uit bovenstaande figuur is op te maken dat er zich geen (geprojecteerde) kwetsbare objecten zich bevinden binnen de 10^{-5} -contour. Tevens bevinden zich geen kwetsbare objecten binnen de 10^{-6} -contour. Hiermee wordt er voldaan aan de eisen uit het Activiteitenbesluit.

5.4.2 Risicovolle installatie

De berekende maximale werpafstanden (bij overtoeren) zijn ingetekend op de kaart en voor de locatie is nagegaan of binnen deze maximale werpafstanden risicovolle installaties aanwezig zijn.

Figuur 19 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, aangeleverde informatie door de opdrachtgever en risicokaart.nl zijn de risicovolle installaties bepaald welke zich binnen de maximale werpafstanden bevinden.

Tabel 12 Risicovolle installaties binnen maximale werpafstand van het Voorkeursalternatief

Windturbine	Installatie	Afstand tot installatie (m)
Windturbine 1	Propaantank 1	232
Windturbine 2	Propaantank 1	463
Windturbine 3	Propaantank 2	241
Windturbine 3	Propaantank 5m ³	322
Windturbine 4	Propaantank 2,7m ³	403
Windturbine 4	Propaantank 1,6m ³	366

Doordat bij 2 risicovolle installaties de afstand kleiner is dan de tiphoogte heeft naast het scenario wiekbreuk ook het scenario mastbreuk een risico verhogend effect.

NB. In het gebied bevindt zich een gasontvangststation. Dit station ligt buiten de werpafstand bij overtoeren en wordt daarom niet beschouwd in onderhavig onderzoek

5.4.2.1 Trefkansberekeningen

Rekenmethode wijkbreuk (*Handboek Risicozonering Windturbines*)

Om de trefkans van een object met hoogte h , breedte b , en diepte d te berekenen wordt uitgegaan van een geprojecteerd grondoppervlak:

De kans dat het zwaartepunt van de wijk in het geprojecteerde oppervlak terecht komt is:

$$P_{od} = P_{zwpt} \cdot A_{pt}$$

Waarin:

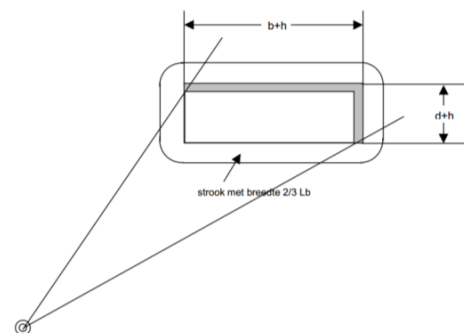
P_{zwpt} = trefkans van het zwaartepunt van het blad (*berekend volgens HRW 2014*).

$$A_{pt} = (b+h) \cdot (d+h)$$

Het object kan direct door het zwaartepunt worden getroffen, maar het is ook mogelijk dat het zwaartepunt van het blad binnen een afstand van $2/3 L_b$ (lengte afgebroken blad) inslaat. In dit geval kan het object nog door het blad worden geraakt aangezien het zwaartepunt zich op ongeveer $1/3$ van het blad bevindt. Deze kans loopt van 0,0 naar 1,0 van de buitenrand van de $2/3 L_b$ strook tot het object.

De kans dat het zwaartepunt in de strook met breedte $2/3 L_b$ rondom de tank terecht komt is:

$$P_{oi} = P_{zwpt} \left((2b + 2d) \cdot \frac{1}{3} \cdot L_b + \frac{\pi}{3} \cdot \left(\frac{2}{3} \cdot L_b \right)^2 \right)$$



Om de totale trefkans te berekenen dat een installatie wordt getroffen door een blad worden de twee bovenstaande parameters bij elkaar opgeteld:

$$P_o = P_{od} + P_{oi}$$

Rekenmethode mastbreuk

De trefkans van een object door mastbreuk van een windturbine is afhankelijk van verschillende parameters. Ten eerste van de generieke faalkans van de mast. Indien de mast niet verstevigd is, is dit standaard $1.3 \cdot 10^{-4}$. Ten tweede is de faalkans afhankelijk van de hoek waarbij de hoek wordt vastgesteld door de grenzen waarbij het rotoroppervlak het object niet raakt.

De kans dat de windturbine richting het object (K_o) valt wanneer de mastbreuk zich voordoet is dan:

$$K_o = \left(\frac{\text{Hoek}}{360} \right)$$

De kans dat het scenario zich voordoet en dat een object geraakt wordt kan dan berekend worden via de onderstaande formule:

$$Kg = Ko * faalkans mast$$

Totale faalkans

De totale trefkans van de windturbine op een object is de som van de bovenstaande scenario's. De totale trefkans (Ttk) op een object kan dan berekend worden via de volgende formule:

$$Ttk = Po + Kg$$

5.4.2.2 Resultaten trefkansen risicovolle installaties

Via de bovenstaande methoden zijn de trefkansen berekend voor de risicovolle installaties van het VKA waarbij de trefkans van de installatie de som is van de scenario's van falende windturbines. De resultaten worden weergegeven in onderstaande tabellen.

Tabel 13 Trefkansen risicovolle installaties VKA

Installatie	Totale trefkans
Propaantank 1	1,81 * 10 ⁻⁰⁵
Propaantank 2	1,63 * 10 ⁻⁰⁵
Propaantank 5m ³	1,35 * 10 ⁻⁰⁸
Propaantank 2,7m ³	1,10 * 10 ⁻⁰⁸
Propaantank 1,6m ³	1,18 * 10 ⁻⁰⁸

5.4.2.3 Faalkansverhoging

De berekende trefkans van het VKA wordt vergeleken met de intrinsieke faalkans van de risicovolle installatie (faalkansen van alle catastrofale scenario's bij elkaar opgeteld). De intrinsieke faalkans wordt als volgt onderbouwd:

Tabel 14 Onderbouwing intrinsieke faalkansen van risicovolle objecten (Bron: Handleiding Risicoberekeningen BEVI)

Object	Faalkans scenario's (weergegeven tussen haakjes)
Opslagtanks gevaarlijke stoffen	De mogelijke catastrofale scenario's zijn het vrijkomen van de gehele inhoud (5*10 ⁻⁶) en het vrijkomen van de gehele inhoud in 10 min. in een continue en constante stroom (5*10 ⁻⁶).

Onderstaande tabel bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines met de intrinsieke faalkans van de installatie:

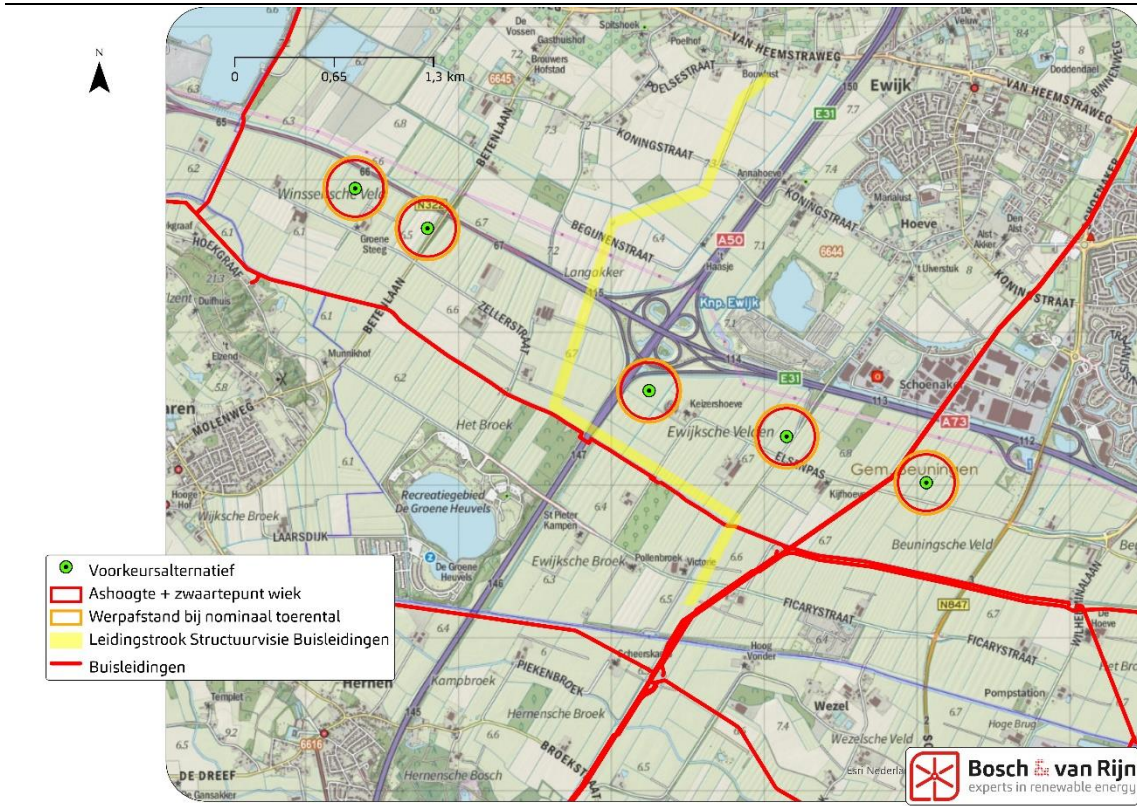
Tabel 15 Verhoging faalkans van risicovolle installaties

Alternatief	Installatie	Intr. Faalkans	Trefkans	Verhoging faalkans
Bovengrens	Propaantank 1	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,81 \cdot 10^{-05}$	180,87%
Bovengrens	Propaantank 2	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,63 \cdot 10^{-05}$	162,69%
Bovengrens	Propaantank 5m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,35 \cdot 10^{-08}$	0,13%
Bovengrens	Propaantank 2,7m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,10 \cdot 10^{-08}$	0,11%
Bovengrens	Propaantank 1,6m ³	$1,00 \cdot 10^{-5}$	$1,18 \cdot 10^{-08}$	0,12%

5.4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen in het plangebied is er geanalyseerd of de bovengrens voldoet aan de adviesafstand van Gasunie. Indien er niet wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie worden de risico's gekwantificeerd waarbij de trefkansberekeningen worden uitgevoerd volgens het Handleiding Omgevingsveiligheid Module IV: Specifieke rekenvoorschriften voor activiteiten D.1 en E.1. 2019.

Figuur 20 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



Uit bovenstaande figuur blijkt dat er bij windturbine 5 niet wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie. De werpafstand bij nominaal toerental reikt over de buisleiding (afstand windturbine tot buisleiding: 196m).

Echter, de berekening voor de werpafstand bij nominaal toerental is uitgevoerd voor een worst-case windturbine. Hieronder wordt voor bestaande windturbintypes met gegevens van de fabrikant de werpafstand bij nominaal toerental berekend:

Type	Ashoogte	Rotordiameter	Werpafstand bij nominaal toerental
Enercon E160	165	160	150
Nordex N163	163,5	163	145
Siemens SWT6.0-170	160	170	146
Vestas V162	164	162	187

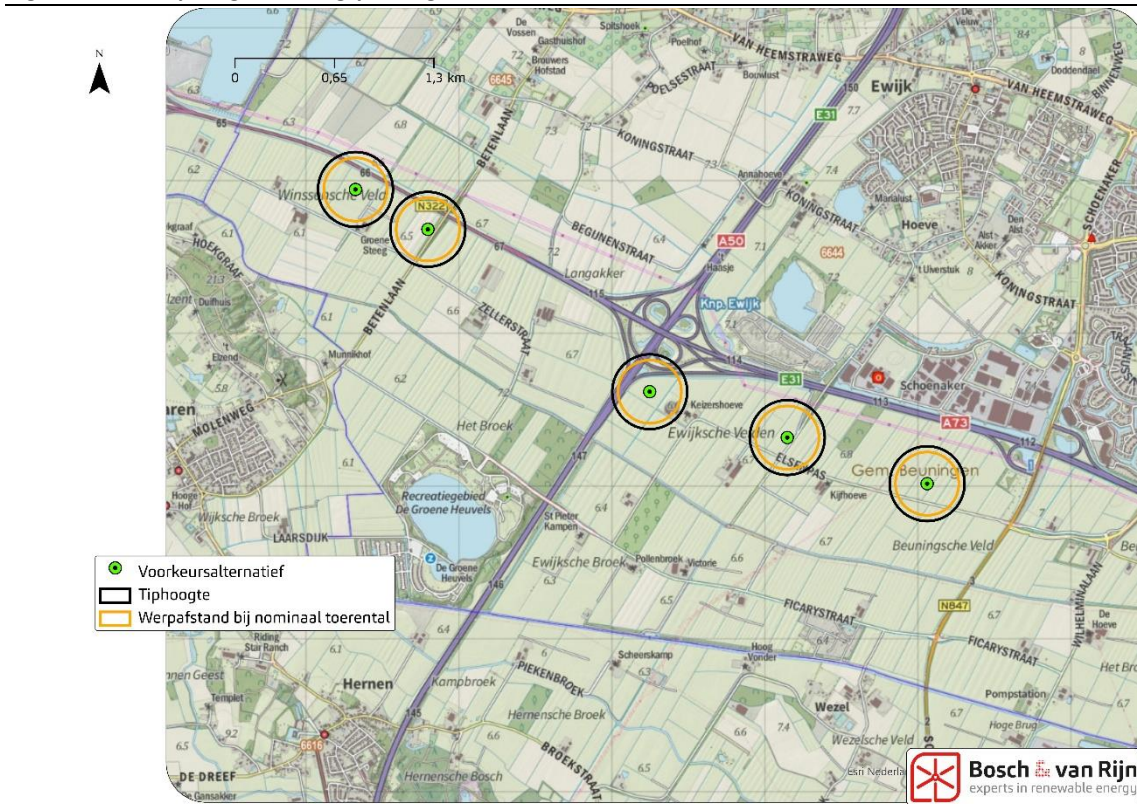
Uit bovenstaande tabel blijkt dat bij de commercieel beschikbare windturbintypes binnen de bandbreedte ruimschoots wordt voldaan aan de adviesafstand van Gasunie. Hierdoor is het mogelijk om te concluderen dat het aspect Buisleidingen de realisatie van Windpark Beuningen niet in de weg staat.

Voor de buisleidingenstrook zoals aangewezen in de structuurvisie buisleidingen geldt dat de strook zich bevindt buiten de adviesafstanden van Gasunie.

5.4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Voor het plangebied is nagegaan of er zich hoogspanningsinfrastructuur in buurt van de windturbines bevindt. Indien dit het geval is wordt er gekeken of er wordt voldaan aan de afstandseis van TenneT (maximale werpafstand bij nominaal toerental of tiphoogte).

Figuur 21 Tiphoogte en hoogspanningsinfrastructuur

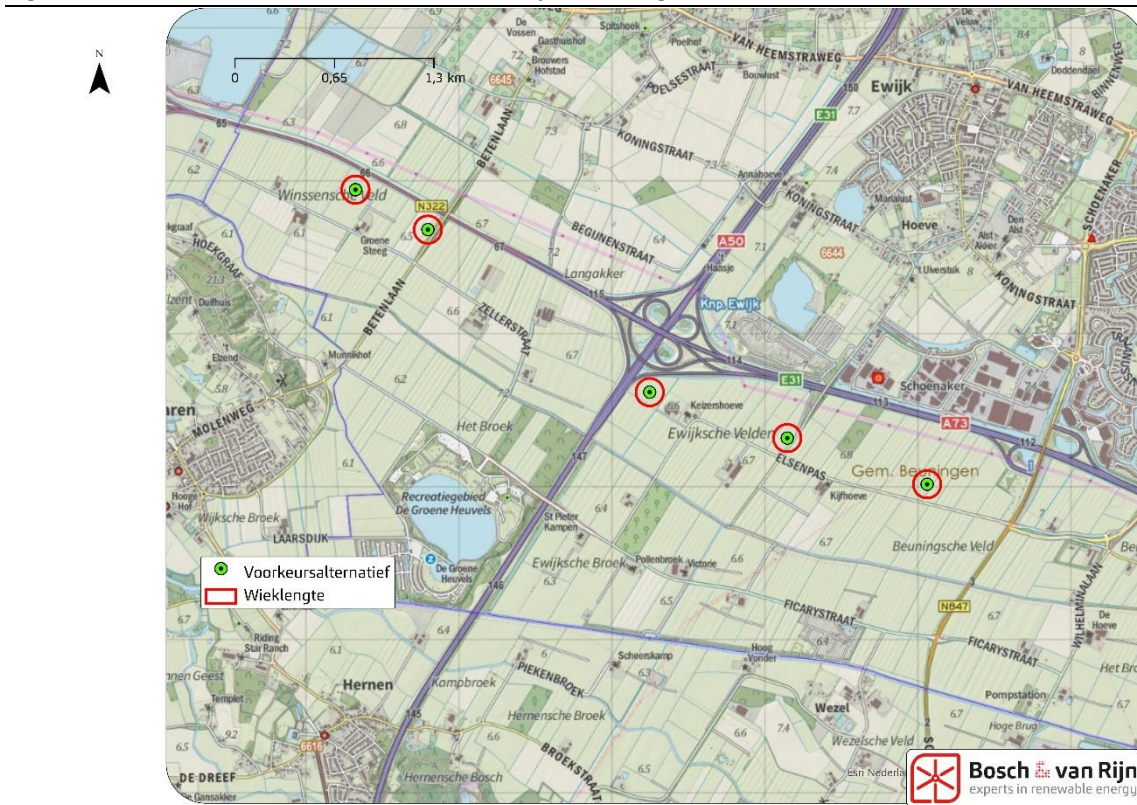


Voor de bovengrens geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

5.4.5 *Wegen*

Uit onderstaande figuur blijkt dat twee windturbines over een openbare weg draaien. WTB 4 draait over de Steeg en WTB 2 draait over de Betenalaan. Doordat er overdraai plaatsvindt wordt de kans berekend dat een persoon wordt geraakt door een afgebroken wijk, mast en/of gondel. Hierbij gaan we uit van een worst-case benadering. De trefkans wordt berekend voor de windturbine die het dichtstbij een openbare weg staat en deze trefkans wordt als representatief beschouwd voor de andere windturbine.

Figuur 22 Overdraai van de windturbines over openbare wegen

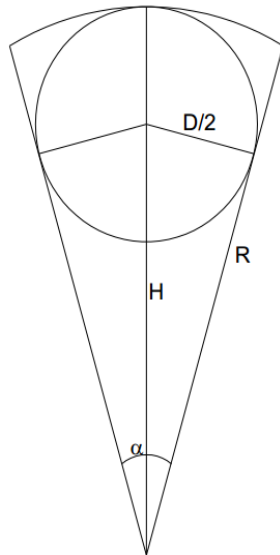


Trefkansberekening

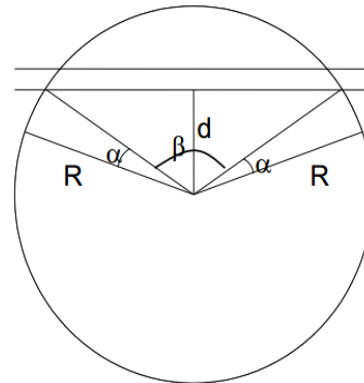
Mastbreuk

De kans dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van onderstaand cirkelsegment in aanraking komt met de leidingstrook, hetgeen is geïllustreerd in de figuren hieronder (Handleiding Omgevingsveiligheid, Versie oktober 2019).

Figuur 23 Windturbine als cirkelsegment.



Turbine in aanraking met weg.



De trefkans is als volgt:

Weg	Afstand tot weg (m)	Hoek (β) Graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
Steeg	38	270	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$9,75 \cdot 10^{-05}$

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

$v_o = \text{snelheid van de passant (m/s)}$

Ten behoeve van deze berekening gaan we uit van de worst case scenario, wat inhoudt dat de passant met de laagste snelheid de langste verblijftijd heeft. Een voetganger gaat gemiddeld 5 km/uur (1,4 meter per seconde)

Afstand tot weg (m)	Hoek (β) Graden	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg	Verblijfstijd passant	Trefkans per passage
38	270	$1,3 \cdot 10^{-04}$	$9,75 \cdot 10^{-05}$	$6,79 \cdot 10^{-09}$	$6,62 \cdot 10^{-13}$

Trefkans passant is:
Steeg: $6,62 \cdot 10^{-13}$ per passage

Wiekbreuk

De kans dat een persoon wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek wordt als volgt berekend:

$$P = 1,5 \cdot A_c \cdot p_{zwpt}$$

$$A_c = \textit{kritiek oppervlakte wiek} = 385,33 \text{ m}^2$$

$$p_{zwpt-Steeg} = \textit{trefkans zwaartepunt wiek} = 1,43 \cdot 10^{-8}$$

$$P - \textit{Steeg} = 8,27 \cdot 10^{-6}$$

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{1}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

Trefkans passant op Steeg is: $1,88 \cdot 10^{-12}$ per passage

Gondelafworp

Voor het berekenen van personen en objecten ten gevolge van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als mastbreuk. De masthoogte wordt voor deze berekening nul verondersteld. Het risicogebied blijft dan beperkt tot een gebied rondom de toren dat gelijk is aan de rotordiameter. Daarmee is de trefkans van de weg gelijk aan de kans dat het scenario zich voordoet: $4,0 \cdot 10^{-5}$ per jaar.

De kans dat een passant wordt getroffen kan worden berekend door de trefkans te vermenigvuldigen met de verblijfsfactor:

$$\tau = \frac{0,3}{v_o} \frac{1}{365 \cdot 24 \cdot 3600}$$

Trefkans passant is: $2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage.

Conclusie passantenrisico

De totale raakkans per passage voor de dichtstbijzijnde windturbine is:

Mastbreuk:	$6,62 \cdot 10^{-13}$ per passage
Wiekbreuk:	$1,88 \cdot 10^{-12}$ per passage
Gondelafworp:	$2,72 \cdot 10^{-13}$ per passage
Totaal:	$2,81 \cdot 10^{-12}$ per passage

Echter is alleen de raakkans van de dichtstbijzijnde turbine berekend, maar als reeds vermeld draaien er twee turbines over. Om conservatief te zijn wordt voor de andere turbine dezelfde trefkans per passage aangehouden.

Dit leidt tot een totale trefkans van: $5,62 \cdot 10^{-12}$ per passage.

Hoofdstuk 6 Conclusie



6.1 (beperkt) Kwetsbare objecten

Er bevinden zich geen (beperkt) kwetsbare objecten binnen de 10^{-5} en 10^{-6} contouren. Hiermee wordt er voldaan aan de veiligheidseisen uit het activiteitenbesluit.

6.2 Risicovolle installaties

Indien de windturbines niet substantieel bijdragen aan een hoger risico van de inrichting zullen de voor de inrichting geldende afstanden tot (beperkt) kwetsbare objecten en de Groepsrisico ook na plaatsing van de windturbines van kracht blijven. Om dit te toetsten 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 wordt volgens het Handreiking Risicozonering Windturbines⁴ 10% gehanteerd.

Paragraaf 4.2.6. bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines van de 3 alternatieven met de intrinsieke faalkans van de installaties. Uit deze vergelijking volgt dat bij de alternatieven de maximale faalkansverhoging 0,13% is. Dit is ver onder de toetsingswaarde van 10%. Dit betekent dat de risico's van de windturbines, gelet op de afstand tot risicovolle inrichtingen, niet leiden tot een toename van de initiële faalkans van deze installaties van meer dan 10%.

Paragraaf 5.4.2. bevat de vergelijking van de trefkans van de windturbines van de bovengrens met de intrinsieke faalkans van de installaties. Uit deze vergelijking volgt dat bij twee installaties de toetsingswaarde van 10% wordt overschreden. Echter zijn de twee installaties propaantanks met een inhoud kleiner dan 13m^3 . Voor deze installaties gelden er veiligheidsafstanden (geen QRA plicht), waarbij de nieuw te plaatsen windturbines geen invloed hebben op de geldende afstanden. Hierdoor hoeft er geen aanvullend onderzoek plaats te vinden.

⁴ Handreiking Risicozonering Windturbines (HRW 2020)

6.3 Buisleidingen

Bij de alternatieven geldt dat de leidingen die gevaarlijke stoffen transporteren zich bevinden buiten de wielengte + 1/3^{de} wielengte of werpafstand bij nominaal toerental. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

Verder bevinden de windturbines zich buiten de leidingstrook zoals aangewezen in de structuurvisie buisleidingen. Hiermee wordt er voldaan aan het toetsingskader zoals beschreven in paragraaf 3.3.

Voor het voorkeursalternatief geldt dat de buisleiding zich bevindt binnen de werpafstand bij nominaal toerental, maar buiten de wielengte + 1/3^{de} wielengte. Omdat de berekening is uitgevoerd met een worst-case windturbintetype, is de werpafstand bij nominaal toerental ook berekend voor alle commercieel beschikbare windturbintypes binnen de bandbreedte. Hieruit blijkt dat de commercieel beschikbare windturbintypes ruimschoots voldoen aan de adviesafstand van Gasunie. Hierdoor is het mogelijk om te concluderen dat het aspect Buisleidingen de realisatie van Windpark Beuningen niet in de weg staat, omdat de commercieel beschikbare windturbintypes voldoen aan de adviesafstand.

Verder geldt dat de leidingstrook zoals aangewezen in de structuurvisie buisleidingen zich bevindt buiten de adviesafstand van Gasunie. Hiermee vormen de windturbines geen hindernis voor nieuwe buisleidingen.

6.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Bij alternatief 1 geldt dat hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen tiphoogte afstand van de windturbine. Hiermee voldoet Alternatief 1 niet aan de adviesafstanden van TenneT.

Voor Alternatief 2, 3 en het voorkeursalternatief geldt dat hoogspanningsinfrastructuur zich bevindt buiten de werpafstand bij nominaal toerental en tiphoogte. Hiermee voldoen Alternatief 2, 3 en het voorkeursalternatief aan de adviesafstanden van TenneT.

6.5 Infrastructuur

Bij Alternatief 1 en 3 geldt dat er geen overdraai plaatsvindt over openbare wegen. Hierdoor wordt er voldaan aan de beleidsregel *“Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken”*.

Bij Alternatief 2 en het voorkeursalternatief geldt dat er overdraai plaatsvindt over openbare wegen. Hiermee wordt er niet voldaan aan de beleidsregel *“Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over Rijkswaterstaatwerken”*.

Doordat er voor het voorkeursalternatief niet wordt voldaan aan de beleidsregel is de trefkans berekend en deze is:

Bovengrens: $5,62 \cdot 10^{-12}$ per passage

Bij de bovengrens wordt aan het IPR voldaan zolang één passant niet meer dan 177.935 keer per jaar de windturbine passeert. Dit komt overeen met 487 passages per dag, gedurende een heel jaar, door een en dezelfde persoon. Tevens wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-03}$) voldaan zolang niet meer dan 355.871.886 passanten per jaar de windturbines passeren. Gelet op de aard van de weg is het niet realistisch dat het IPR of het MR wordt overschreven.

Hoofdstuk 7 Bijlagen

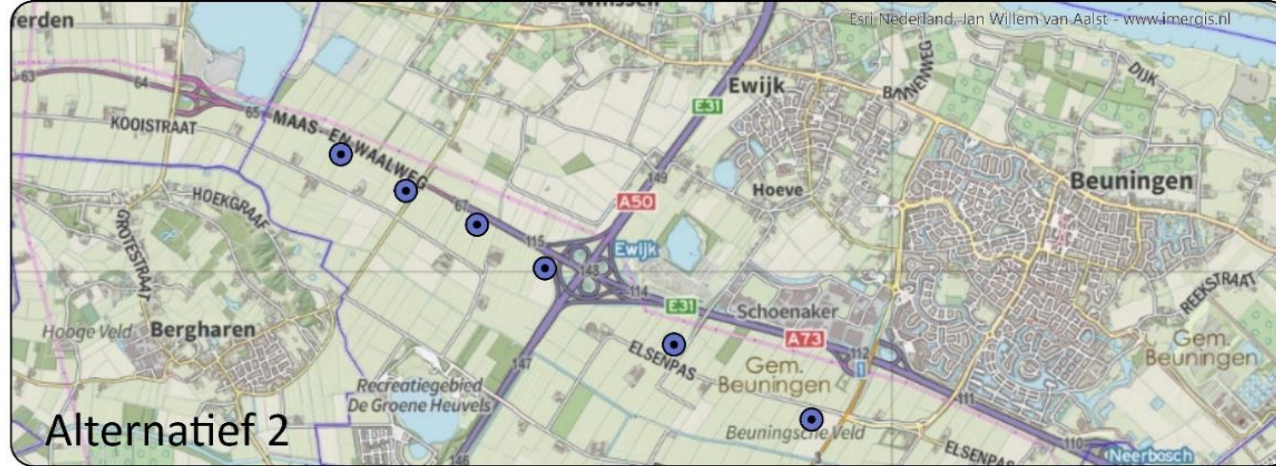


Bijlage A Inrichtingsalternatieven

In onderstaande figuren worden de alternatieven weergegeven. Tevens is een tabel opgenomen met de coördinaten.



Alternatief 1

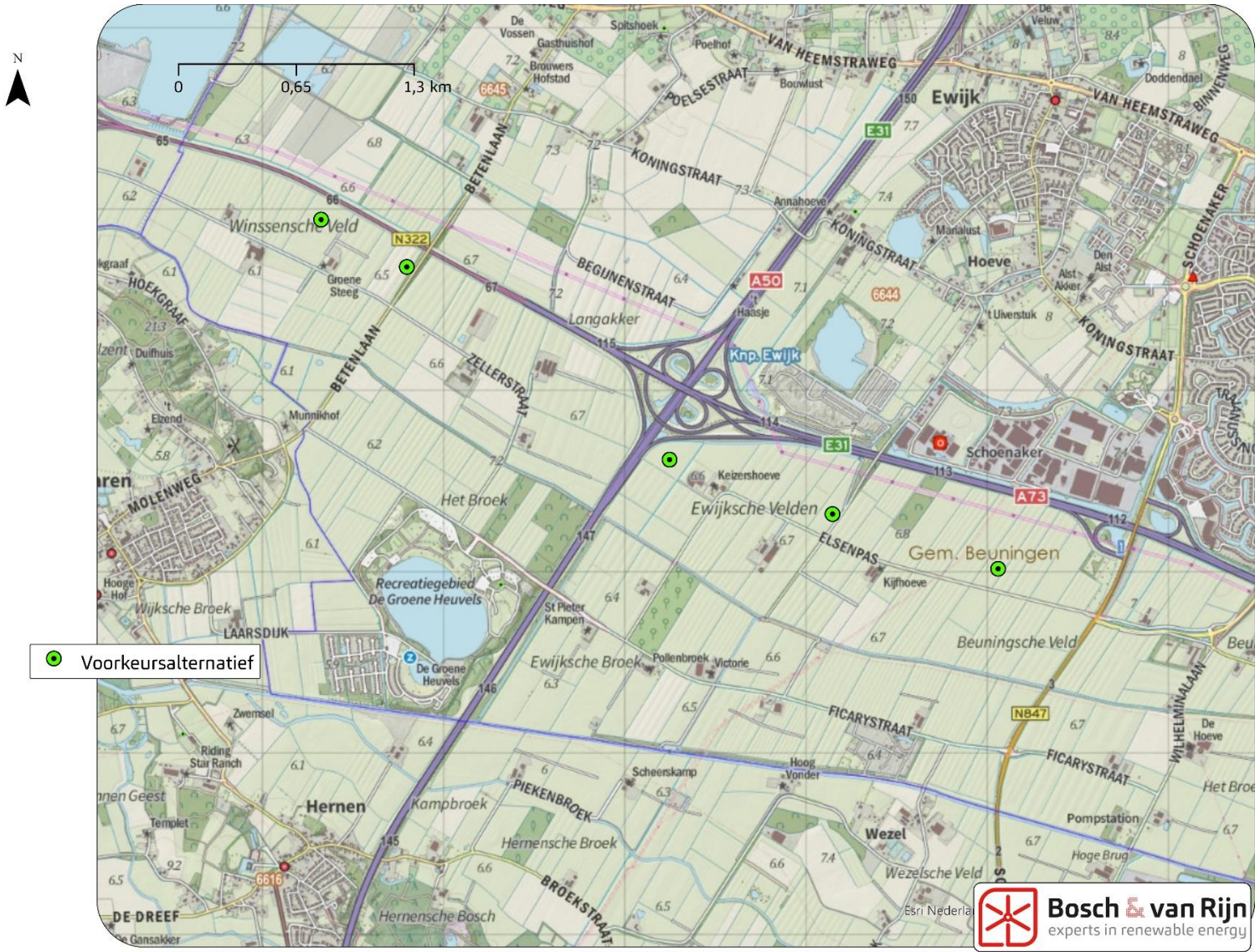


Alternatief 2



Alternatief 3



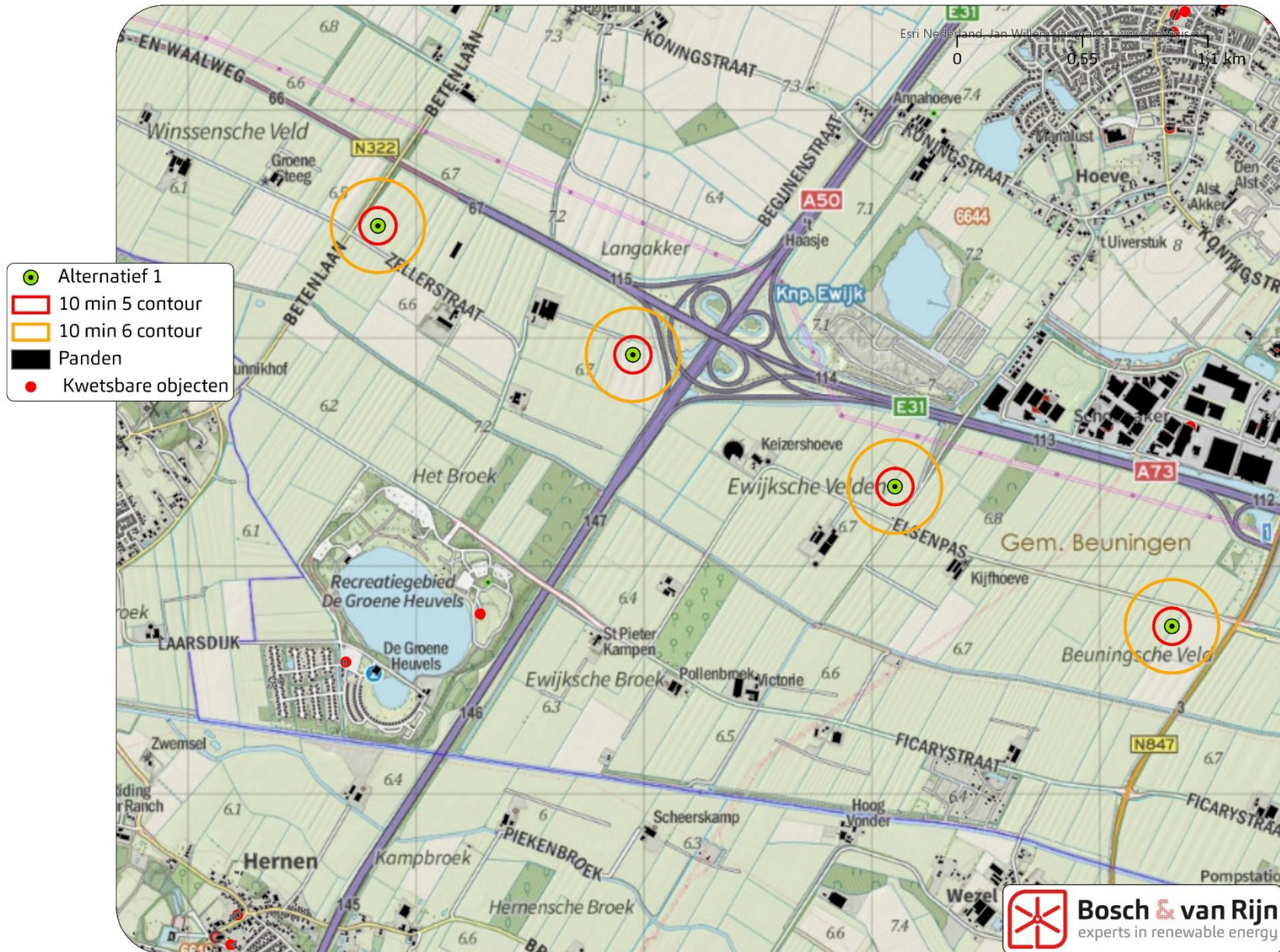


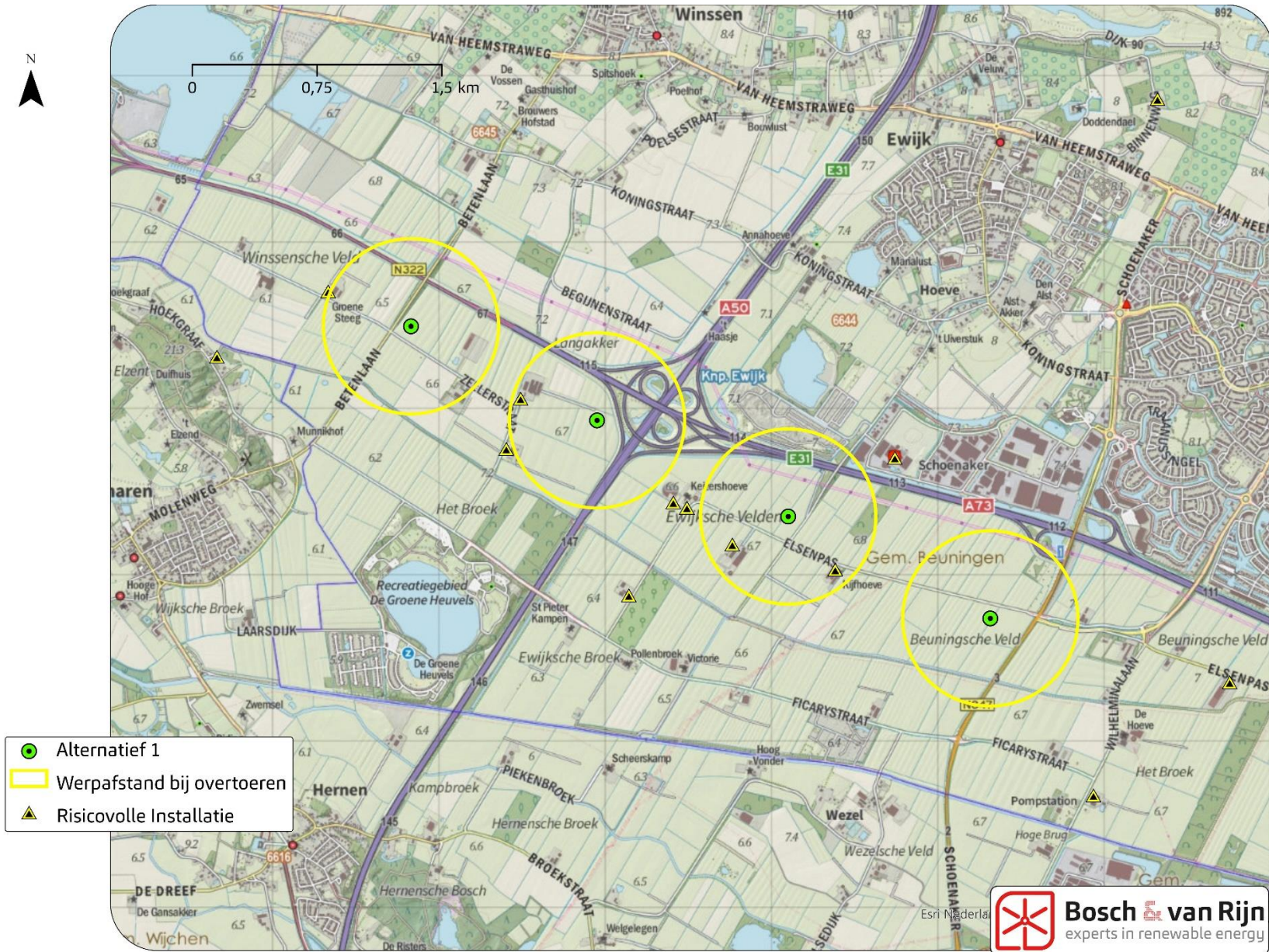
Omschrijving	X	Y
Alternatief 1	179315,7	428736,8
Alternatief 1	178100,4	429349,6
Alternatief 1	176950,9	429927,5
Alternatief 1	175832,3	430493,1
Alternatief 2	175782,4	430700,4
Alternatief 2	176400	430406,6
Alternatief 2	176989,2	430028,4
Alternatief 2	175218,3	431016,4
Alternatief 2	178109,3	429367,4
Alternatief 2	179303,9	428717,5
Alternatief 3	179133,5	429094,5
Alternatief 3	179505,5	428991,4
Alternatief 3	177208,5	429651,4
Alternatief 3	178141,3	429370,6
Alternatief 3	175213,7	431022,7
Alternatief 3	175767,8	430731,2
Alternatief 3	176400	430406,6
Alternatief 3	176989,2	430028,4
VKA	175324	430942
VKA	175797	430681
VKA	177247	429618
VKA	178146	429318
VKA	179060	429016



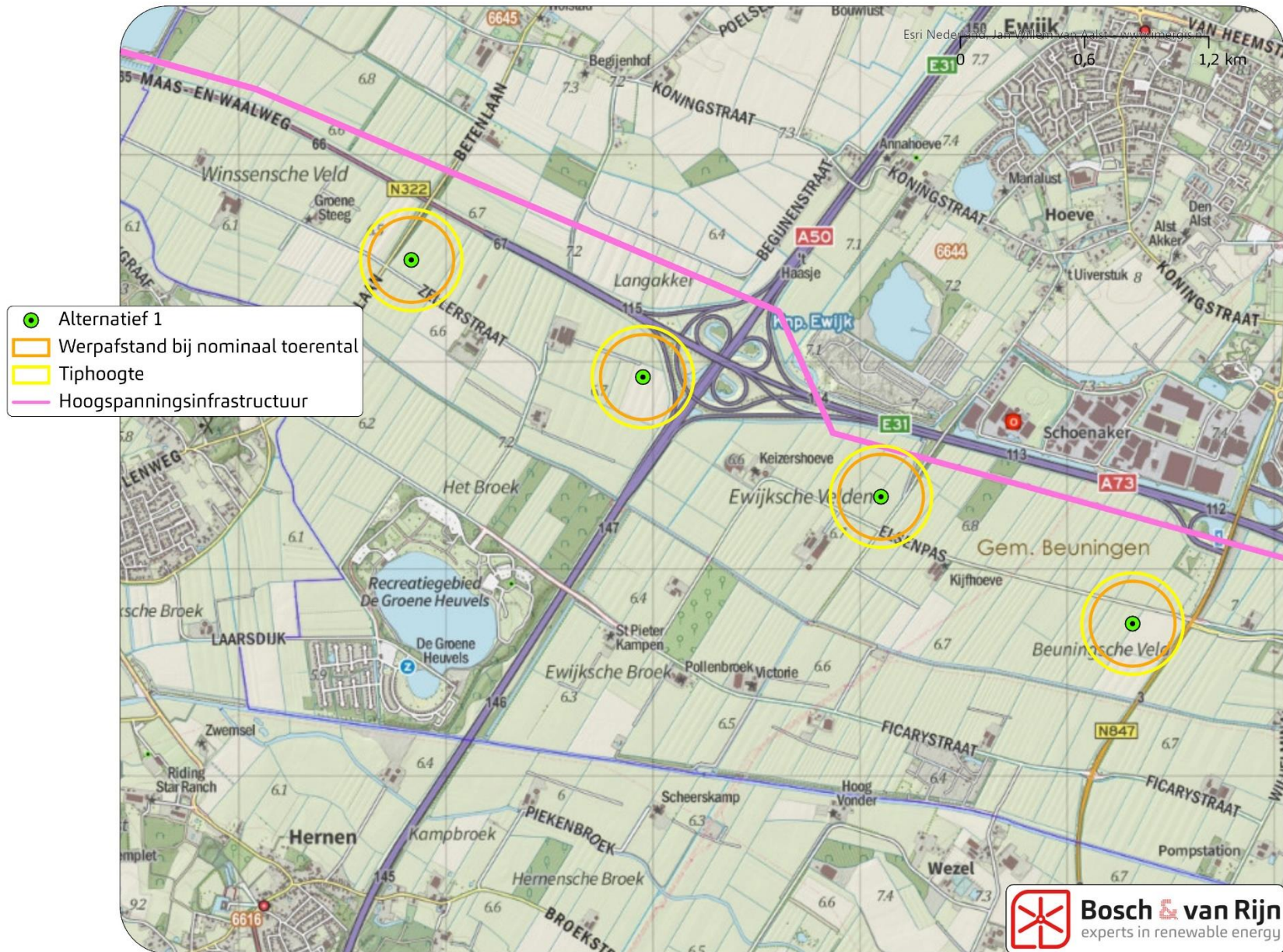
Bijlage B Risicocontouren en werpafstanden



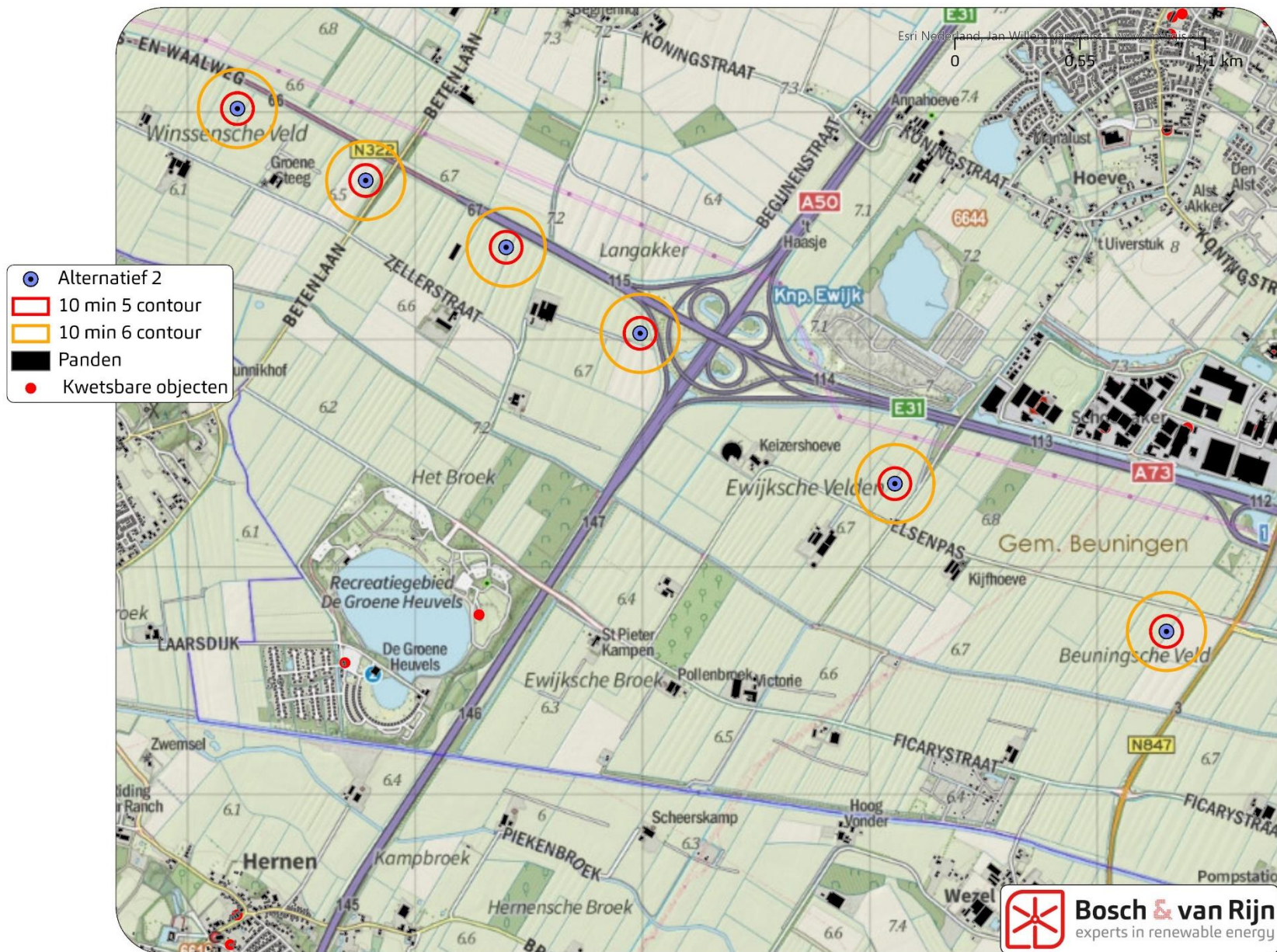


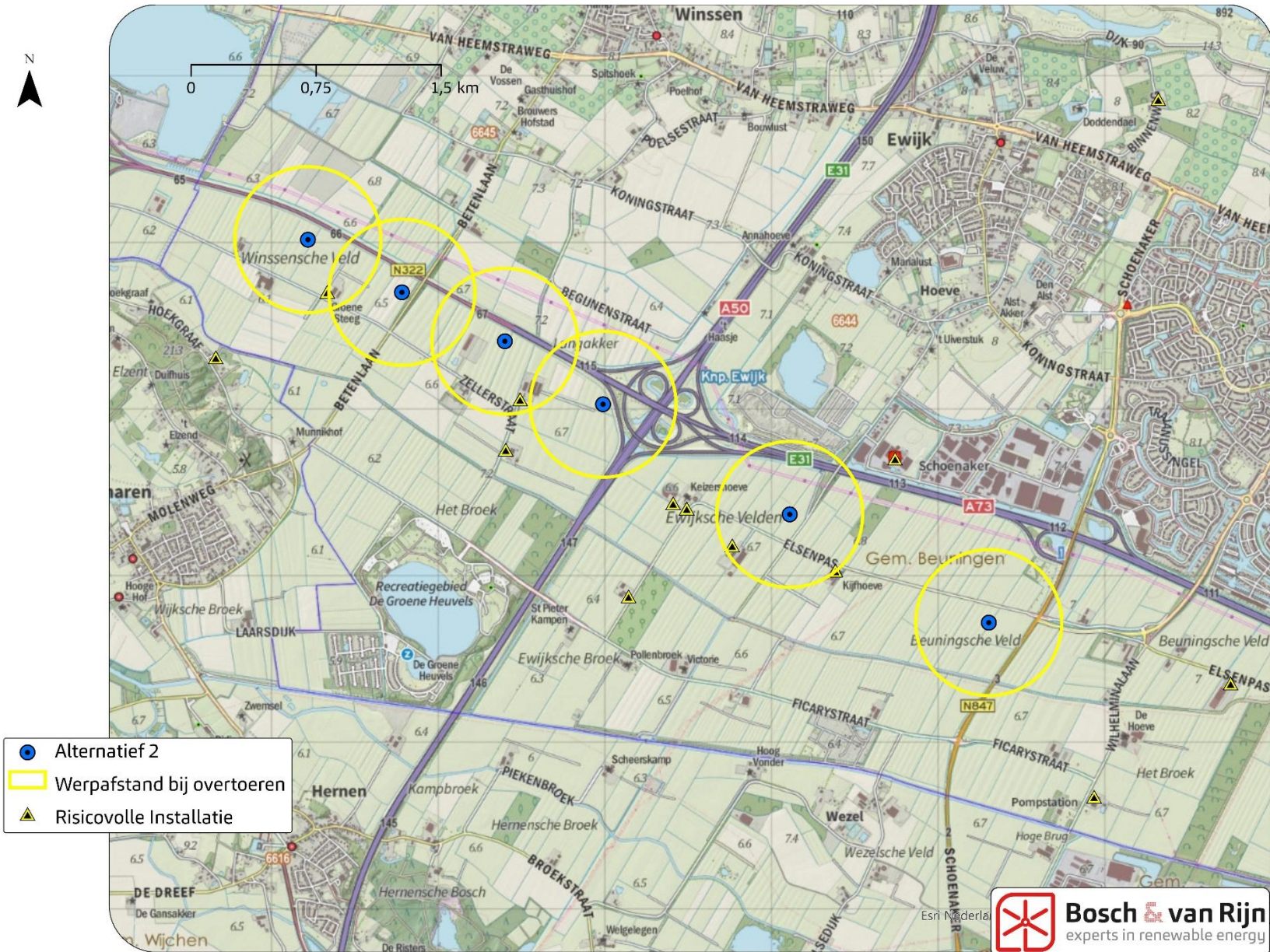








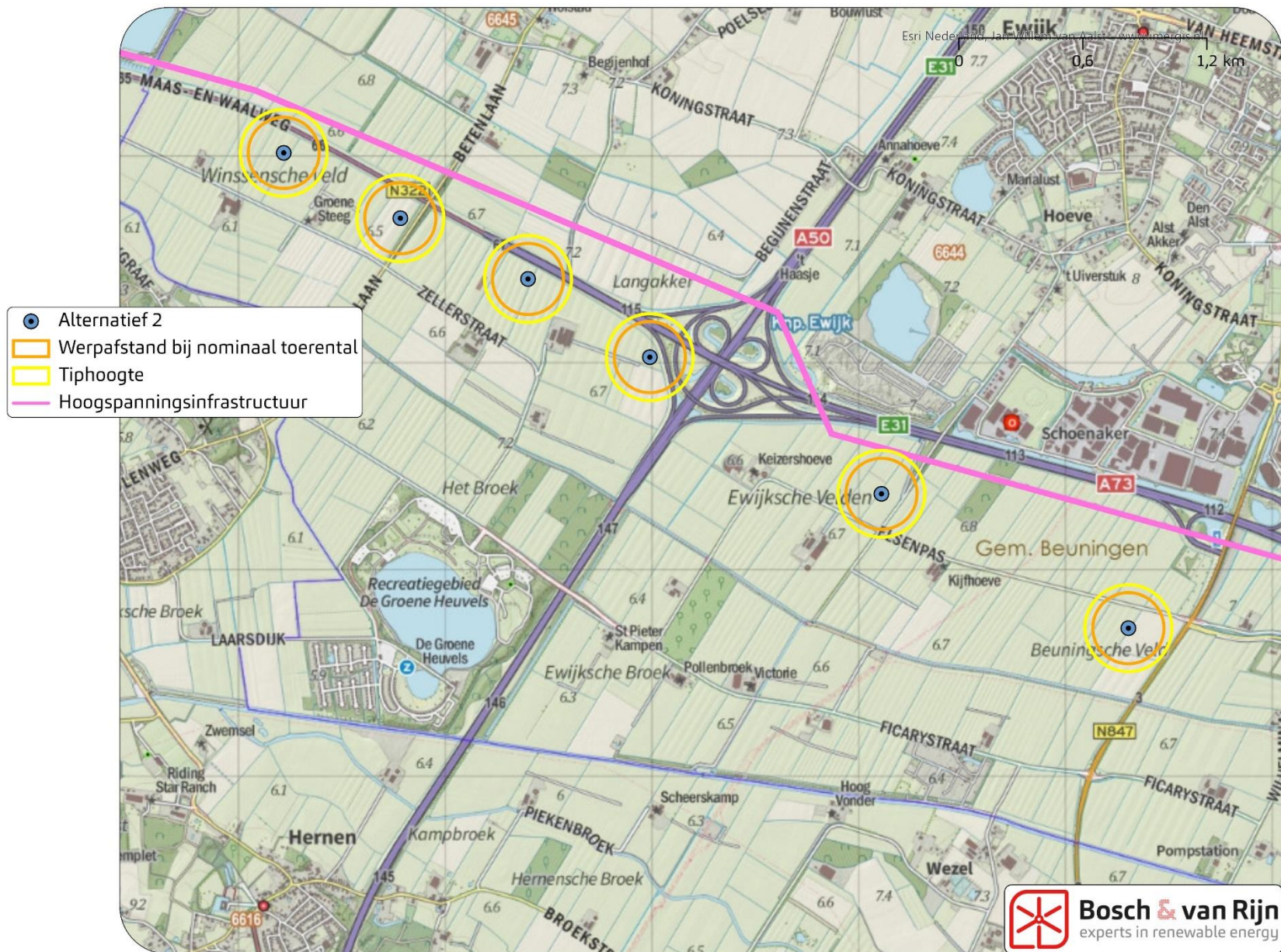




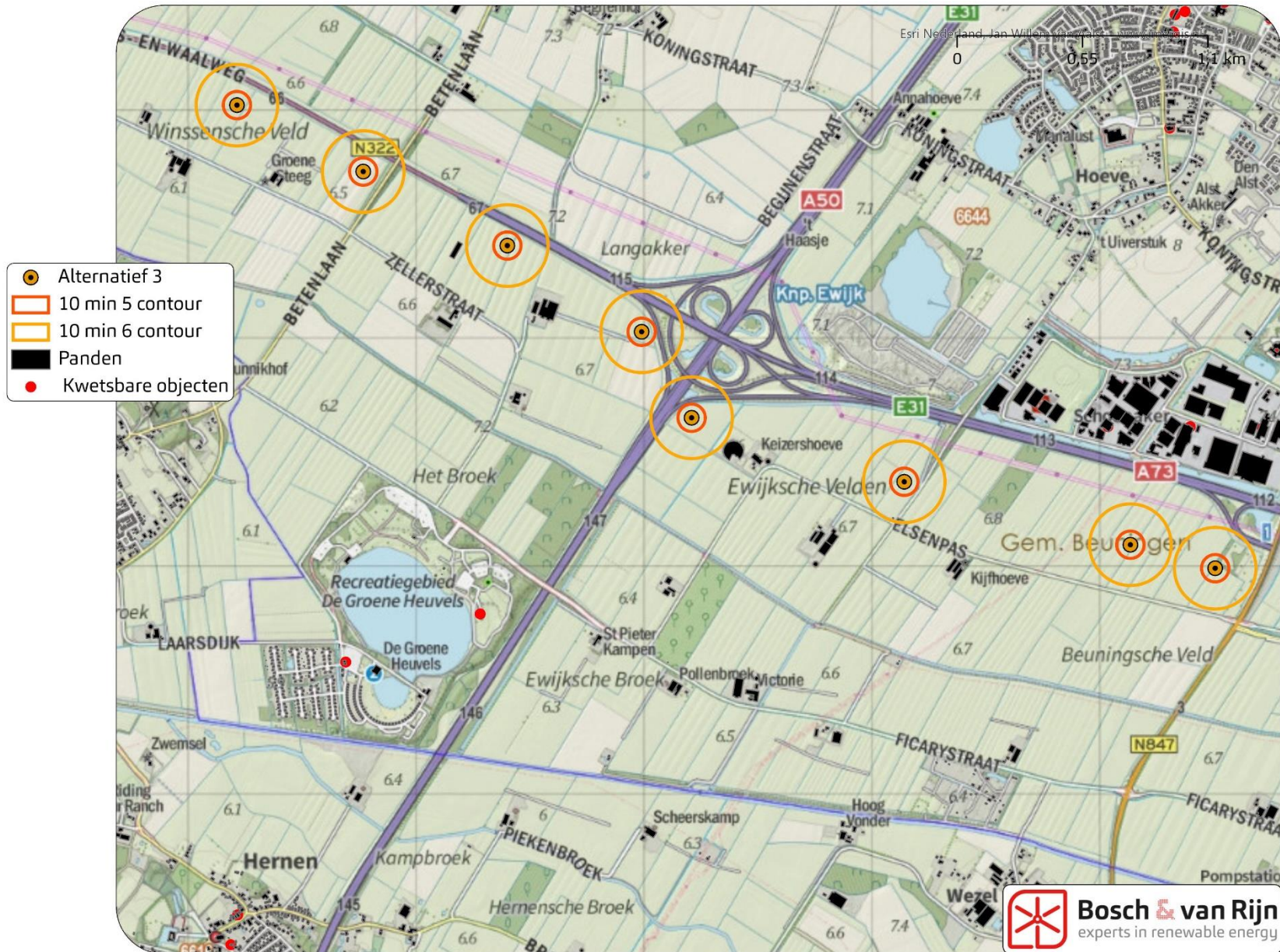


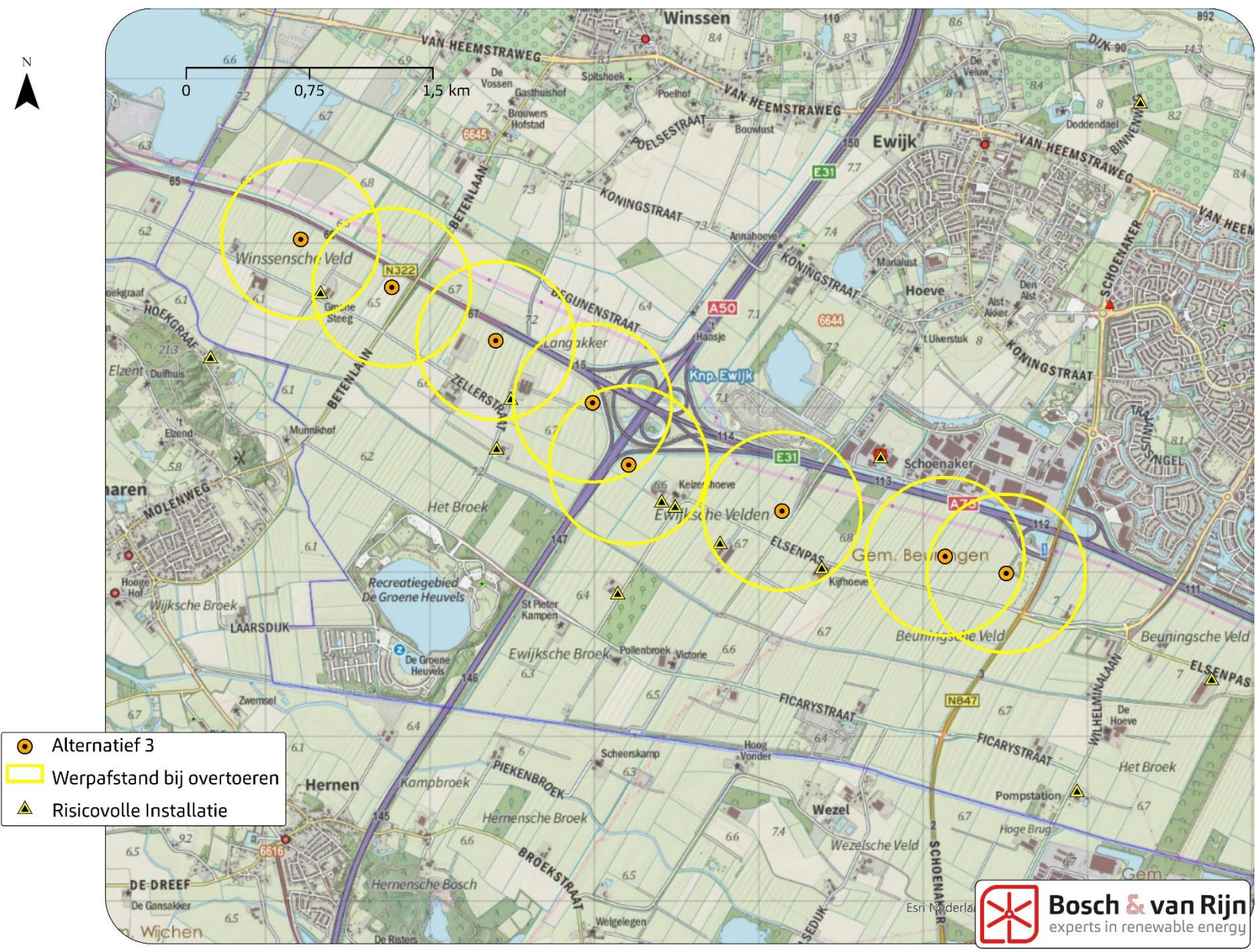
- Alternatief 2
- Ashoogte + 1/3de wijk
- Werpafstand bij nominaal toerental
- Buisleidingen
- Leidingstrook Structuurvisie Buisleidingen



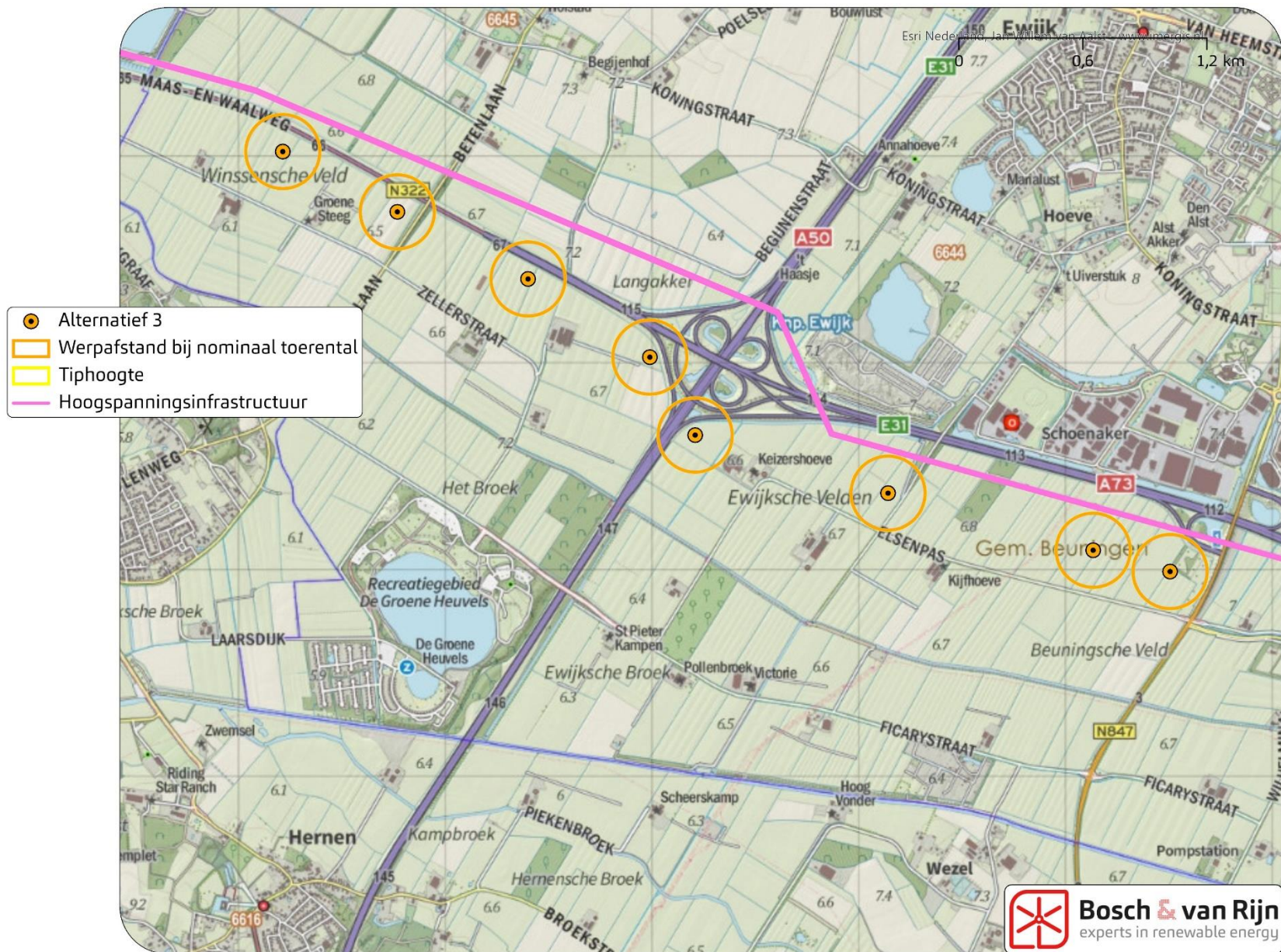


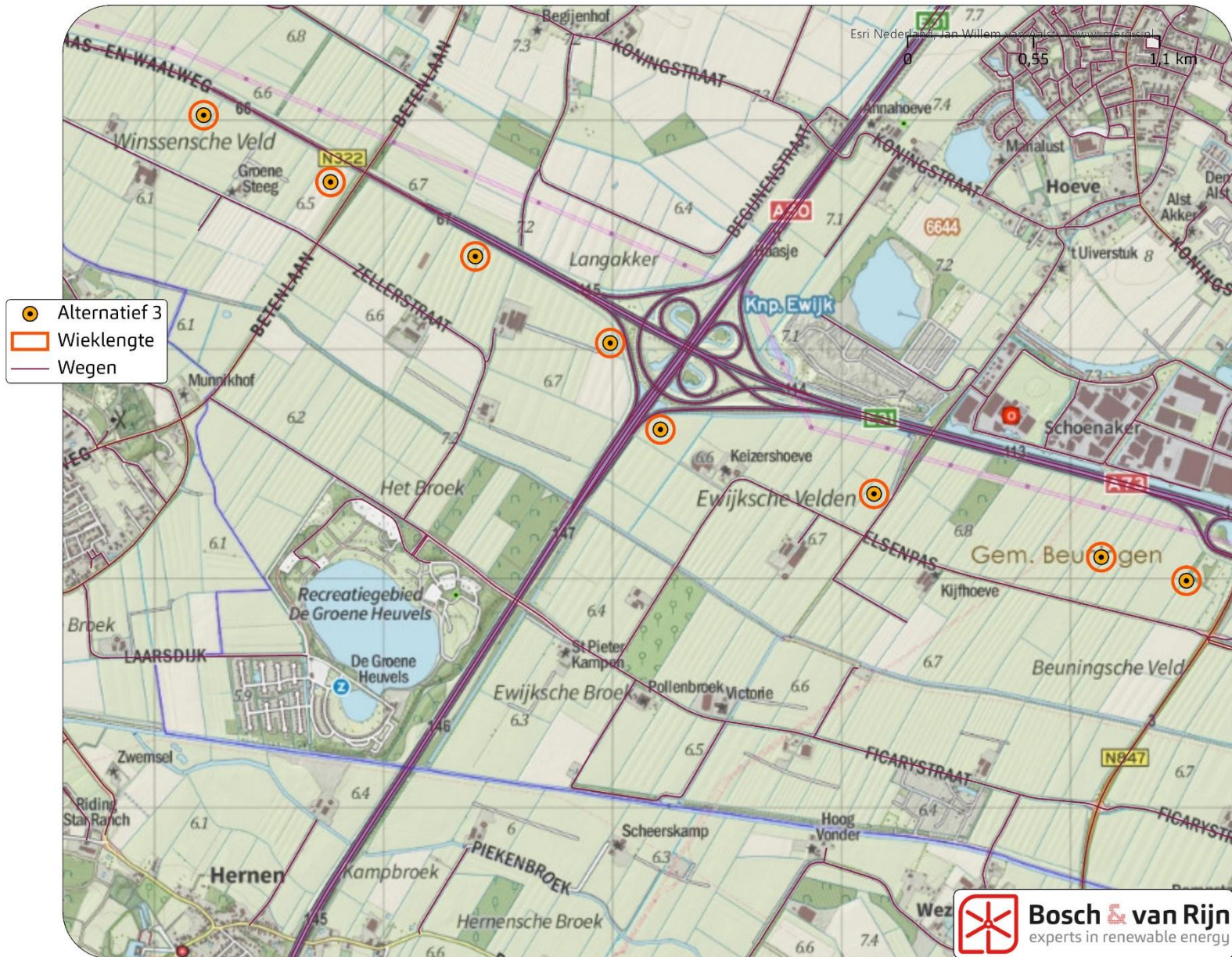


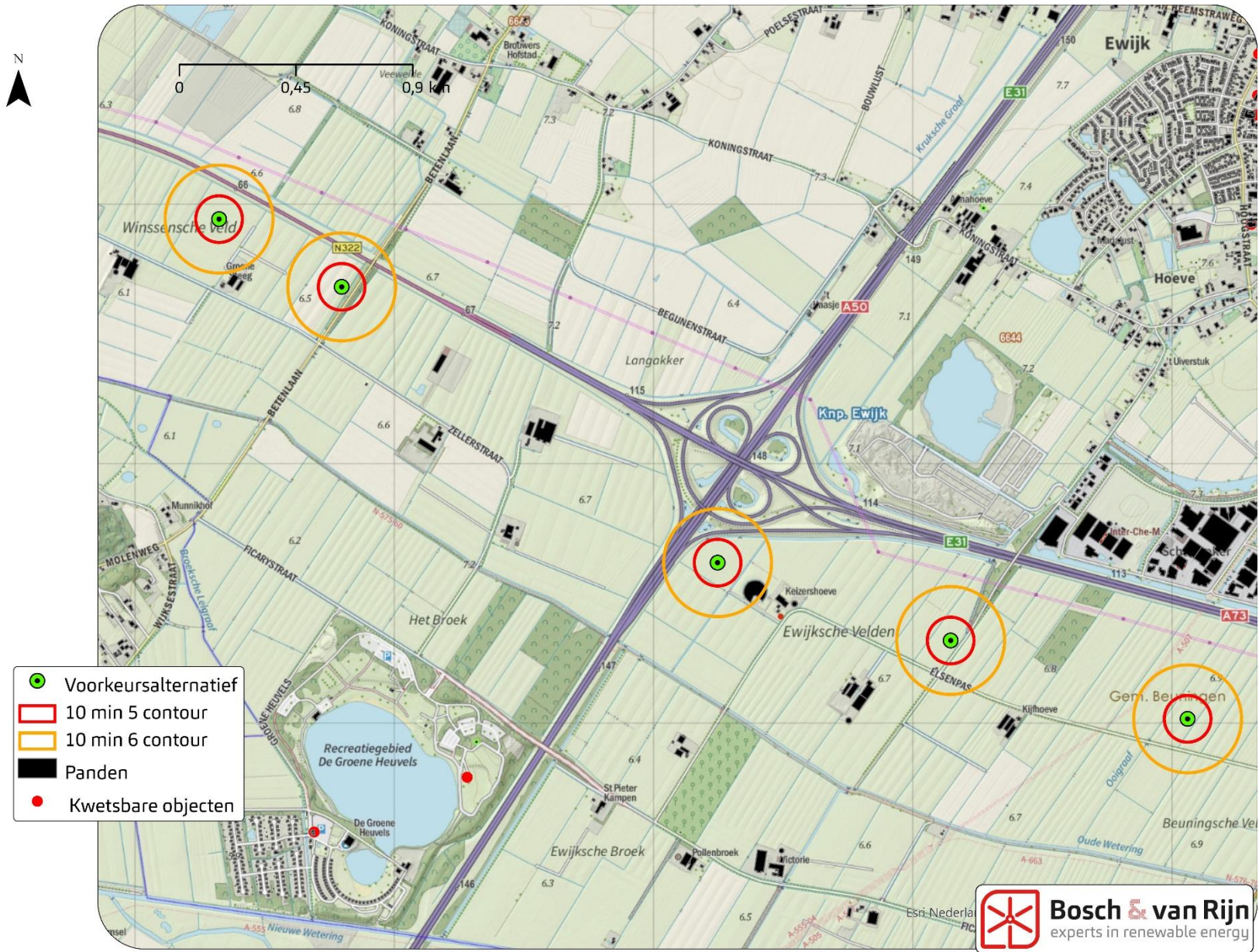


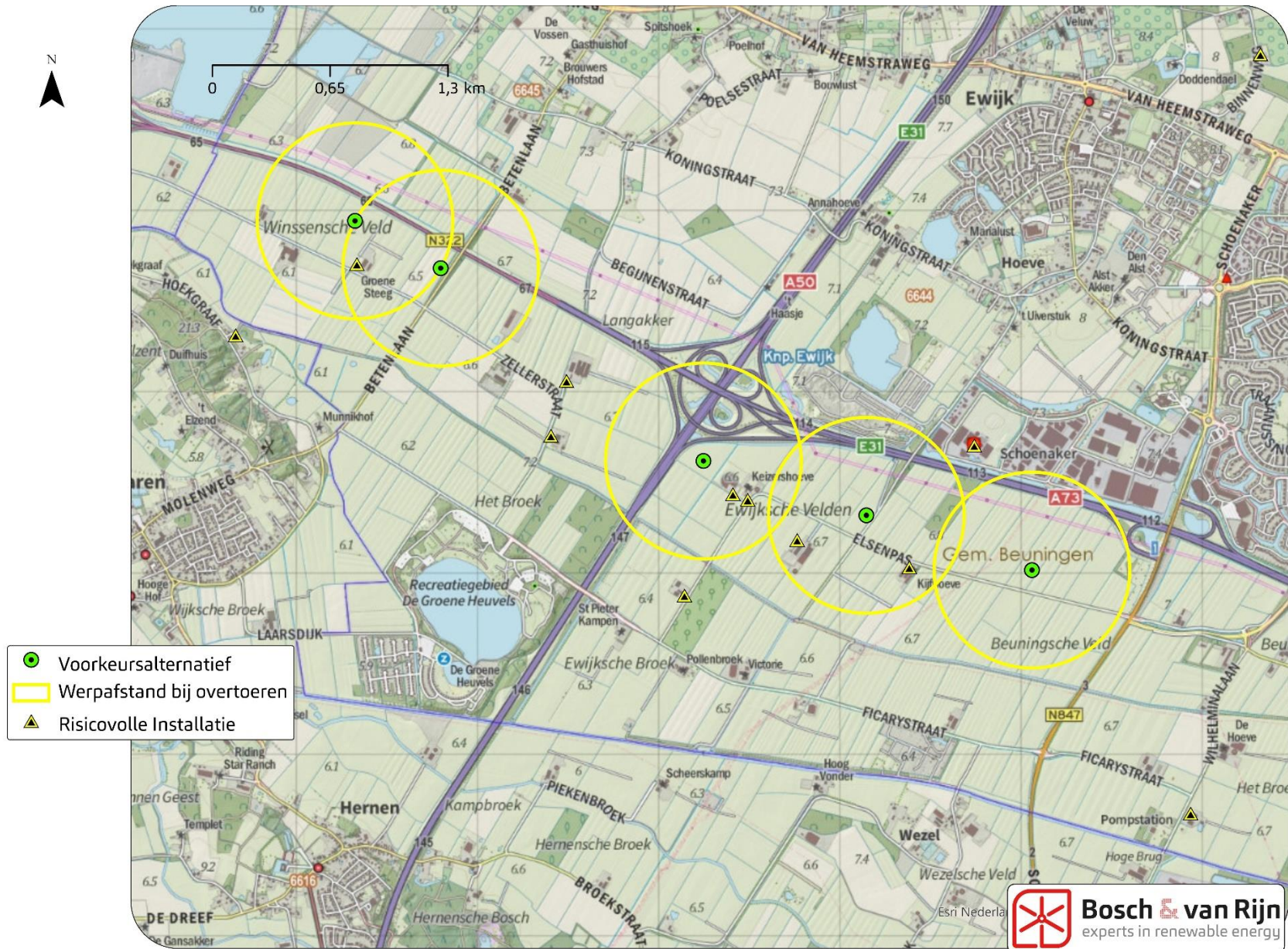


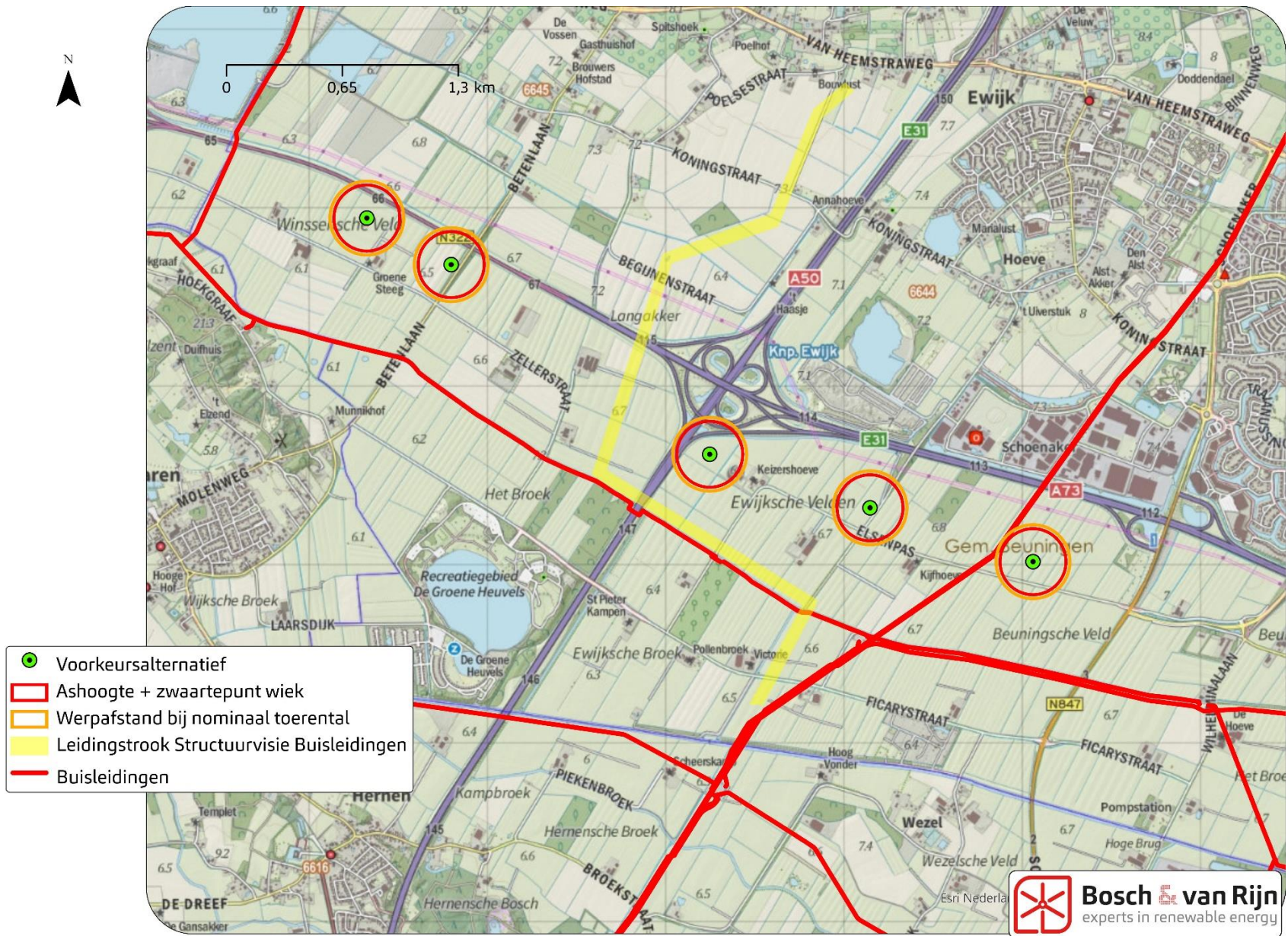


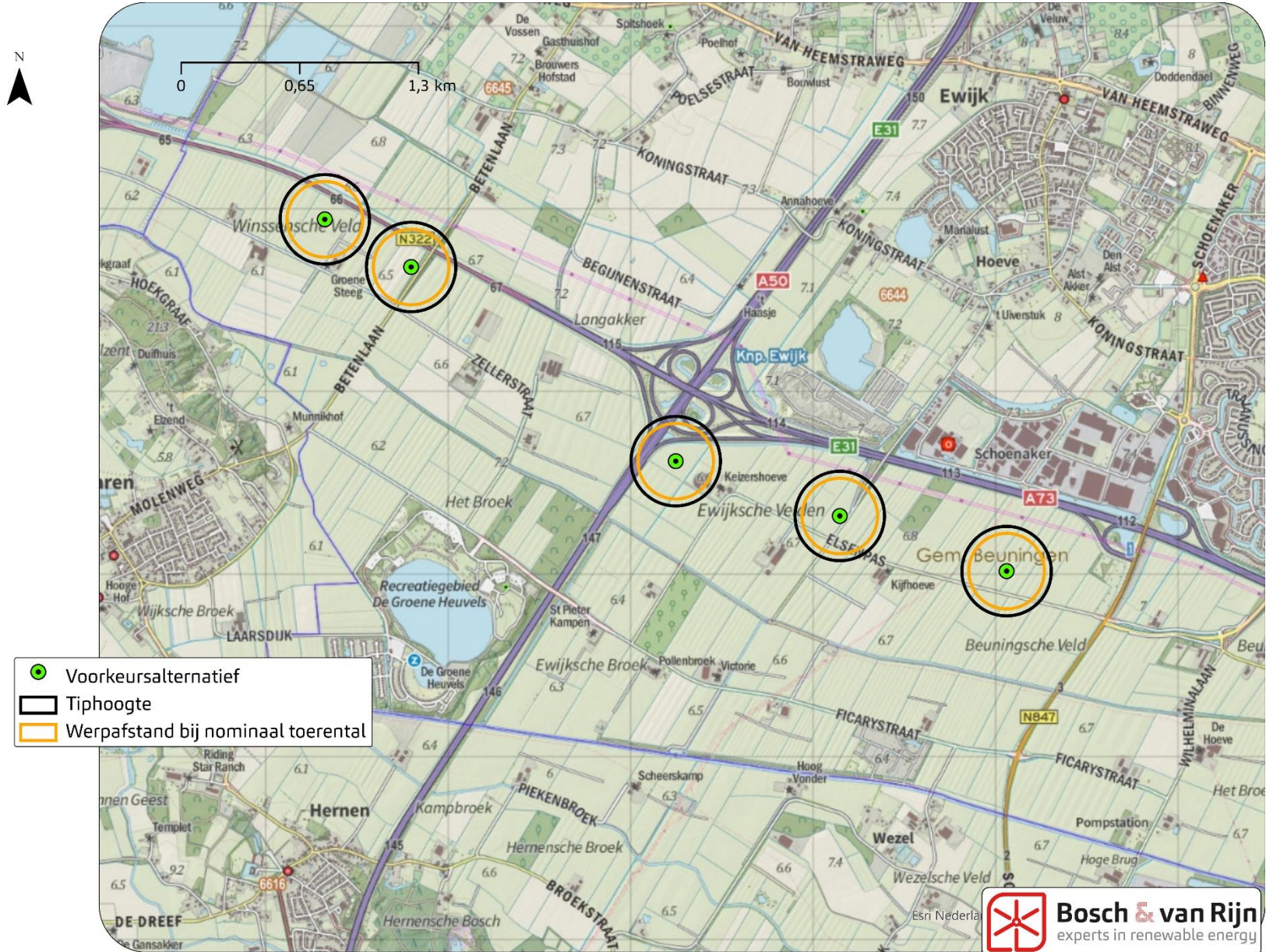


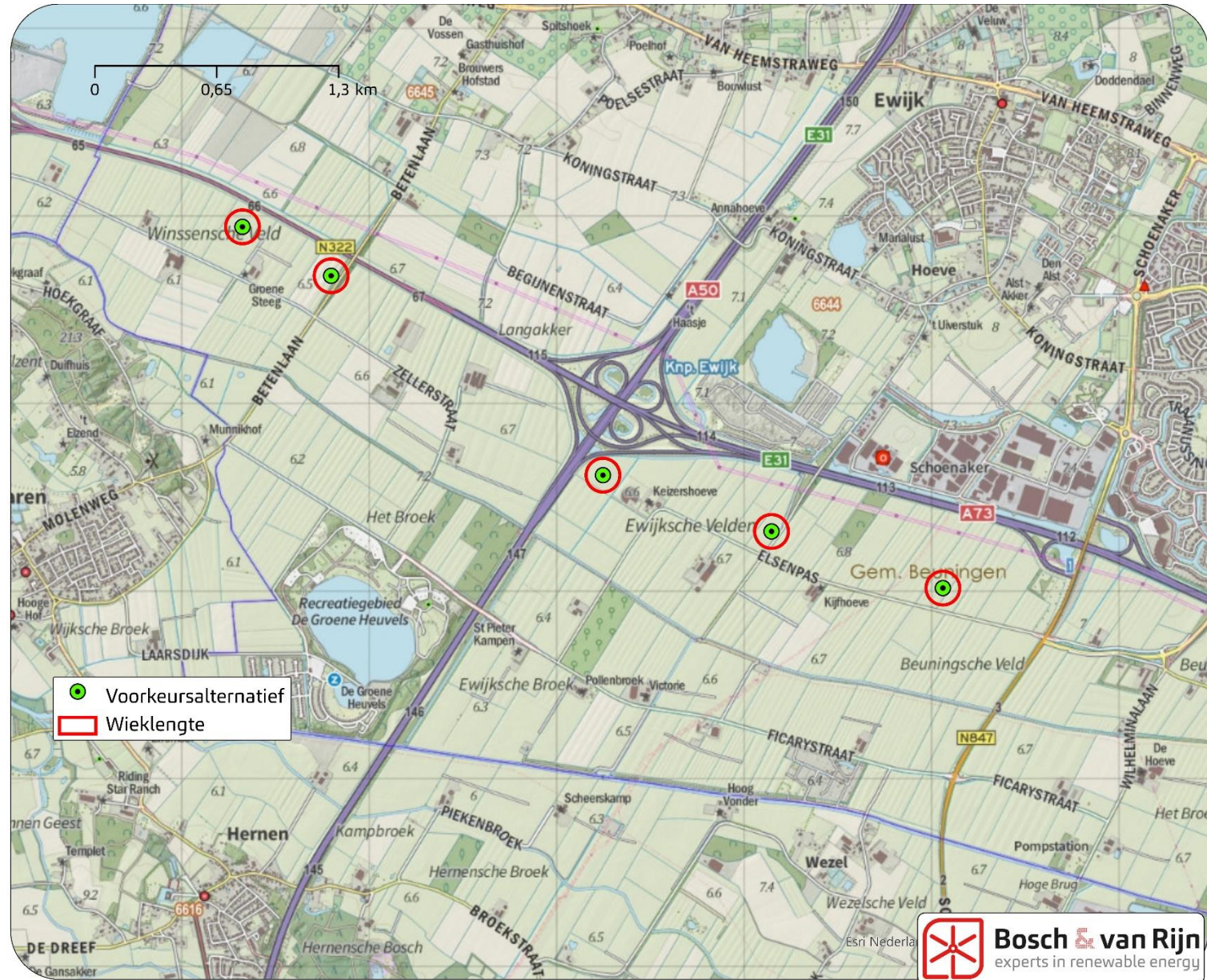












Bijlage C Berekening werpafstand

2.1 Ballistisch model zonder luchtkrachten

2.1.1 Bewegingsvergelijking

Dit model is in principe het klassieke kogelbaanmodel, waarbij de luchtkrachten op het blad worden verwaarloosd. De relevante parameters voor dit ballistisch model zijn:

H : hoogte rotoras [m]

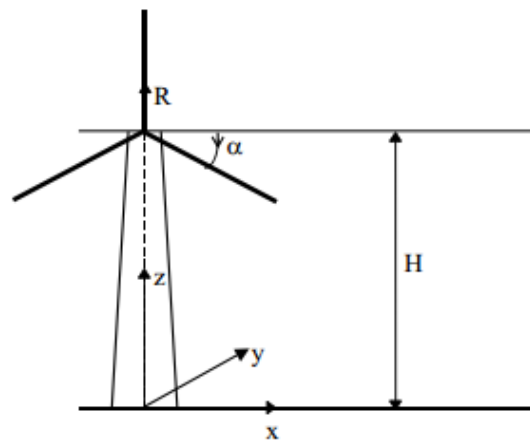
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

R_z : afstand tot het rotor centrum van het zwaartepunt van wegvliegende deel [m]

α : azimuthhoek [rad]

g : valversnelling ($= 9,81 \text{ m/s}^2$).

Het gehanteerde assenstelsel en de draairichting wordt aangegeven in Figuur 1.



Figuur 1: Overzicht parameters in ballistisch model

De bewegingsvergelijking voor het zwaartepunt is nu

$$\ddot{x}(t) = 0, \quad \ddot{y}(t) = 0, \quad \ddot{z}(t) = -g \quad (2.1.1)$$

Met de beginvoorwaarden

$$\begin{aligned} x(0) &= R_z \cos \alpha, & y(0) &= 0, & z(0) &= H - R_z \sin \alpha, \\ \dot{x}(0) &= -\Omega R_z \sin \alpha, & \dot{y}(0) &= 0, & \dot{z}(0) &= -\Omega R_z \cos \alpha, \end{aligned} \quad (2.1.2)$$

is de positie van een wegvliegende deel op tijdstip t is gegeven door:

$$\begin{aligned} x(t) &= R_z \cos \alpha - \Omega R_z t \sin \alpha \\ y(t) &= 0 \\ z(t) &= H - R_z \sin \alpha - \Omega R_z t \cos \alpha - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (2.1.3)$$

Het tijdstip waarop het zwaartepunt de grond raakt volgt uit $z(t_i) = 0$ en wordt gegeven door

$$t_i = -\frac{\Omega R_z \cos \alpha}{g} + \sqrt{\frac{2}{g} \left(H - R_z \sin \alpha + \frac{\Omega^2 R_z^2 \cos^2 \alpha}{2g} \right)} \quad (2.1.4)$$

Substitutie van (2.1.4) in (2.1.3) geeft voor een bepaald toerental de afgelegde afstand, r , als functie van de azimuthoek ten tijde van bladbreuk, ofwel

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = x = h(\alpha; \Omega) \quad (2.1.5)$$

2.1.2 Verdelingsfuncties

De kansverdelingsfunctie f_{ZWPT} geeft de kans per m^2 dat het zwaartepunt op een bepaalde plek terechtkomt gegeven bladbreuk. Bij het onderhavige model worden de luchtkrachten niet meegenomen, zodat alleen het toerental en de azimuthoek als stochastische grootheden overblijven. Tevens geldt dat f_{ZWPT} alleen afhankelijk is van de afstand tot de windturbine. De kans dat het zwaartepunt van het blad in een cirkelschijf met breedte dr op een afstand r van de turbine terechtkomt, is gegeven door

$$\begin{aligned} f_R(r; \Omega) dr &= P\{r < R < r + dr\} \\ &= P\{h^{-1}(r; \Omega) < \alpha < h^{-1}(r + dr; \Omega)\} \\ &= F_A(h^{-1}(r + dr; \Omega)) - F_A(h^{-1}(r; \Omega)) \end{aligned} \quad (2.1.6)$$

waarbij F_A de cumulatieve verdelingsfunctie is van de azimuthoek waarbij bladbreuk optreedt. Met de aanname dat de azimuthoek waarbij het blad afbreekt uniform is verdeeld, ofwel

$$f_A(r) = \frac{d}{d\alpha} F_A(\alpha) = \frac{1}{2\pi}, \quad 0 \leq \alpha < 2\pi \quad (2.1.7)$$

geldt nu

$$f_R(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} \frac{d}{dr} h^{-1}(r; \Omega) \quad (2.1.8)$$

Opm: Om de gevolgde aanpak te demonstreren is bij bovenstaande afleiding verondersteld dat de functie $h(\alpha; \Omega)$ inverteerbaar is. In het geval van bladbreuk zal dit niet zo zijn, want in het algemeen zal het zwaartepunt vanuit twee verschillende azimuthoeken op een bepaalde plek terecht kunnen komen, via de hoge baan of via de lage baan. Bij de numerieke uitwerking zal hiermee rekening moeten worden gehouden.

De kansverdelingsfunctie van de positie waar het zwaartepunt van het blad zal inslaan is nu

$$f_{ZWPT}(x, y; \Omega) = f_{ZWPT}(r; \Omega) = \frac{1}{2\pi} f_R(r; \Omega) \quad (2.1.9)$$

Bijlage D (beperkt) Kwetsbare objecten

Kwetsbare objecten

- a) woningen, woonschepen en woonwagens, niet zijnde woningen, woonschepen of woonwagens als bedoeld in onderdeel b, onder a;
- b) gebouwen bestemd voor het verblijf, al dan niet gedurende een gedeelte van de dag, van minderjarigen, ouderen, zieken of gehandicapten, zoals:
 - 1. ziekenhuizen, bejaardenhuizen en verpleeghuizen;
 - 2. scholen, of
 - 3. 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, waartoe in ieder geval behoren:
 - 1. kantoorgebouwen en hotels met een bruto vloeroppervlak van meer dan 1500 m² per object, of
 - 2. 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;

Beperkt kwetsbare objecten

- a) 1°.verspreid liggende woningen, woonschepen en woonwagens van derden met een dichtheid van maximaal twee woningen, woonschepen of woonwagens per hectare, en 2°.dienst- en bedrijfswoningen van derden;
- b) kantoorgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- c) hotels en restaurants, voorzover zij niet kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- d) winkels, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder c, vallen;
- e) sporthallen, sportterreinen, zwembaden en speeltuinen;
- f) kampeerterrains en andere terreinen bestemd voor recreatieve doeleinden, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, onder d, vallen;
- g) bedrijfsgebouwen, voorzover zij niet onder kwetsbare objecten, 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 vluchtleiding apparatuur, voorzover die objecten wegens de aard van de gevaarlijke stoffen die bij een ongeval kunnen vrijkomen, bescherming verdienen tegen de gevolgen van dat ongeval;



Bosch & van Rijn
experts in renewable energy

Groenmarktstraat 56
3521 AV Utrecht
www.boschenvanrijn.nl

