

Bosch & van Rijn

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
030 – 677 6466

Auteurs

Martijn Maan
Stephan Woninck

Opdrachtgever

Consortium Rijnse Energie
c.s.



Energielandschap Rijnenburg

Onderzoek externe veiligheid t.b.v. combiMER



Energielandschap Rijnenburg

Onderzoek externe veiligheid t.b.v. combiMER

Datum

15 november 2023

Versie

4.0

21 januari 2022 – 3 alternatieven

8 april 2022 – alternatief 4

29 april 2022 – voorkeursalternatief

15 september 2022 – verwerken commentaar

8 februari 2023 – toevoegen berekening IPR / MR Rarro-zones

15 november 2023 – toevoeging alternatief 5

Bosch & Van Rijn
Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht

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

© Bosch & Van Rijn 2023

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>Aanleiding</i>	3
HOOFDSTUK 2	RISICO-INVENTARISATIE	6
2.1	<i>Faalscenario's</i>	6
2.2	<i>Werpafstanden en risicocontouren</i>	6
HOOFDSTUK 3	BEOORDELINGSKADER	8
3.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	8
3.2	<i>Risicovolle installaties</i>	9
3.3	<i>Buisleidingen</i>	9
3.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	10
3.5	<i>Infrastructuur</i>	10
HOOFDSTUK 4	RISICOANALYSE	12
4.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	12
4.2	<i>Risicovolle installaties</i>	22
4.3	<i>Buisleidingen</i>	32
4.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	42
4.5	<i>Wegen</i>	52
HOOFDSTUK 5	VOORKEURSALTERNATIEF	70
5.1	<i>Beschrijving voorkeursalternatief</i>	70
5.2	<i>Te onderzoeken windturbinetype</i>	71
5.3	<i>Rekenmethode</i>	71
5.4	<i>Risicoanalyse</i>	71
HOOFDSTUK 6	CONCLUSIE	77
6.1	<i>(Beperkt) kwetsbare objecten</i>	77
6.2	<i>Risicovolle installaties</i>	78
6.3	<i>Buisleidingen</i>	78
6.4	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	78
6.5	<i>Wegen</i>	79
BIJLAGE A	AFBEELDINGEN IN GROOT FORMAAT	81
	<i>(beperkt) kwetsbare objecten</i>	81
	<i>Risicovolle installaties</i>	91
	<i>Buisleidingen</i>	101
	<i>Hoogspanningsinfrastructuur</i>	111
	<i>Wegen</i>	121
	<i>Voorkeursalternatief</i>	131
BIJLAGE B	BEREKENING WERPAFSTAND	136
BIJLAGE C	(BEPERKT) KWETSBAAR OBJECTEN	138
BIJLAGE D	IPR / MR BERECENING RARRO-ZONES	139

Hoofdstuk 1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Ten behoeve van een milieueffectrapportage (MER) heeft Bosch & Van Rijn een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd naar de externe veiligheidsrisico's van vijf opstellingsalternatieven voor windturbines binnen het Energielandschap Rijnenburg in de gemeente Utrecht.

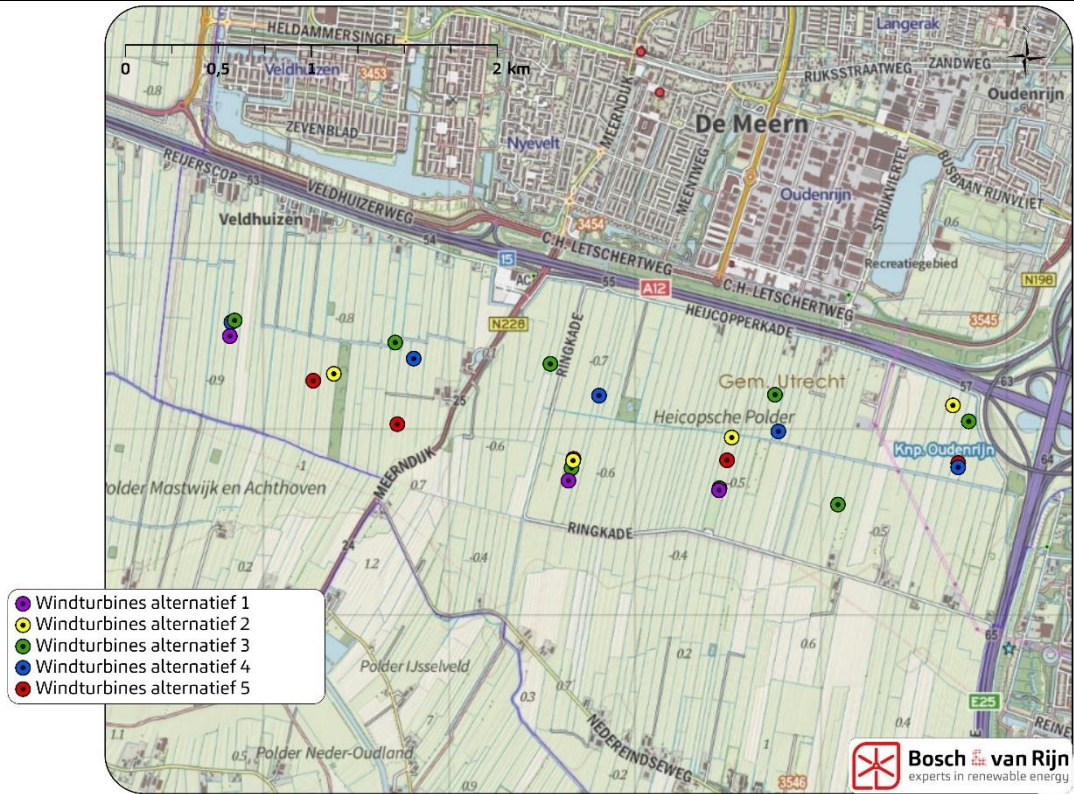
Deze studie volgt de beoordelingscriteria zoals opgenomen in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau van Energielandschap Rijnenburg. Daarnaast worden de externe veiligheidsrisico's van de windturbines getoetst aan de normen en advies afstanden zoals beschreven in Hoofdstuk 3.

Voor de laatste versie van het CombiMER (v0.9; inclusief verwerking van het tussenadvies Commissie m.e.r.) is een extra MER-alternatief 5 toegevoegd. Wijzigingen ten opzichte van de vorige versie van voorliggend extern veiligheidsrapport en beoordeling zijn grijs gearceerd. Op deze manier is het voor de lezer duidelijk welke wijzigingen zijn aangebracht.

1.2 Alternatieven MER

Het MER beschouwt vijf opstellingsalternatieven, die verschillen in het aantal windturbines en windturbinelocaties. In onderstaande figuren zijn de opstellingsalternatieven weergegeven.

Figuur 1 De MER alternatieven. Omdat de stippen van sommige alternatieven met elkaar overlappen, zijn niet voor elk alternatief alle windturbines op de kaart goed zichtbaar.



Voor elk opstellingsalternatief zijn in het MER en dit externe veiligheidsonderzoek twee varianten aan windturbineafmetingen onderzocht (variant A met een tiphoogte van 200 meter en variant B met een tiphoogte van 270 meter). Omdat nog geen specifiek windturbintype is besloten zijn voor deze varianten ‘referentietype’ windturbines gemodelleerd waarmee de te verwachten externe veiligheidseffecten worst-case zijn berekend. Deze rekenwijze is in Hoofdstuk 2 nader toegelicht. De MER-alternatieven zijn in Tabel 1 samengevat.

Tabel 1 Samenvatting van de MER-alternatieven

Alternatief	Type	Aantal	Rotor	Ashoogte	
				m	m
1 - A	ReferentieWTB 1	3	149	125,5	
1 - B	ReferentieWTB 2	3	180	180	
2 - A	ReferentieWTB 1	5	149	125,5	
2 - B	ReferentieWTB 2	5	180	180	
3 - A	ReferentieWTB 1	8	149	125,5	
3 - B	ReferentieWTB 2	8	180	180	
4 - A	ReferentieWTB 1	8	149	125,5	
4 - B	ReferentieWTB 2	8	180	180	
5 - A	ReferentieWTB 1	6	149	125,5	
5 - B	ReferentieWTB 2	6	180	180	

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:

- Bebouwing
- Wegen, waterwegen en spoorwegen
- Industrie en Inrichtingen (risicovolle installaties)
- Transportleidingen en hoogspanningsleidingen
- Dijklichamen en waterkeringen

In onderhavige kwantitatieve risicoanalyse worden alle beoordelingscriteria voor het MER 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 6 bevat de conclusies waarin de berekende waarden worden getoetst aan het in Hoofdstuk 3 beschreven beoordelingskader.

Hoofdstuk 2 Risico-inventarisatie

2.1 Faalscenario's

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

1. *het afbreken van (een gedeelte van) een windturbineblad;*

Het risico voor de omgeving van een afgebroken blad is afhankelijk van:

- De kans dat een blad afbreekt en de omstandigheden waaronder dit gebeurt;
- De baan die het afgebroken blad aflegt, de plek waar het afgebroken blad zal inslaan en de snelheid bij inslag;
- De aanwezigheid van personen of objecten op de plaats waar het afgebroken blad terecht komt;
- De gevolgen voor personen en of objecten als ze door een afgebroken blad worden getroffen

De risico's van het afbreken van een windturbineblad vormen een risico binnen de straal van de maximale werpafstand. Hierbij worden twee scenario's onderscheiden:

- Werpafstand bij nominaal toerental;
- Werpafstand bij overtoeren;

2. *het omvallen van een windturbine door mastbreuk;*

Als gevolg van mastbreuk kan een persoon of object getroffen worden door de mast of door de gondel met rotor die op de grond terecht komt. Het omvallen van een windturbine vormt een risico binnen de maximale valafstand (rotordiameter + 1/2^{de} rotordiameter) van de windturbine.

3. *het naar beneden vallen van de gondel en/of rotor.*

Het risicogebied van het omvallen van de gondel en/of rotor is beperkt tot maximaal de wielengte. Als gevolg van gondelafworp kan een persoon of object getroffen worden door de gondel die op de grond terecht komt.

2.2 Werpafstanden en risicocontouren

Op basis van de afmetingen van de MER-alternatieven is een shortlist opgesteld met gangbare windturbintypes die op dit moment op de markt verkrijgbaar zijn. Voor deze gangbare windturbintypes 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 windturbine-types de werpafstanden en risicocontouren berekend. Vervolgens is een referentietype windturbine gemodelleerd, waarvan de parameters zo zijn gekozen dat de risicocontouren en werpafstanden van dit referentietype windturbine altijd minimaal gelijk zijn aan dan die van de windturbines uit de shortlist. Door met dit referentietype windturbine te rekenen worden de externe veiligheidseffecten worst-case berekend. Uit de berekening met het referentietype windturbine volgen de in Tabel 2 getoonde risicocontouren en werpafstanden.

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
1A, 2A, 3A, 4A, 5A	Ref. WTB 1	125,5	74,5	178	178	472
1B, 2B, 3B, 4B, 5B	Ref. WTB 2	180	90	219	219	559

De windturbines kunnen een risico verhogend effect hebben op nabijgelegen gebouwen, installaties en infrastructuur. Voor Energielandschap Rijnenburg zijn de volgende onderwerpen relevant:

- ❖ **(Beperkt) kwetsbare objecten (bebouwing)**
- ❖ **Risicovolle installaties (industrie en inrichtingen)**
- ❖ **Buisleidingen**
- ❖ **Hoogspanningsinfrastructuur**
- ❖ **Wegen**

Hoewel genoemd in de Notitie Reikwijdte en Detailniveau van het MER, blijken waterwegen, spoorwegen, dijklichamen en waterkeringen zich niet binnen de maximale effectafstand van de windturbines te bevinden. Deze beoordelingscriteria zijn derhalve niet in deze kwantitatieve risicoanalyse meegenomen.

NB. Het groepsrisico is, vanuit de Handreiking Risicozonering Windturbines, geen beoordelingskader 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

In het besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi) zijn definities voor kwetsbare en beperkt kwetsbare objecten opgenomen (zie ook Bijlage C). Dit zijn objecten die bij een externe veiligheidsbeoordeling bijzondere bescherming verdienen, omdat zij zijn bestemd voor het (langdurig) verblijf van kwetsbare of grote aantallen personen.

Welk externe veiligheidsrisico bij (beperkt) kwetsbare objecten als aanvaardbaar wordt beschouwd wordt in normen omschreven met het plaatsgebonden risico (PR). Hiermee wordt de kans omschreven dat een persoon die zich onafgebroken op een bepaalde locatie bevindt komt te overlijden als direct gevolg van een ongeval bij de te beoordelen inrichting. Een persoon die zich onafgebroken op de PR 10^{-6} contour rondom een inrichting bevindt heeft een kans op overlijden van 10^{-6} per jaar (één op de miljoen per jaar) als direct gevolg van een ongeval bij de te beoordelen inrichting. Op de PR 10^{-5} contour is de kans op overlijden één op de honderd-duizend per jaar.

In het Activiteitenbesluit milieubeheer waren normen voor het plaatsgebonden risico bij (beperkt) kwetsbare objecten opgenomen, veroorzaakt door een windturbine of combinatie van windturbines. Door een uitspraak van de Raad van State in het kader van windpark Delfzijl Zuid Uitbreiding zijn deze normen in 2020 buiten werking verklaard.

De bescherming van (beperkt) kwetsbare objecten was echter niet alleen in het Activiteitenbesluit milieubeheer geregeld, maar ook in diverse andere externe veiligheidsbesluiten zoals het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi), Besluit externe veiligheid buisleidingen (Bevb) en Besluit externe veiligheid transportroutes (Bevt). Hierin wordt telkens een *grenswaarde* voor het PR gesteld van 10^{-6} per jaar, terwijl voor (geprojecteerd) beperkt kwetsbare objecten een *richtwaarde* voor het PR wordt gesteld van 10^{-6} per jaar. Nu de normen voor windturbines uit het Activiteitenbesluit buiten werking zijn verklaard, is in dit externe veiligheidsrapport gekozen bij deze normen aan te sluiten.

Van een grenswaarde mag niet worden afgeweken, terwijl van de richtwaarde wel gemotiveerd mag worden afgeweken. Ten opzichte van beperkt kwetsbare objecten is daarom niet alleen beoordeeld of hier aan de richtwaarde voor het PR van 10^{-6} wordt voldaan, maar ook of hier aan een tien maal zo hoog PR van 10^{-5} kan worden voldaan.

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^{-6} per jaar.*
-

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^{-6} per jaar.

3.3 Buisleidingen

Voor gasleidingen hanteert Gasunie N.V. een adviesafstand waarbuiten geen substantiële negatieve invloed van een windturbine is te verwachten. Voor ondergrondse infrastructuur wordt de grootste afstand geadviseerd van:

- Maximale werpafstand bij nominaal toerental
- Ashoogte + 1/2^{de} rotordiameter

Voor bovengrondse buisleidingen adviseert Gasunie een afstand van:

- Maximale werpafstand bij overtoeren

¹ Handreiking Risicozonering Windturbines, 2020.

Bij in acht neming van bovenstaande afstanden zal 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.

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 risicomat gekozen die aansluit bij de individuele beleving van de passant, namelijk de overlidenskans 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."

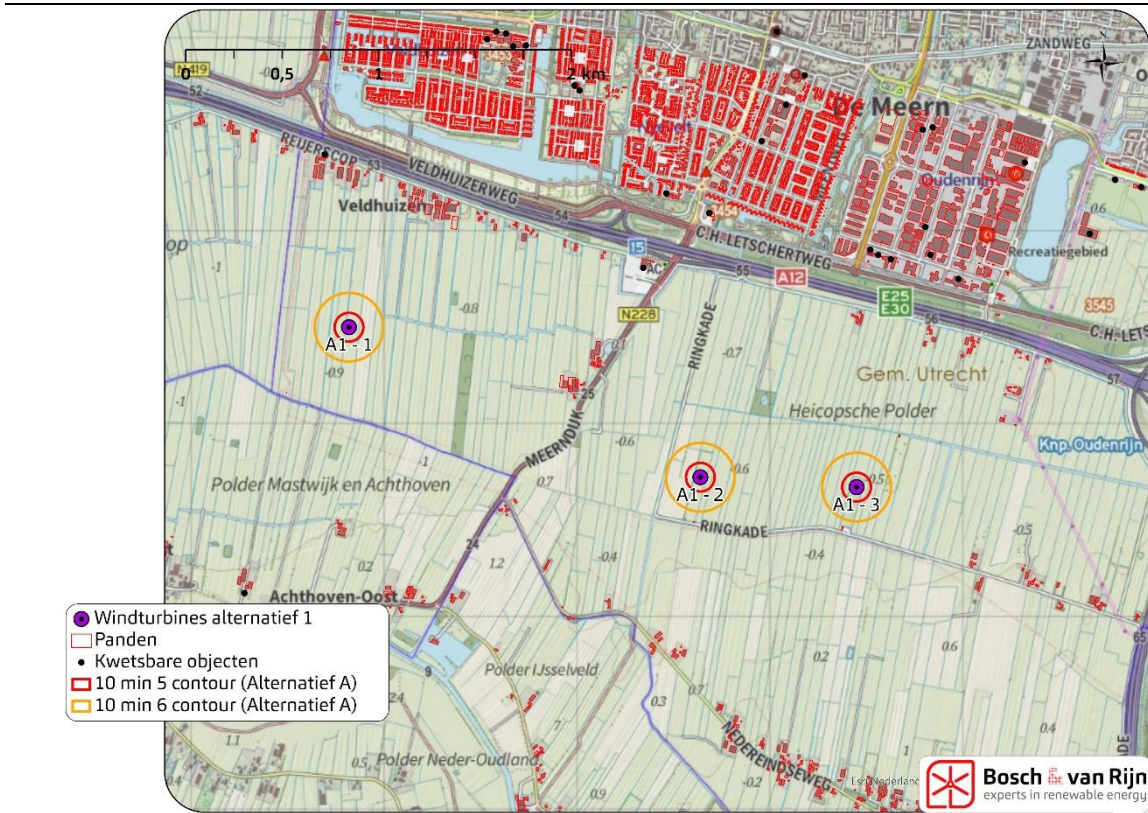
Hoofdstuk 4 Risicoanalyse

4.1 Beperkt) kwetsbare objecten

De berekende 10^{-5} en 10^{-6} contouren zijn weergegeven op onderstaande kaarten. Per windturbinelocatie is nagegaan of (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten binnen de risicocontouren 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 A.

4.1.1 Alternatief 1A

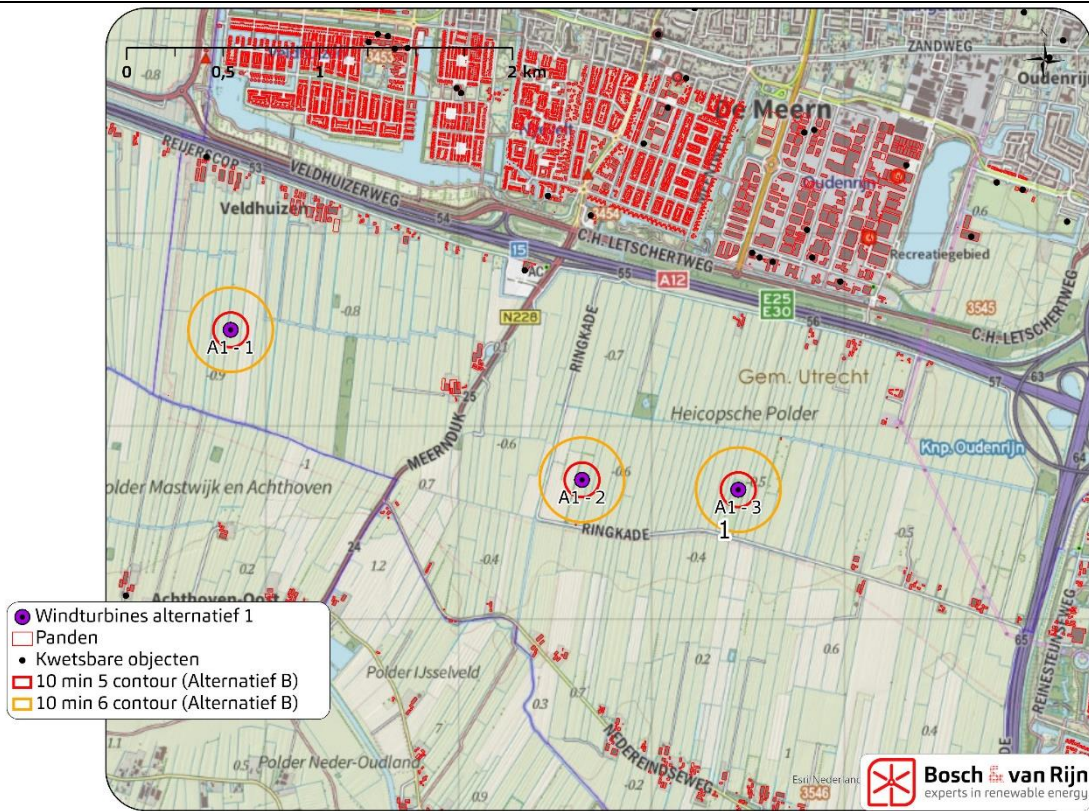
Figuur 2 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 1A)



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

4.1.2 *Alternatief 1B*

Figuur 3 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 1B)



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

Binnen de 10^{-6} contour van windturbine A1-3 is één beperkt kwetsbaar object gelegen.

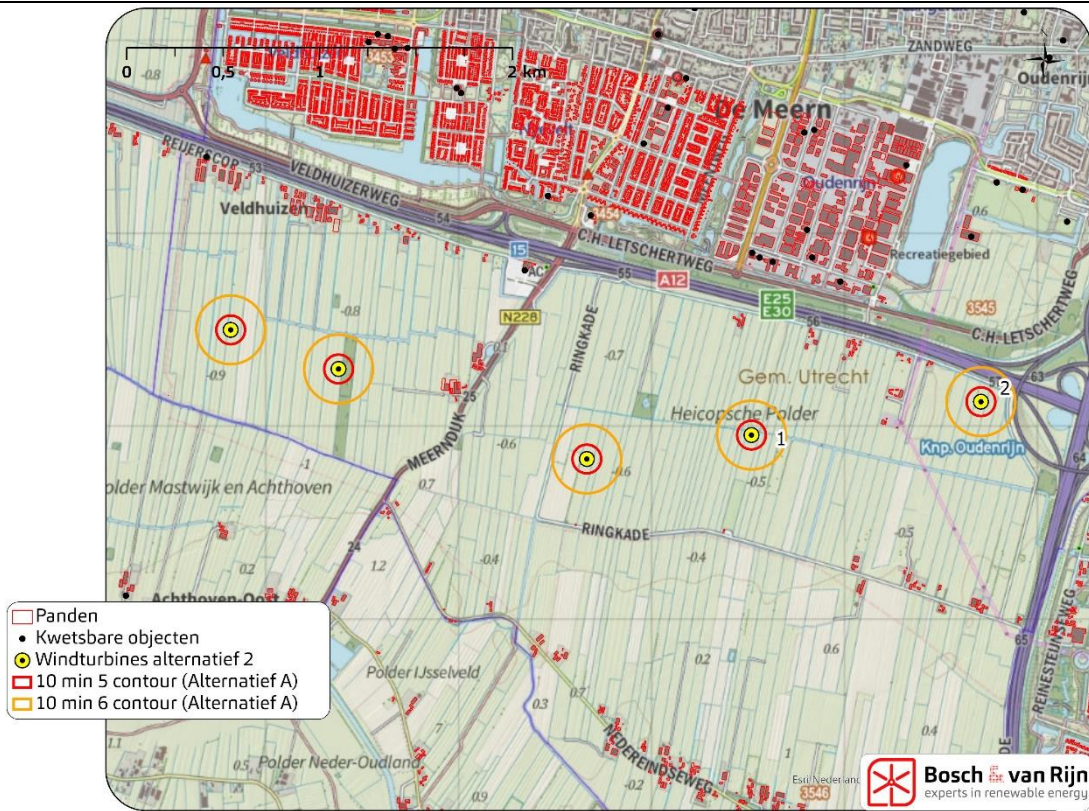
Tabel 3 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Loods modelvliegbouw vereniging	Beperkt kwetsbaar

Beoordeling object 1: het betreft hier een loods welke gebruikt wordt als samenkomplek voor de modelvliegbouw vereniging Midden-Nederland. Omdat op deze samenkomstplek slechts kleine aantallen personen aanwezig zullen zijn wordt het pand als beperkt kwetsbaar object beschouwd.

4.1.3 *Alternatief 2A*

Figuur 4 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 2A)



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

Binnen de 10^{-6} contour van twee windturbines is een object gelegen.

Tabel 4 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

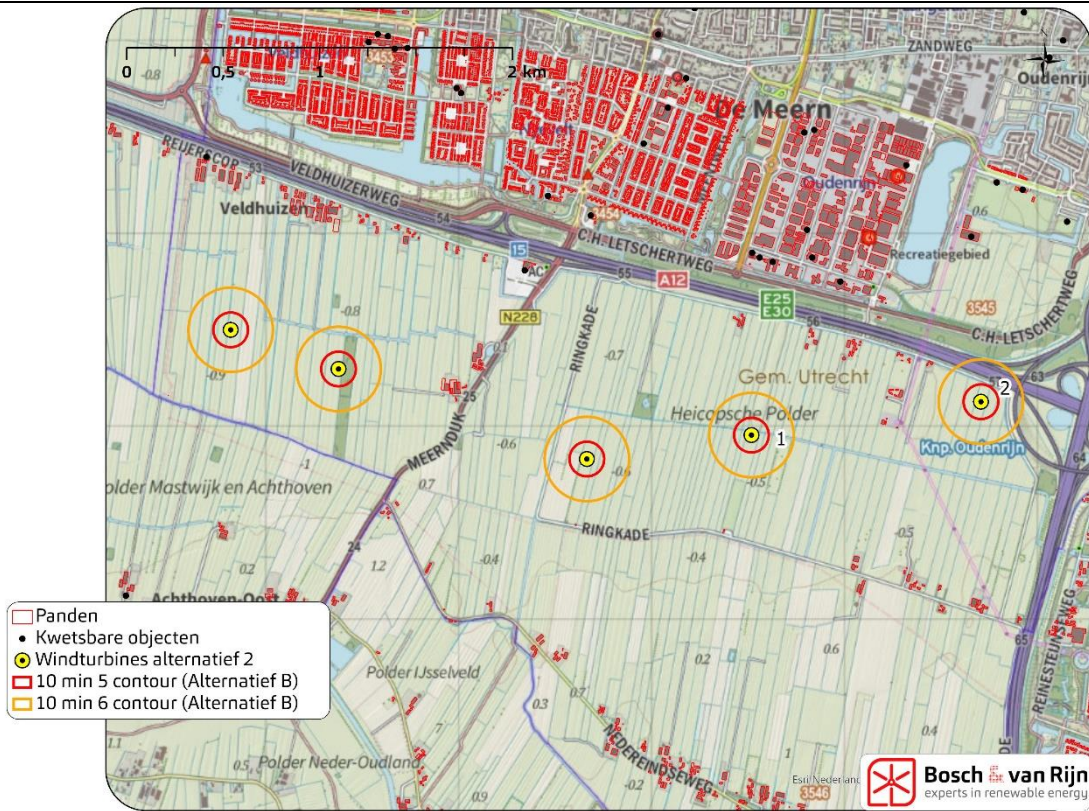
Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar of niet kwetsbaar
2	Elektriciteitshuisje	Niet kwetsbaar

Beoordeling object 1: het betreft hier een loods welke wordt gebruikt door de lokale agrariër, waar slechts incidenteel kleine aantallen personen aanwezig zullen zijn. Hierdoor worden de panden als beperkt kwetsbaar of niet kwetsbaar object beschouwd.

Beoordeling object 2: het betreft hier een kleinschalig elektriciteitshuisje waarbij er geen toegang van personen mogelijk is. Zodoende wordt dit object als niet kwetsbaar beschouwd.

4.1.4 *Alternatief 2B*

Figuur 5 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 2B)



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

Binnen de 10^{-6} contour van twee windturbines is een object gelegen.

Tabel 5 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

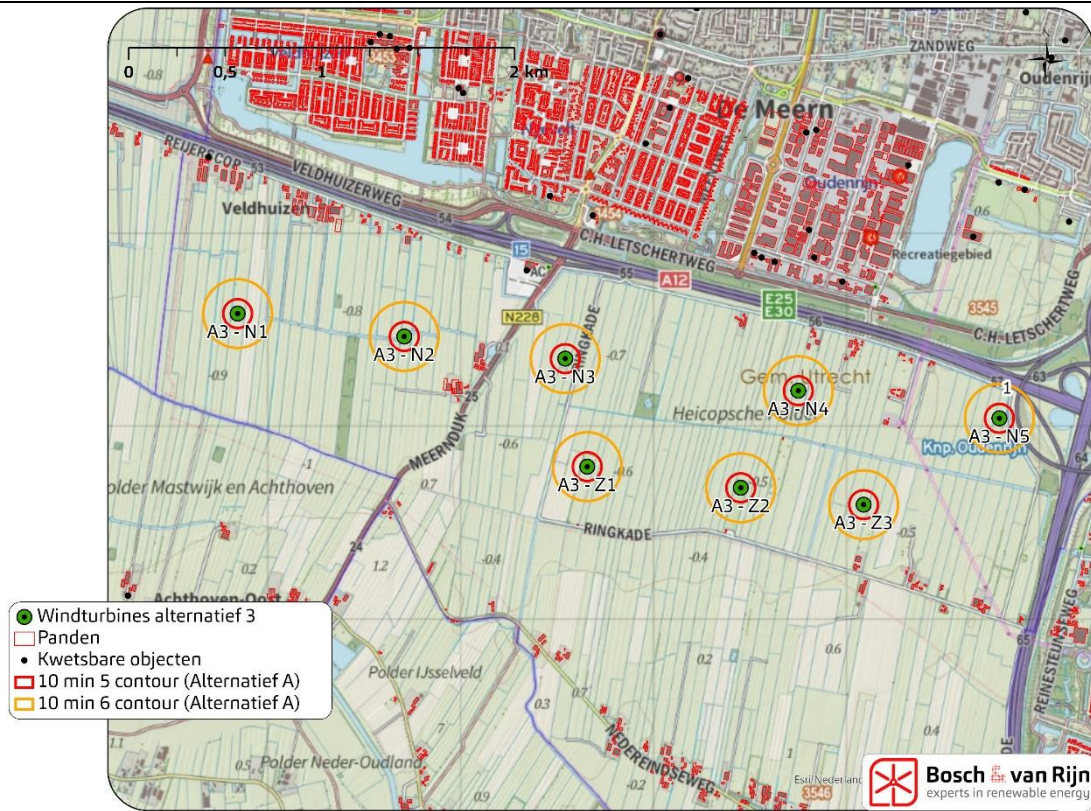
Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar of niet kwetsbaar
2	Elektriciteitshuisje	Niet kwetsbaar

Beoordeling object 1: het betreft hier een loods welke gebruikt door de lokale agrariër, waar slechts incidenteel kleine aantallen personen aanwezig zullen zijn. Hierdoor worden de panden als beperkt kwetsbaar of niet kwetsbaar object beschouwd.

Beoordeling object 2: het betreft hier een kleinschalig elektriciteitshuisje waarbij er geen toegang van personen mogelijk is. Zodoende wordt dit object als niet kwetsbaar beschouwd.

4.1.5 *Alternatief 3A*

Figuur 6 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 3A)



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

Binnen de 10^{-6} contour van één windturbine is een object gelegen.

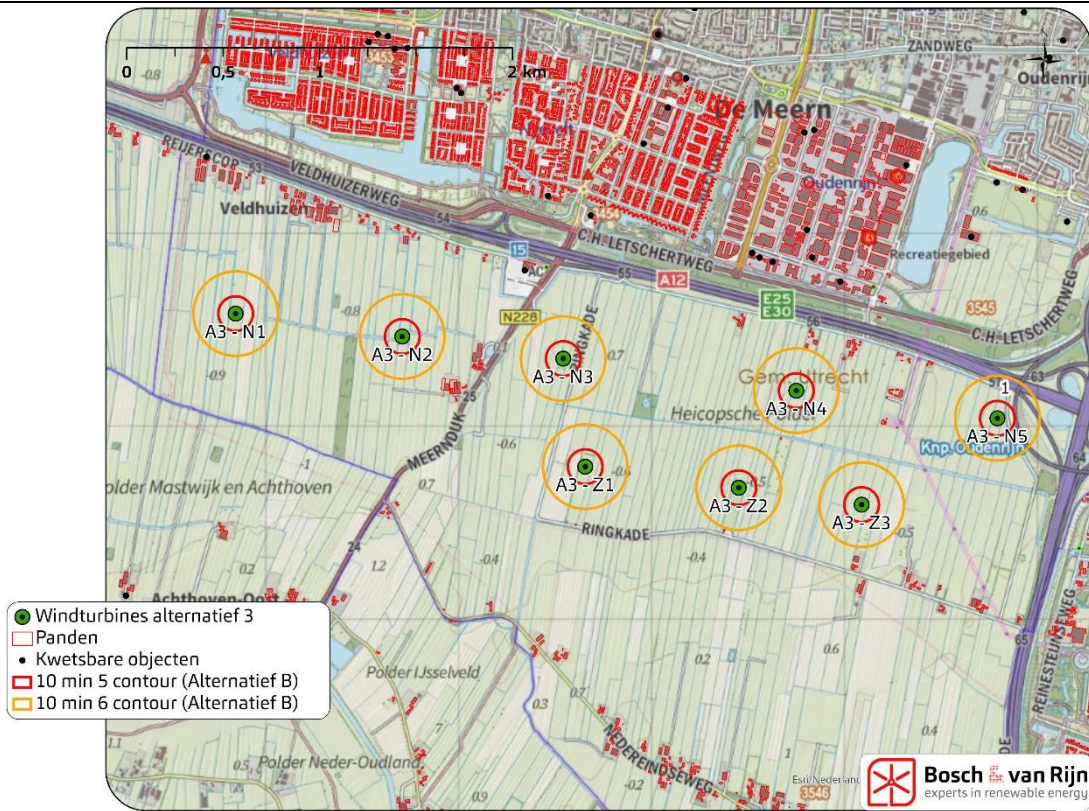
Tabel 6 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Elektriciteitshuisje	Niet kwetsbaar

Beoordeling object 1: het betreft hier een kleinschalig elektriciteitshuisje waarbij er geen toegang van personen mogelijk is. Zodoende wordt dit object als niet kwetsbaar beschouwd.

4.1.6 *Alternatief 3B*

Figuur 7 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 3B)



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

Binnen de 10^{-6} contour van één windturbine is een object gelegen.

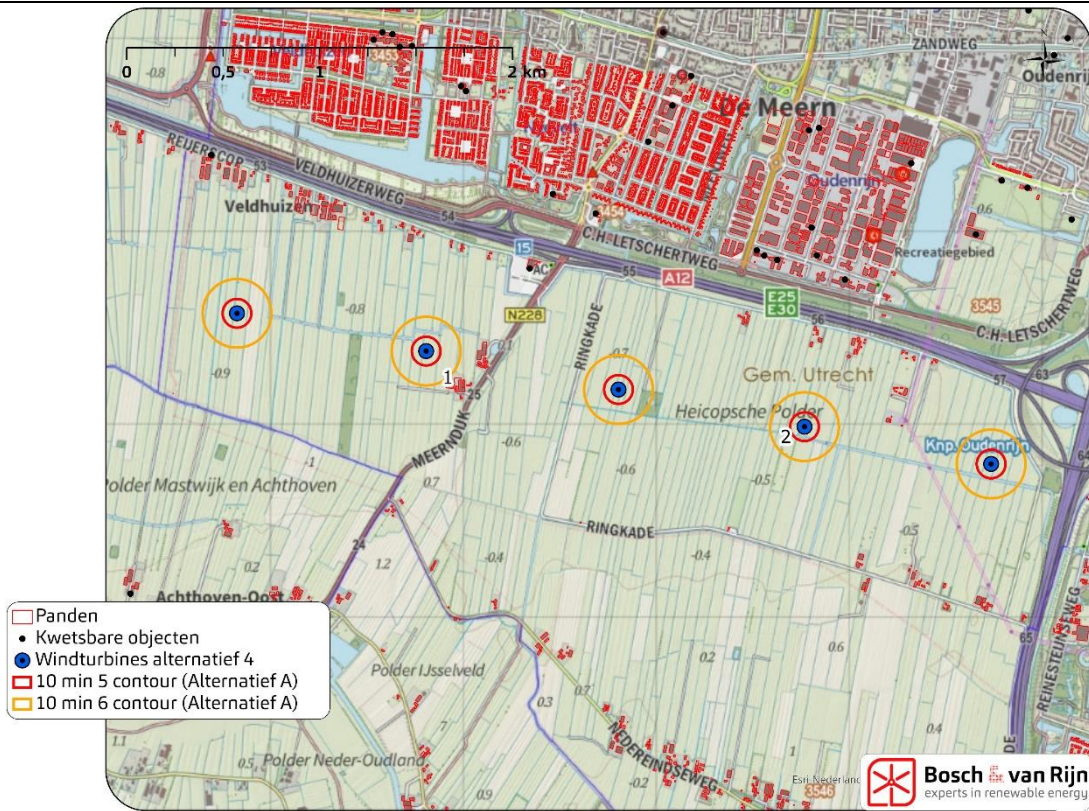
Tabel 7 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Elektriciteitshuisje	Niet kwetsbaar

Beoordeling object 1: het betreft hier een kleinschalig elektriciteitshuisje waarbij er geen toegang van personen mogelijk is. Zodoende wordt dit object als niet kwetsbaar beschouwd.

4.1.7 Alternatief 4A

Figuur 8 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 4A)



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

Binnen de 10^{-6} contour van twee windturbines is een object gelegen.

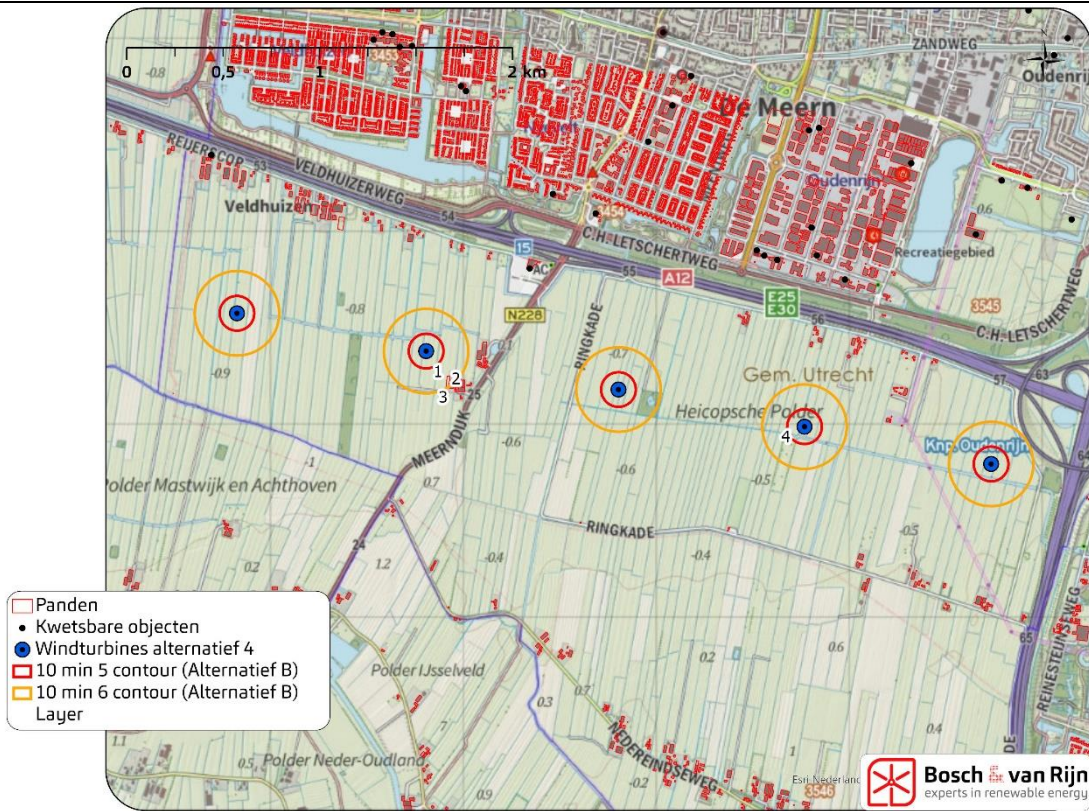
Tabel 8 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar
2	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar

Beoordeling object 1 & 2: het betreft hier een loods welke gebruikt door de lokale agrariër, waar slechts incidenteel kleine aantallen personen aanwezig zullen zijn. Hierdoor worden de panden als beperkt kwetsbaar object beschouwd.

4.1.8 *Alternatief 4B*

Figuur 9 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 4B)



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

Binnen de 10^{-6} contour van twee windturbines is een object gelegen.

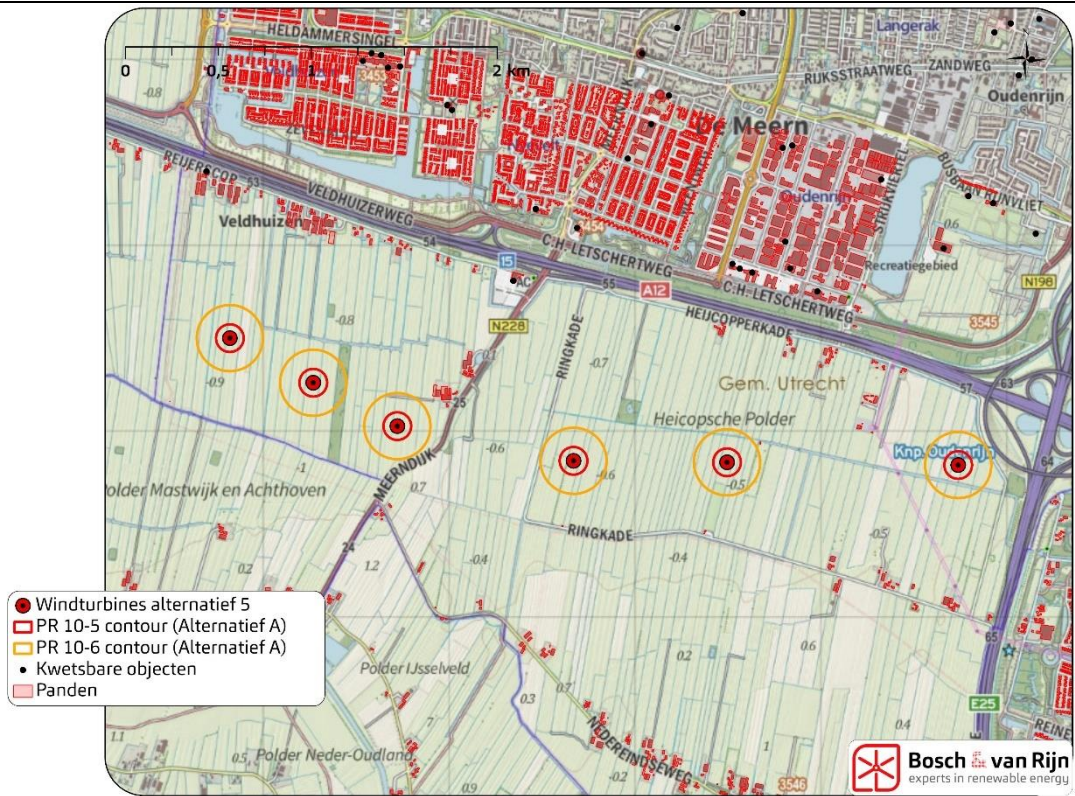
Tabel 9 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar
2	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar
3	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar
4	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar

Beoordeling object 1, 2, 3 en 4: het betreft hier een loods welke gebruikt door de lokale agrariër, waar slechts incidenteel kleine aantallen personen aanwezig zullen zijn. Hierdoor worden de panden als beperkt kwetsbaar object beschouwd.

4.1.9 *Alternatief 5A*

Figuur 10 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 5A)



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

4.1.10 *Alternatief 5B*

Figuur 11 Risicocontouren rond de windturbines (Alternatief 5B)



Er bevinden zich geen (geprojecteerde) beperkt kwetsbare objecten of kwetsbare objecten binnen de 10⁻⁵ contour.

Binnen de 10⁻⁶ contour van één windturbine is een object gelegen.

Tabel 10 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10⁻⁶ contour van de windturbines

Pand #	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar of niet kwetsbaar

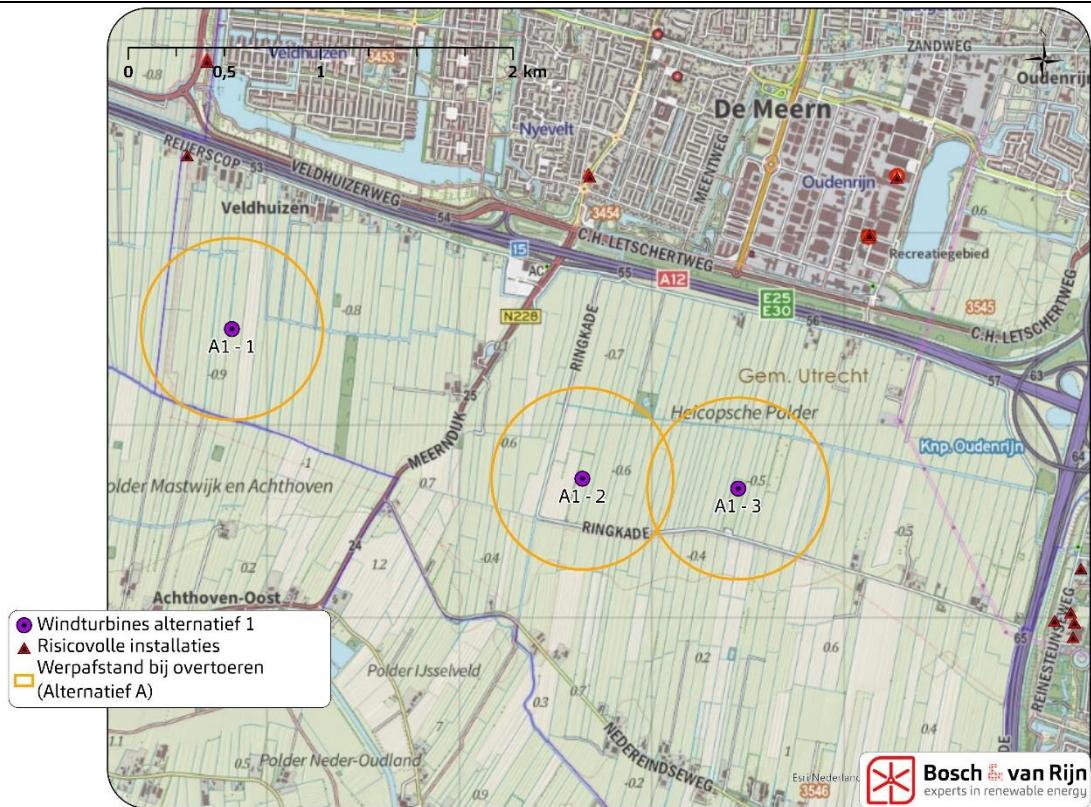
Beoordeling object 1: het betreft hier een loods welke gebruikt door de lokale agrariër, waar slechts incidenteel kleine aantallen personen aanwezig zullen zijn. Hierdoor worden de panden als beperkt kwetsbaar of niet kwetsbaar object beschouwd.

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 1A

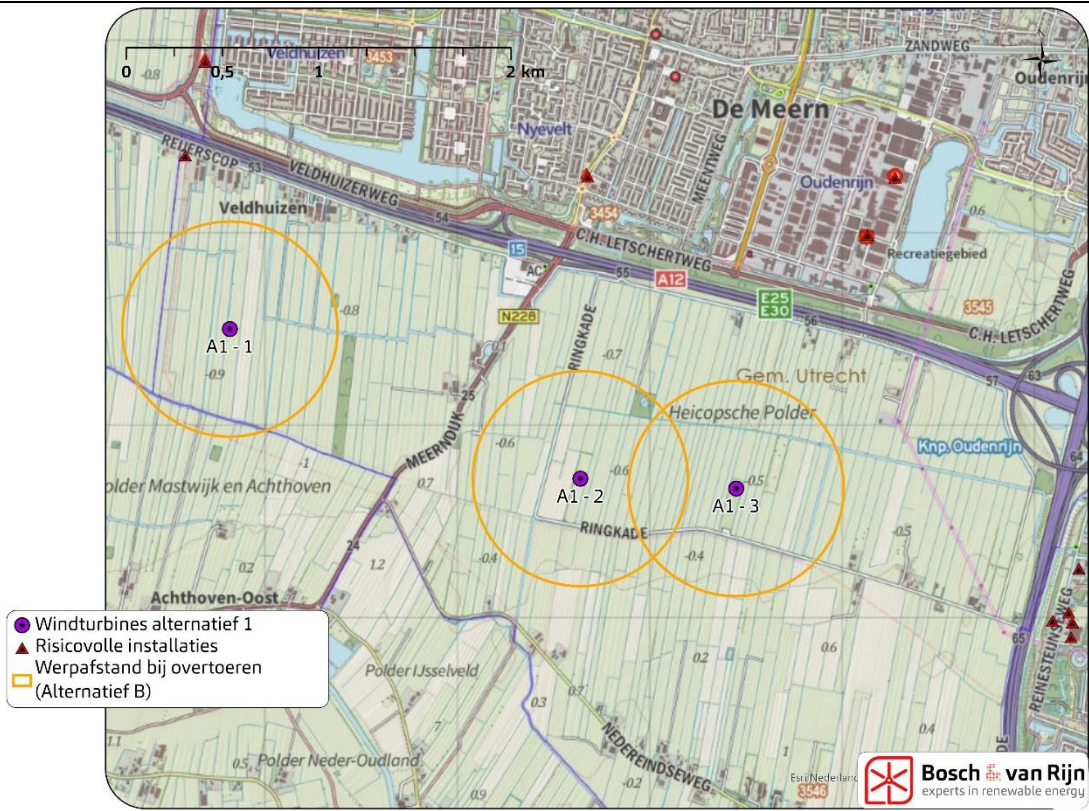
Figuur 12 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.2 *Alternatief 1B*

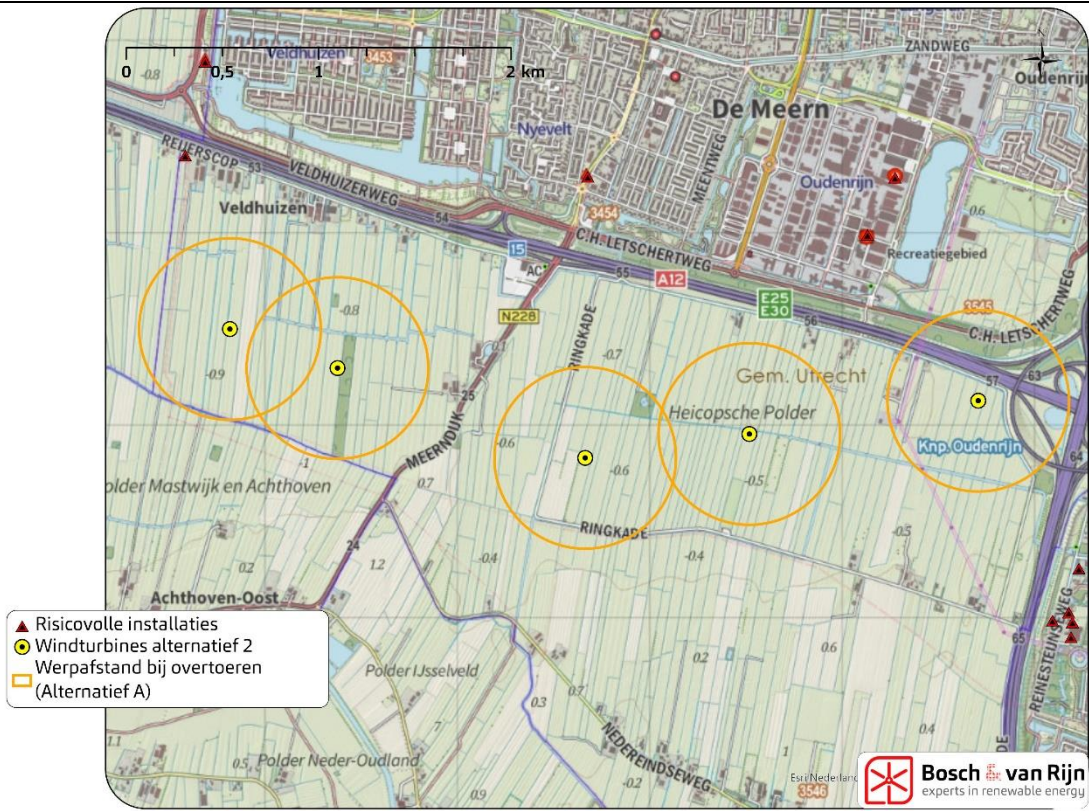
Figuur 13 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.3 *Alternatief 2A*

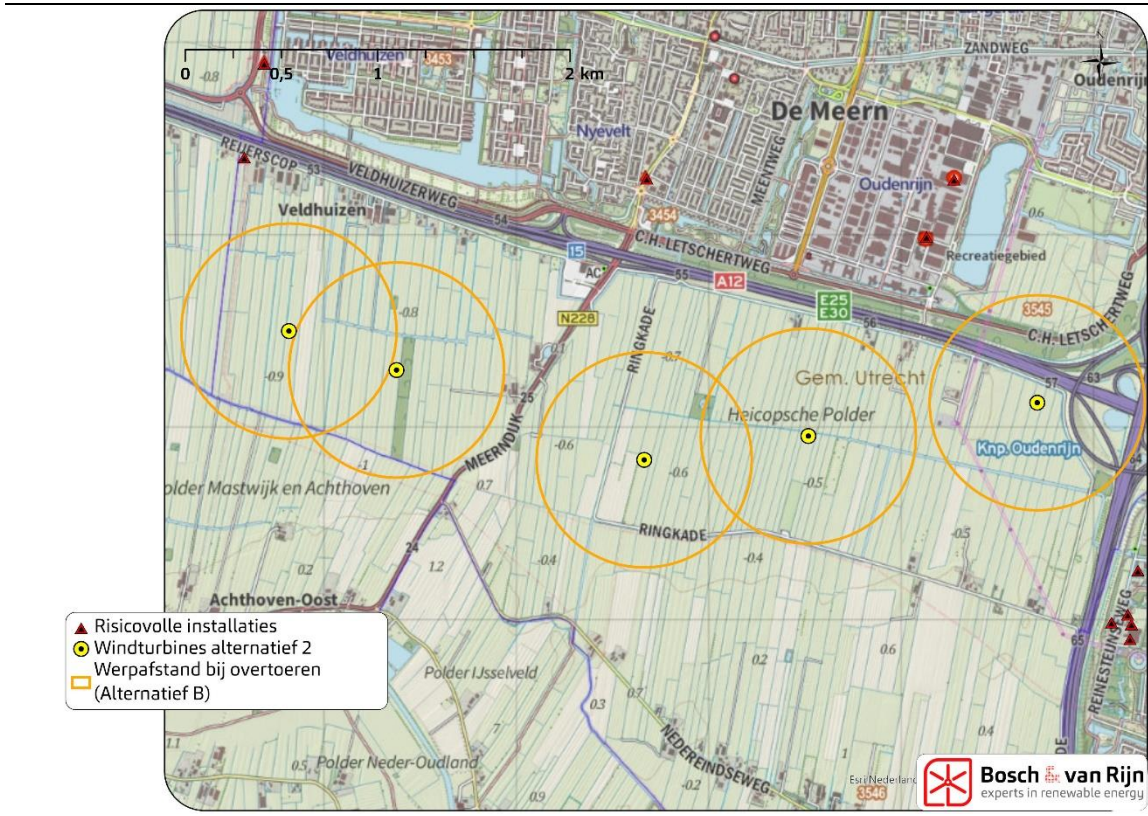
Figuur 14 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.4 *Alternatief 2B*

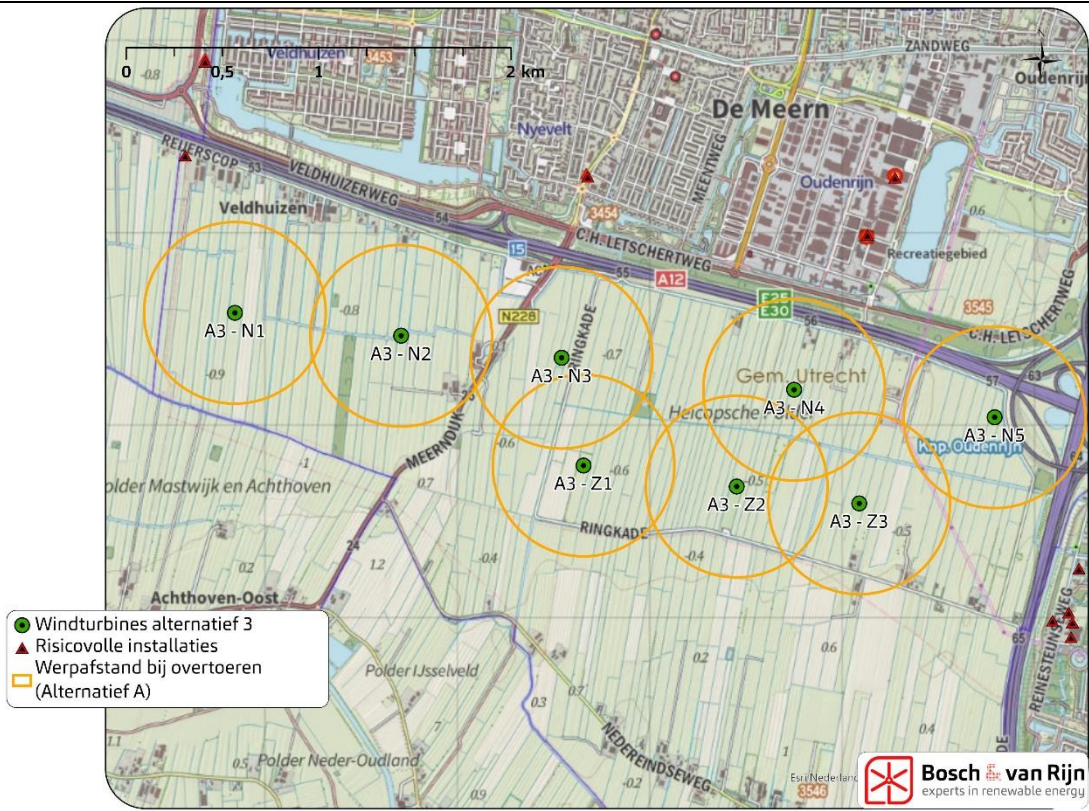
Figuur 15 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.5 *Alternatief 3A*

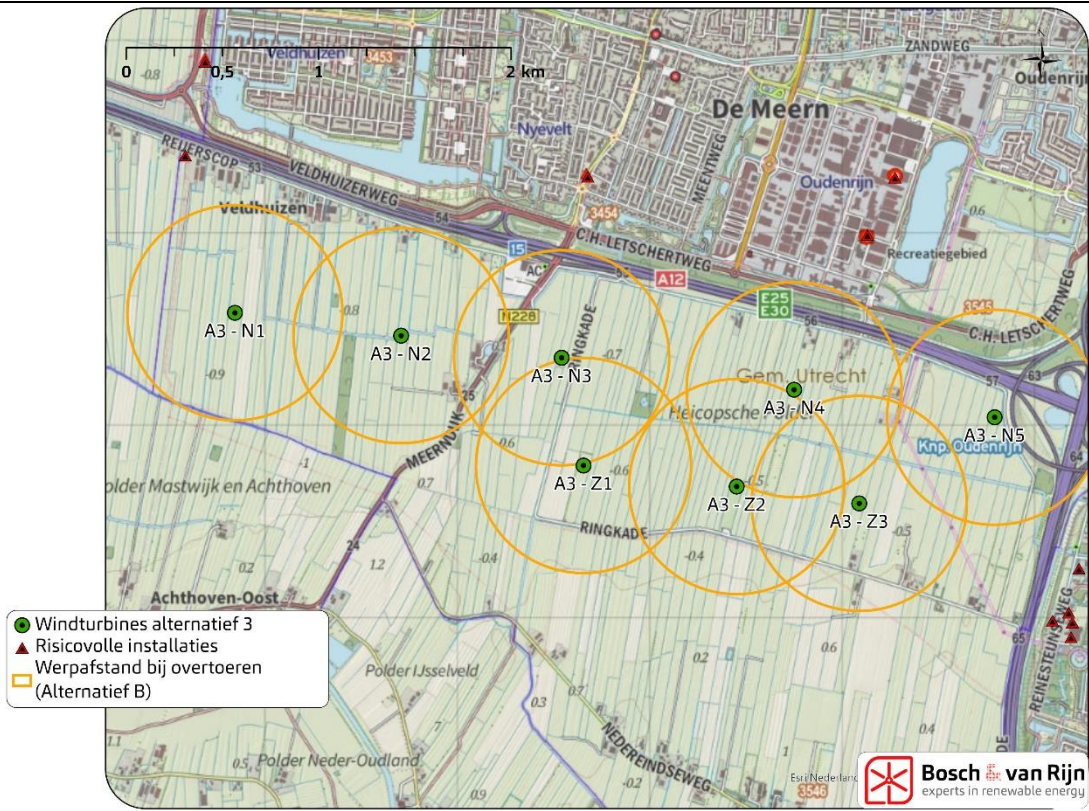
Figuur 16 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.6 *Alternatief 3B*

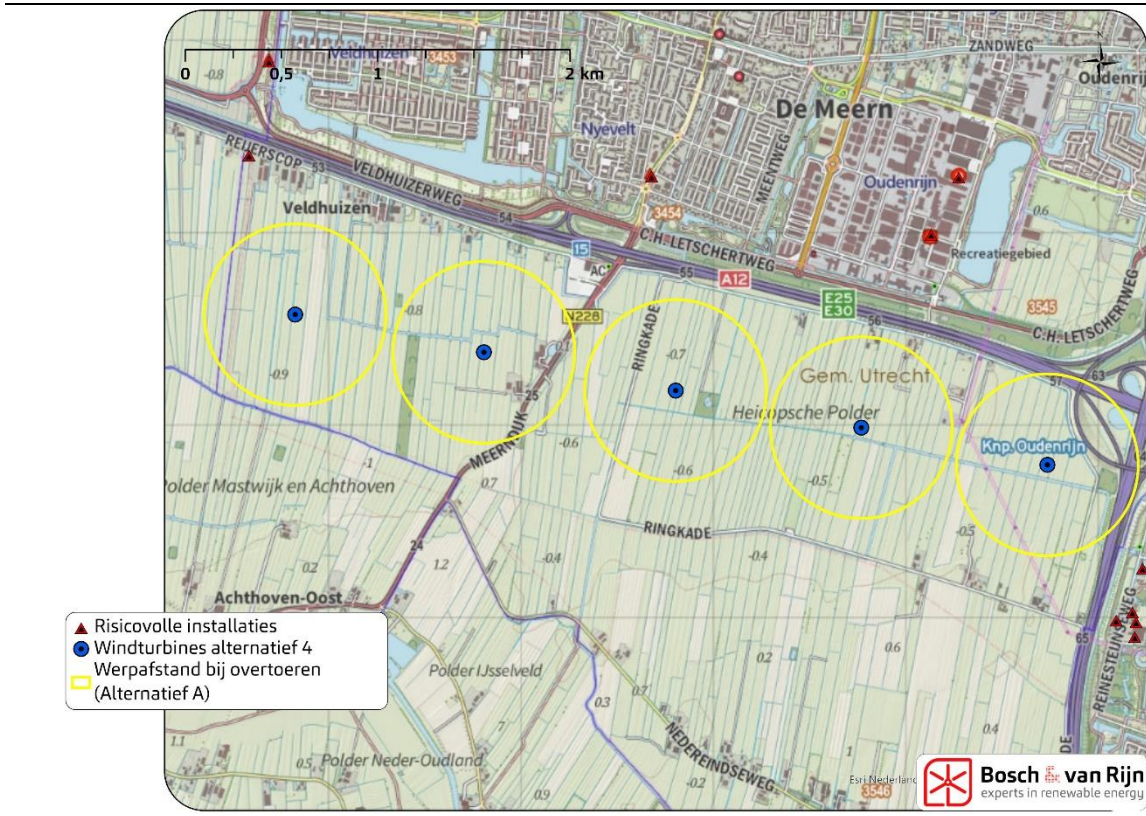
Figuur 17 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.7 Alternatief 4A

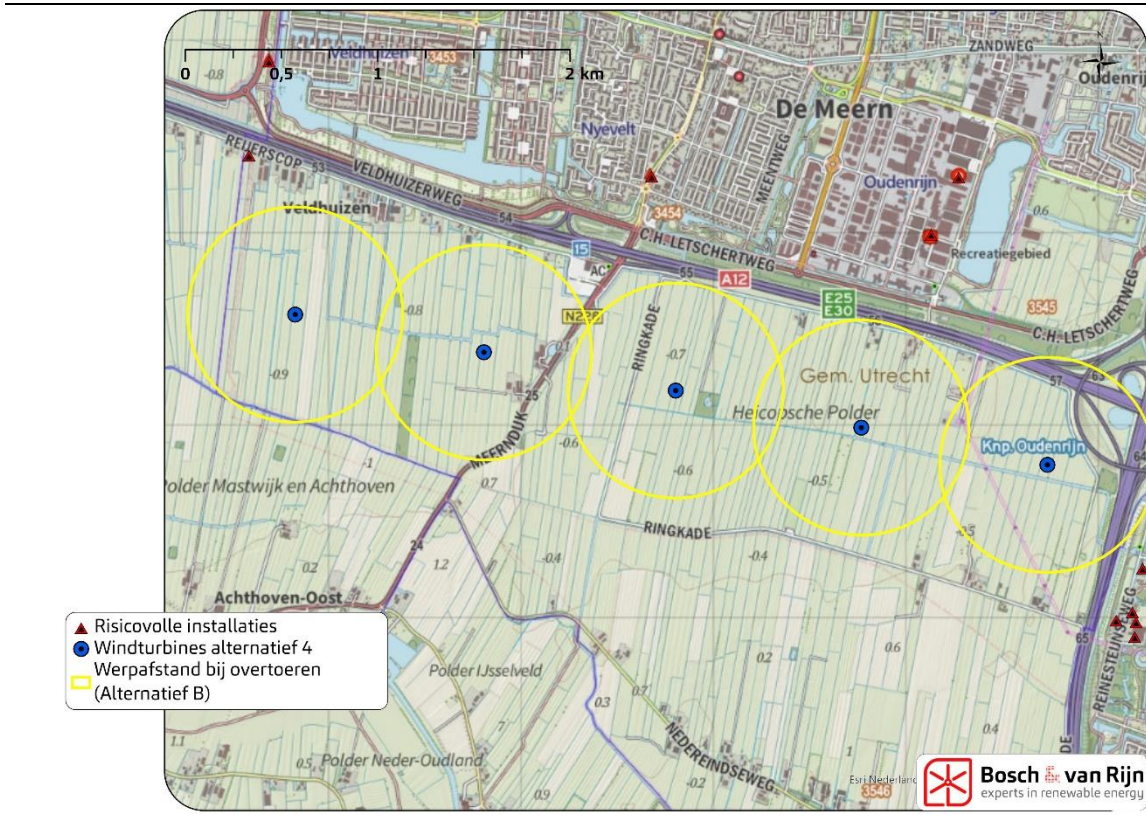
Figuur 18 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.8 *Alternatief 4B*

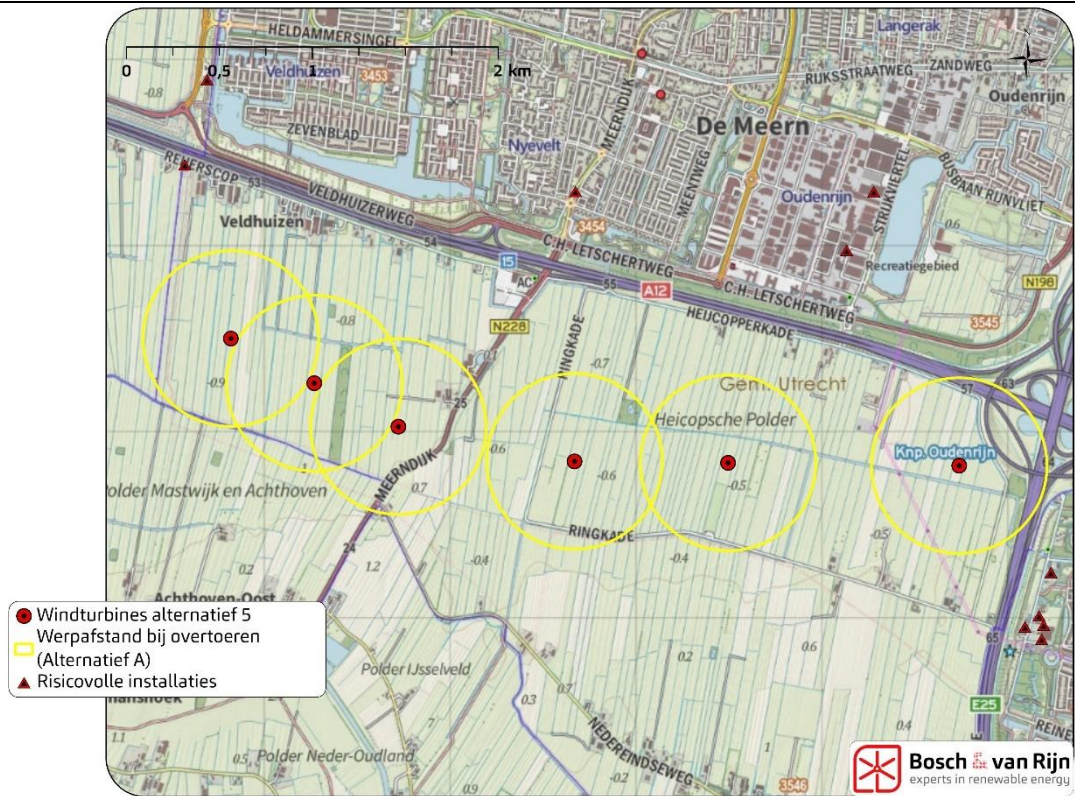
Figuur 19 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbines en risicovolle installaties.



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.9 *Alternatief 5A*

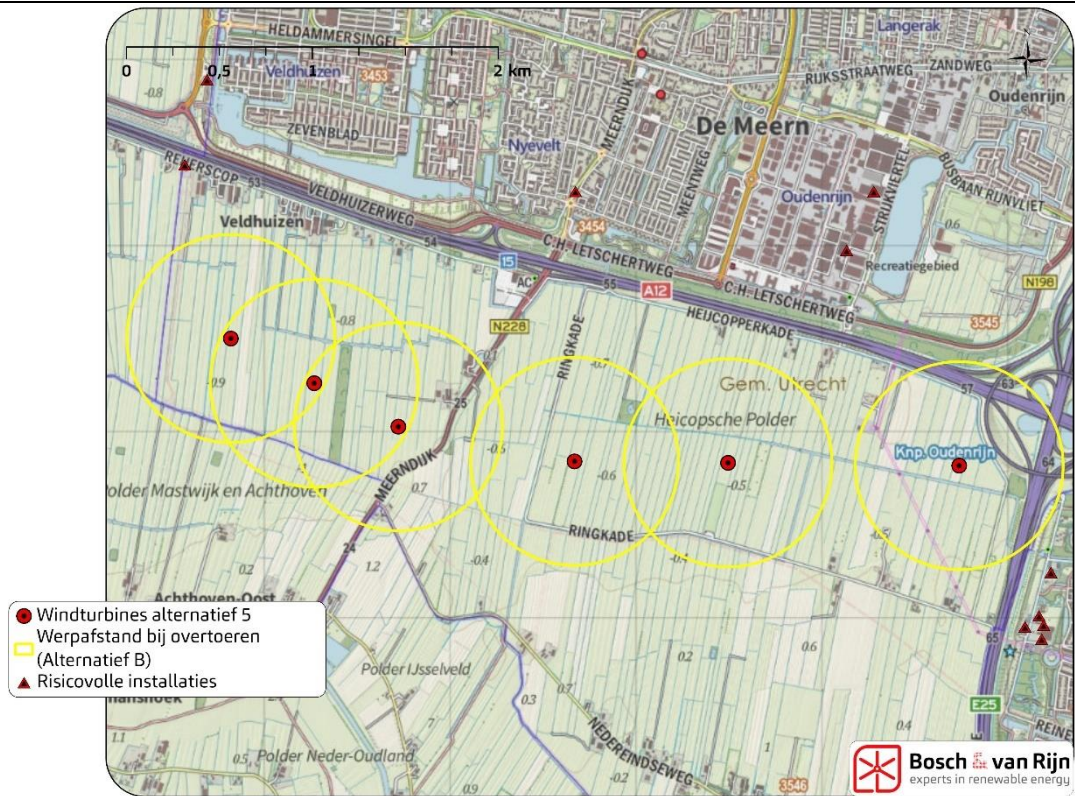
Figuur 20 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbine en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

4.2.10 *Alternatief 5B*

Figuur 21 Maximale werpafstand bij overtoeren van de windturbine en risicovolle installaties



Op basis van de ingetekende werpafstanden, luchtfoto's en risicokaart.nl zijn er geen risicovolle installaties aanwezig binnen de maximale werpafstanden.

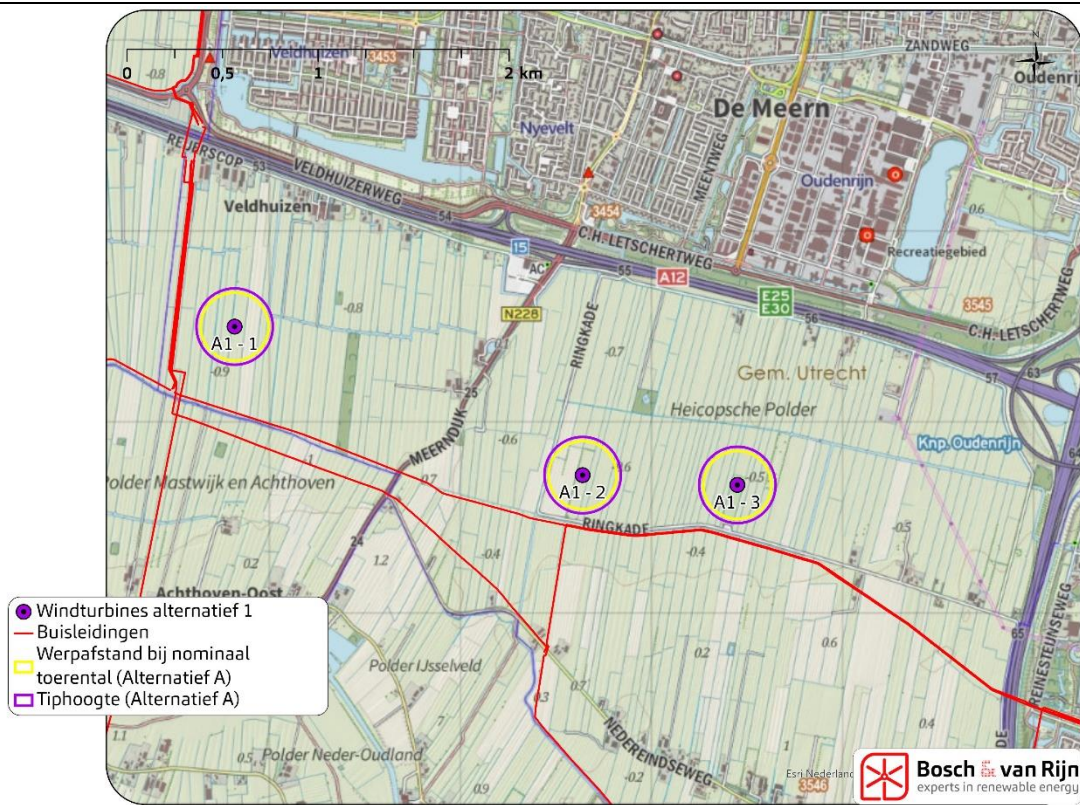
4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen in het plangebied is onderzocht of de alternatieven voldoen aan de adviesafstand van Gasunie.

4.3.1 Alternatief 1A

Voor Alternatief 1A geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

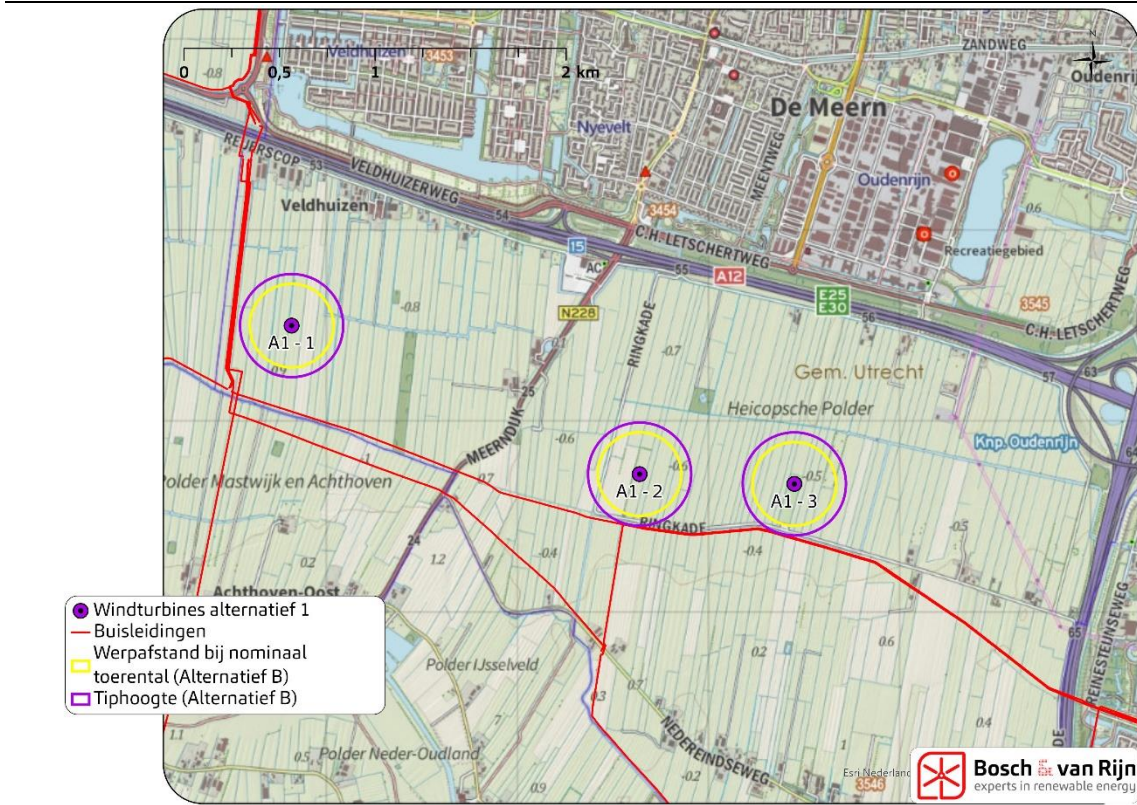
Figuur 22 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.2 Alternatief 1B

Voor Alternatief 1B geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

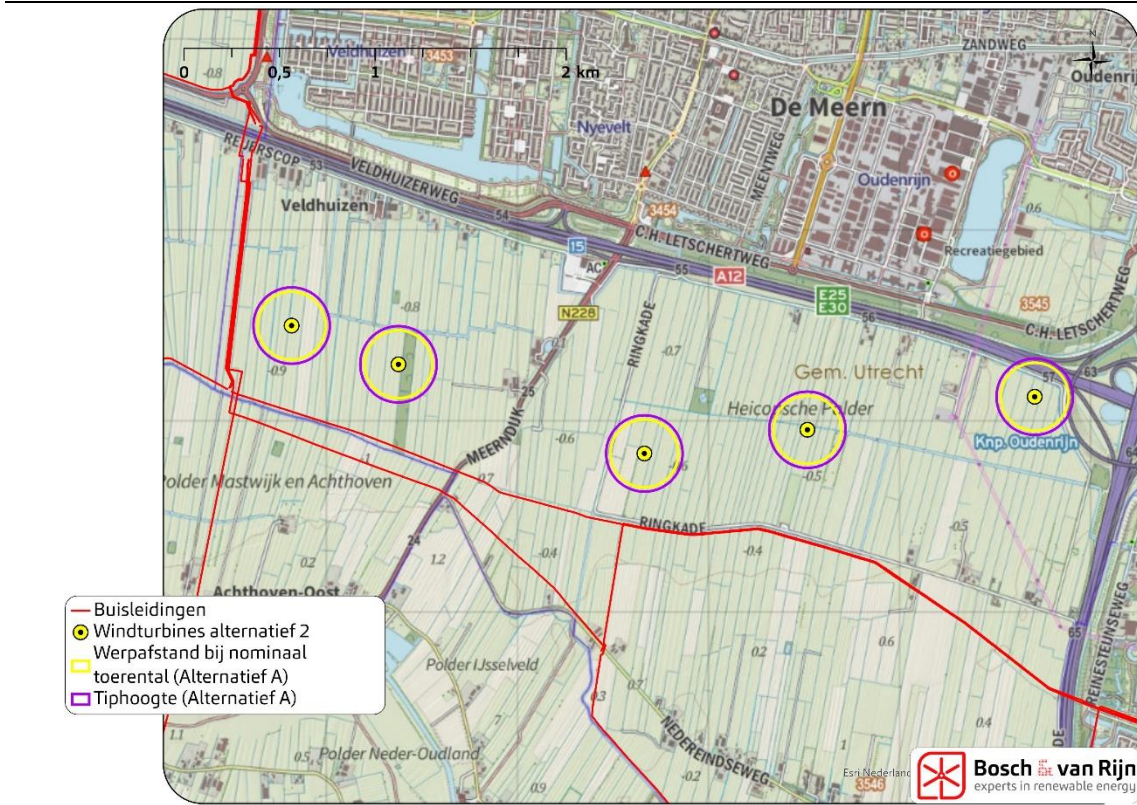
Figuur 23 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.3 Alternatief 2A

Voor Alternatief 2A geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

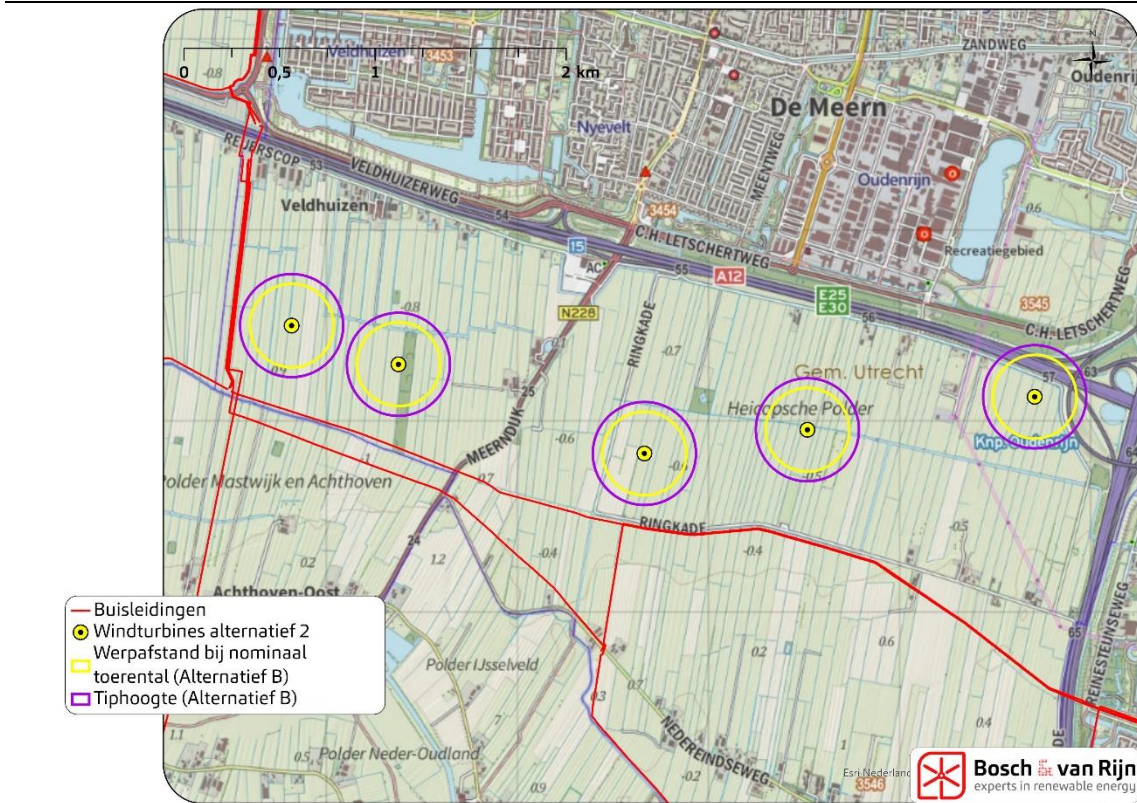
Figuur 24 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.4 Alternatief 2B

Voor Alternatief 2B geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

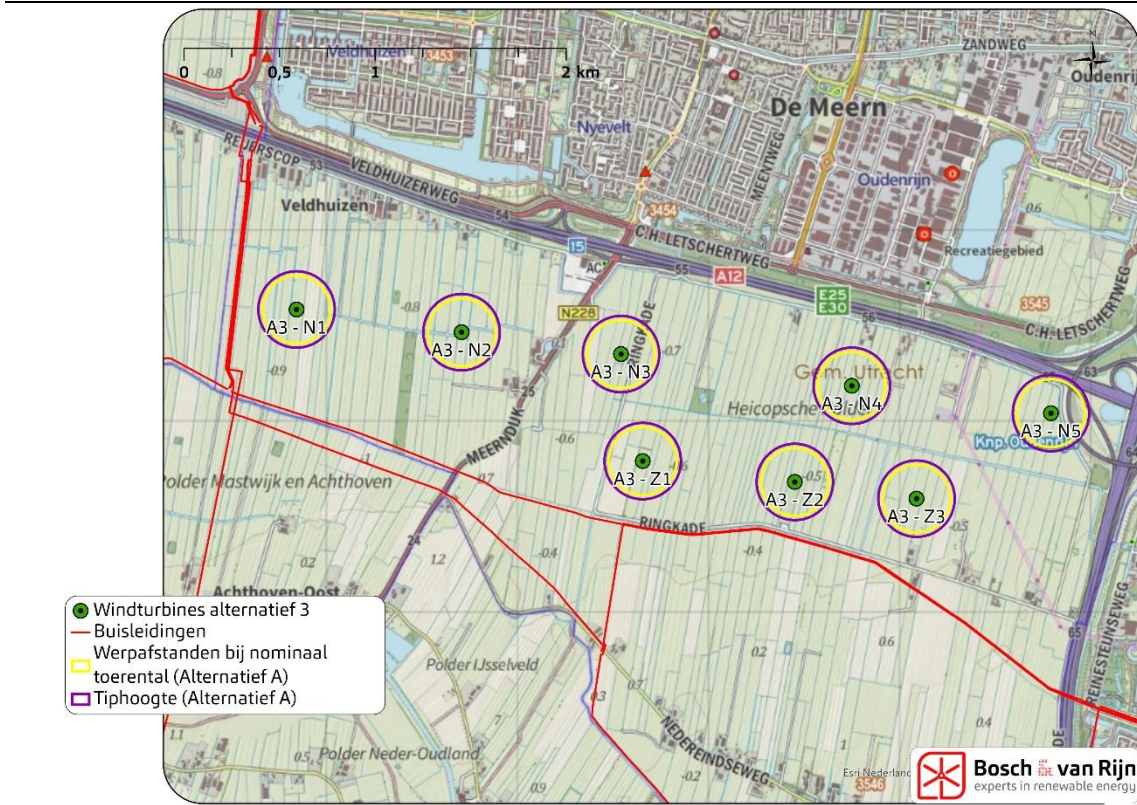
Figuur 25 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.5 Alternatief 3A

Voor Alternatief 3A geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

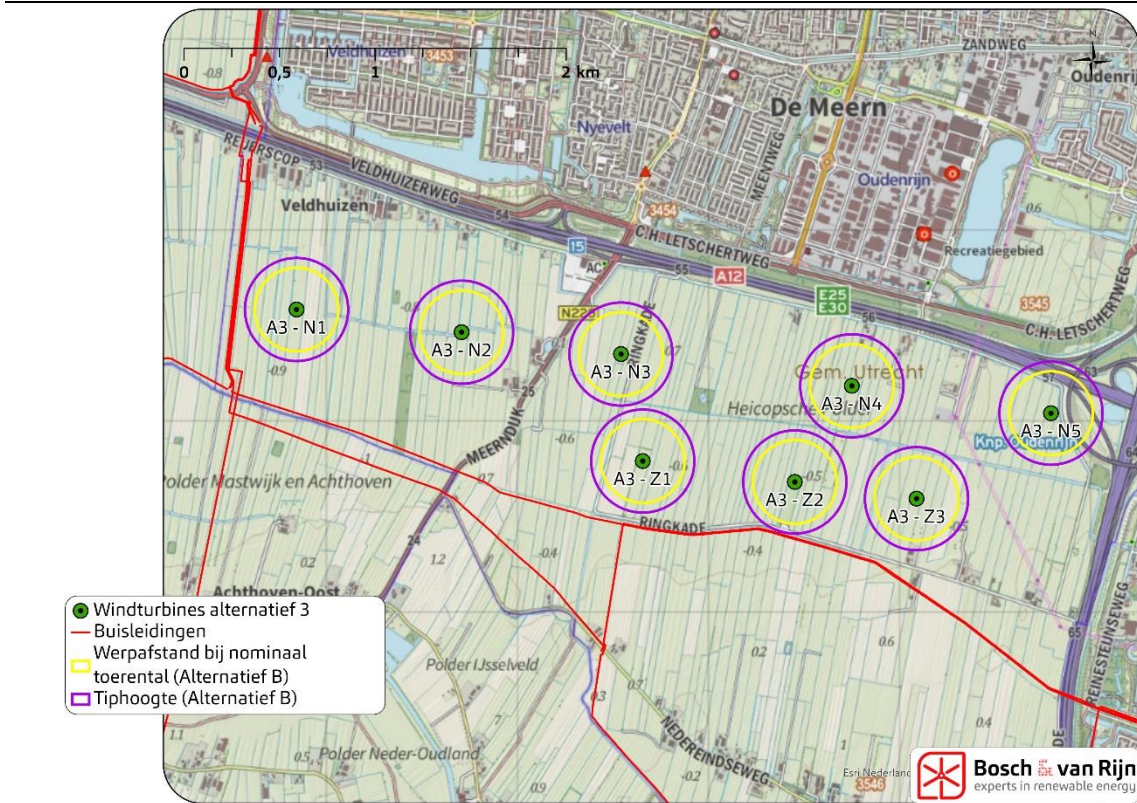
Figuur 26 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.6 Alternatief 3B

Voor Alternatief 3B geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

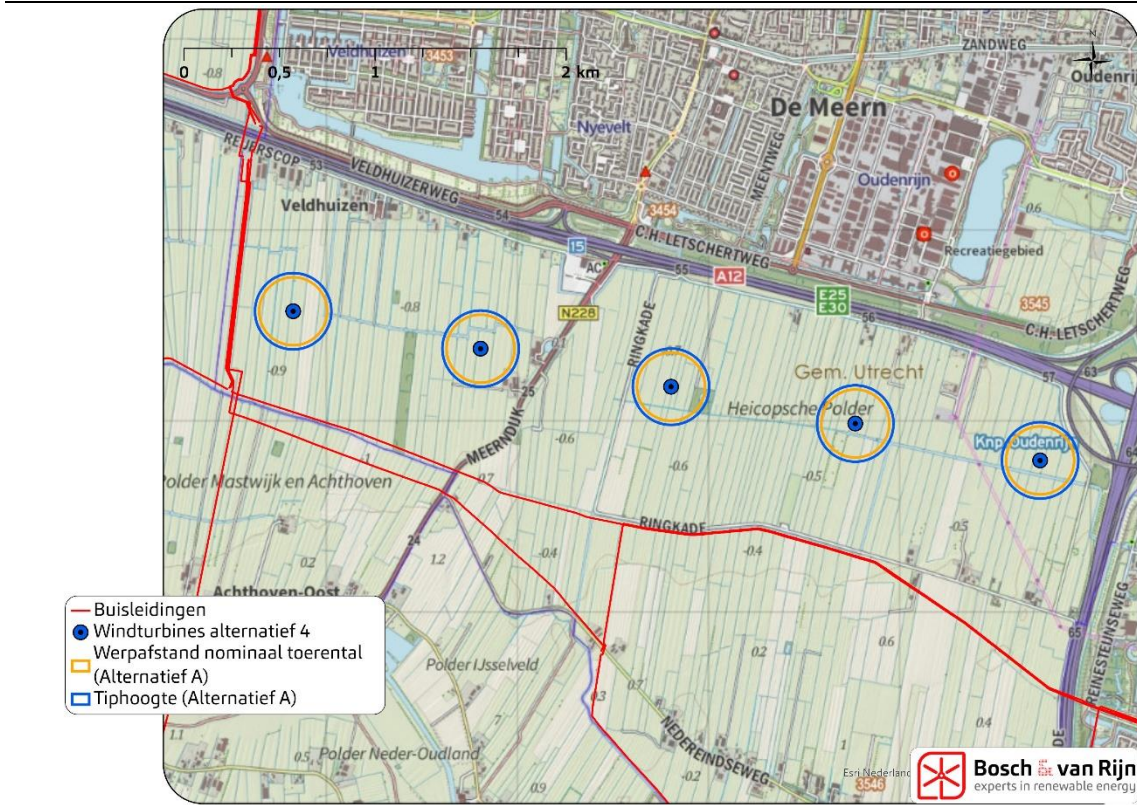
Figuur 27 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.7 Alternatief 4A

Voor Alternatief 4A geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

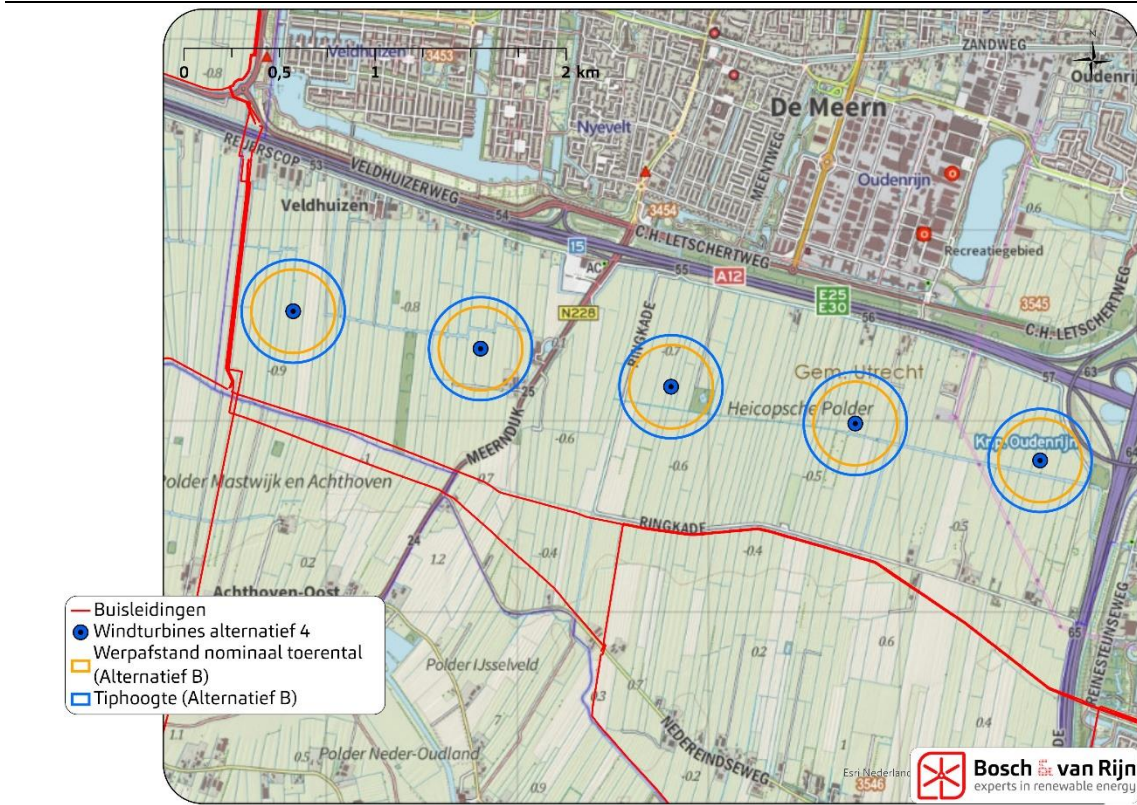
Figuur 28 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.8 Alternatief 4B

Voor Alternatief 4B geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 29 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.9 *Alternatief 5A*

Voor Alternatief 5A geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 30 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



4.3.10 *Alternatief 5B*

Voor Alternatief 5B geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 31 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie



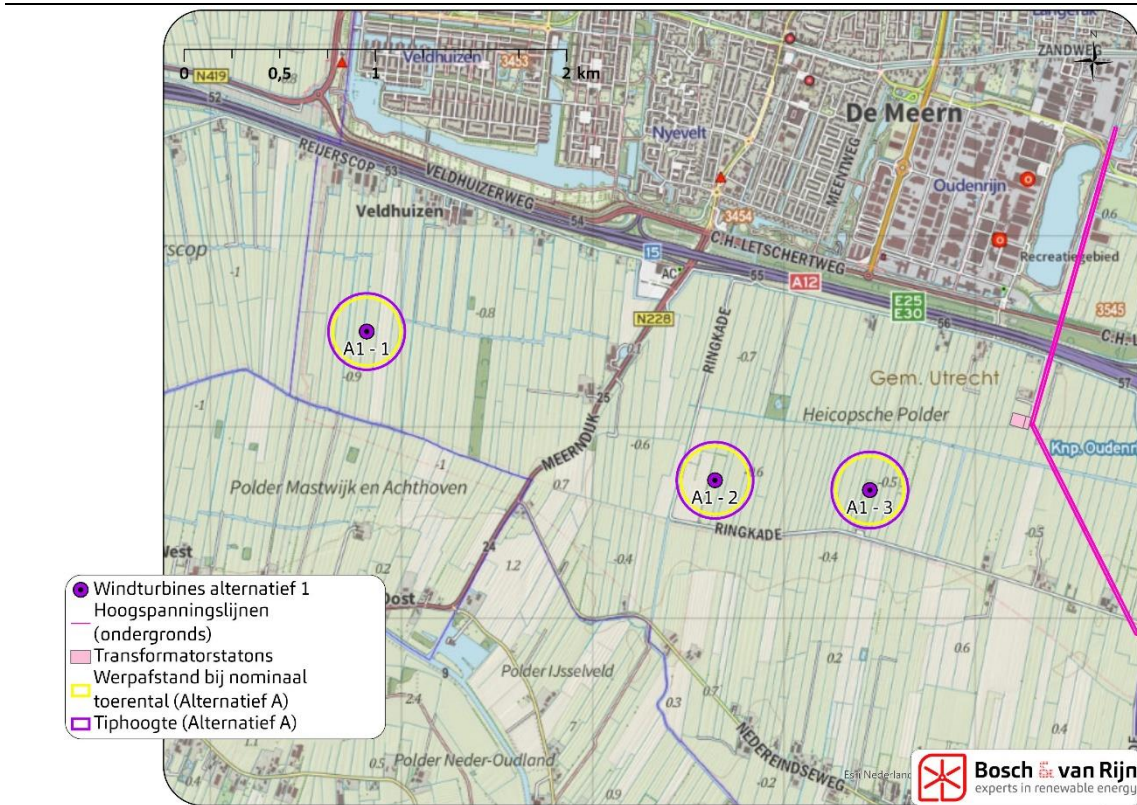
4.4 Hoogspanningsinfrastructuur

Voor het plangebied is nagegaan of 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 1A

Voor Alternatief 1A geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

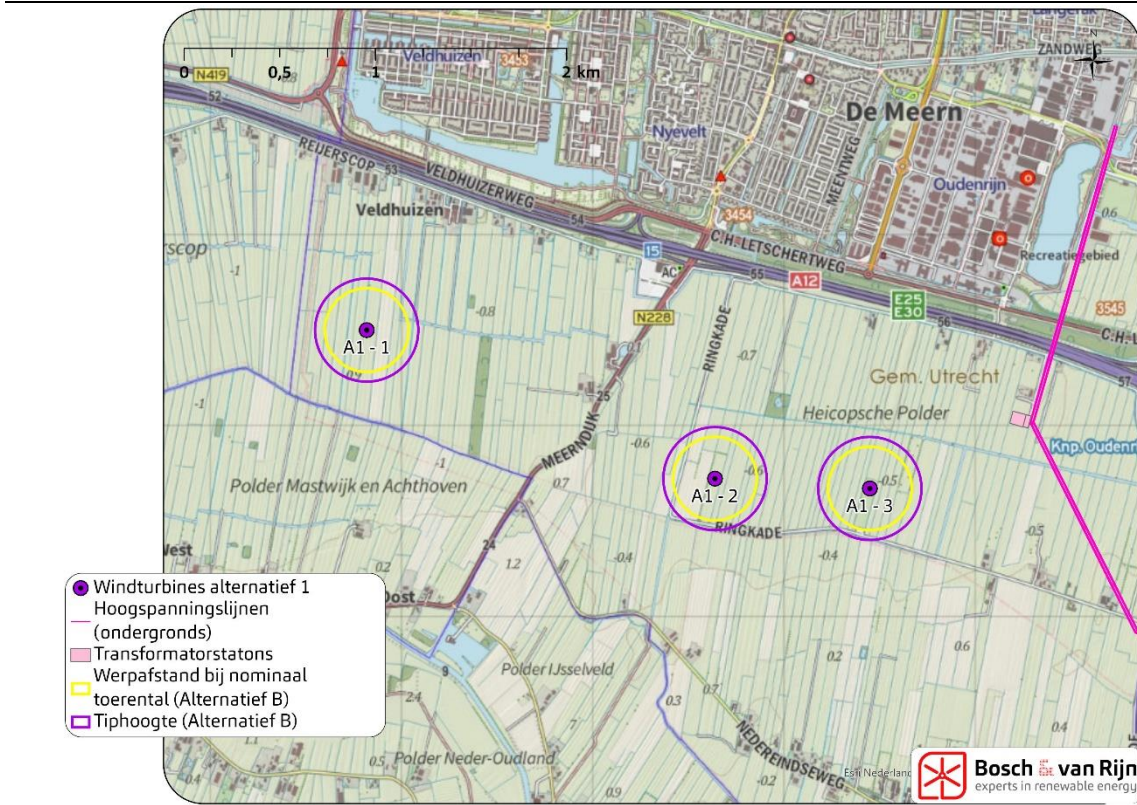
Figuur 32 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.2 Alternatief 1B

Voor Alternatief 1B geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

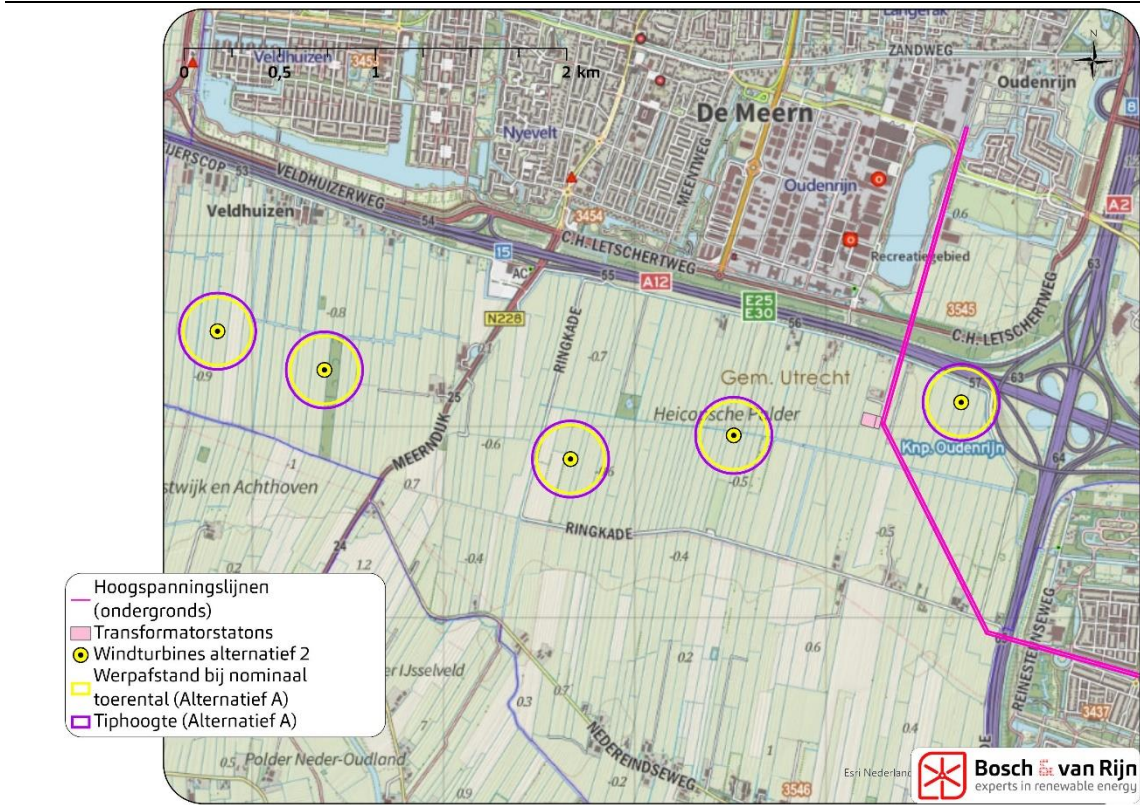
Figuur 33 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.3 Alternatief 2A

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

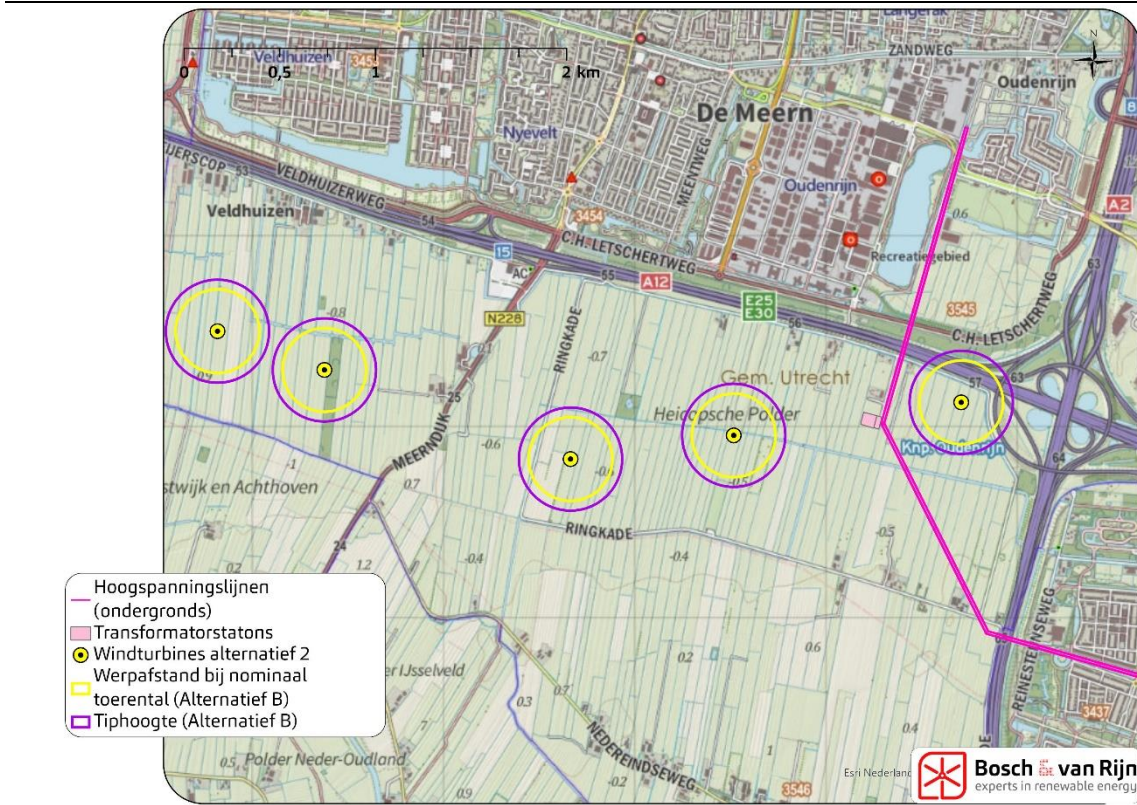
Figuur 34 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.4 Alternatief 2B

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

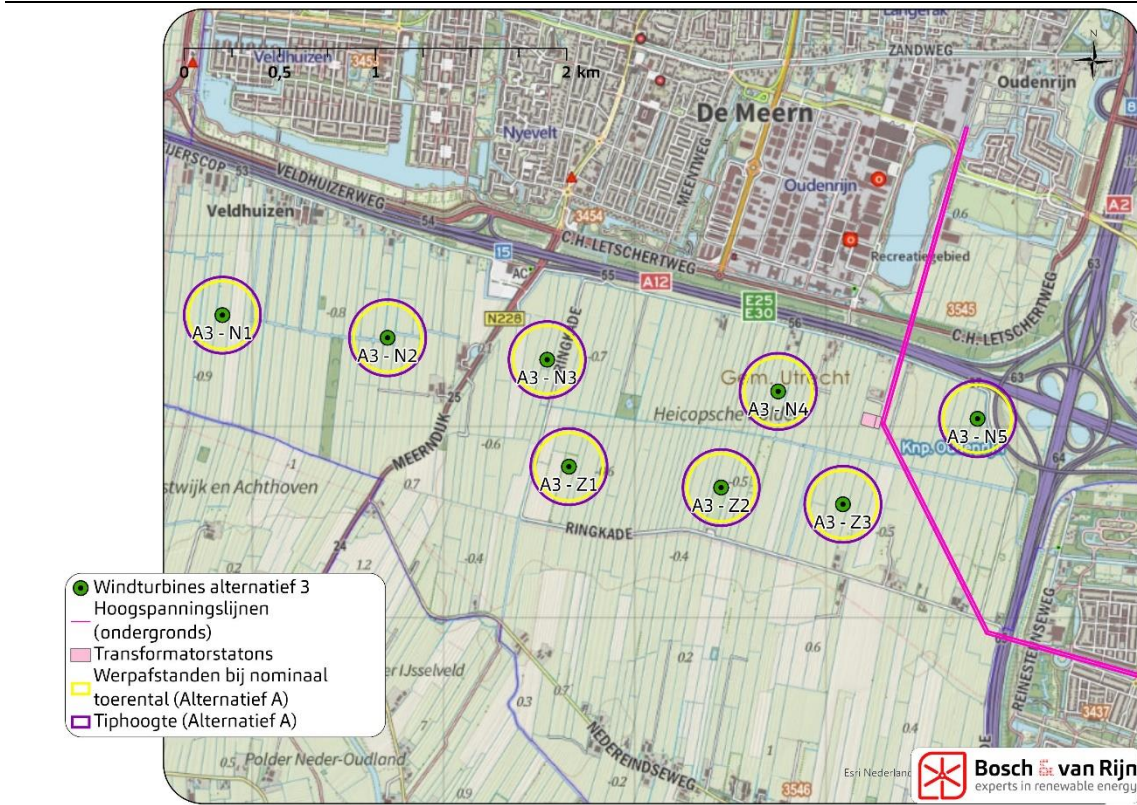
Figuur 35 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.5 *Alternatief 3A*

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

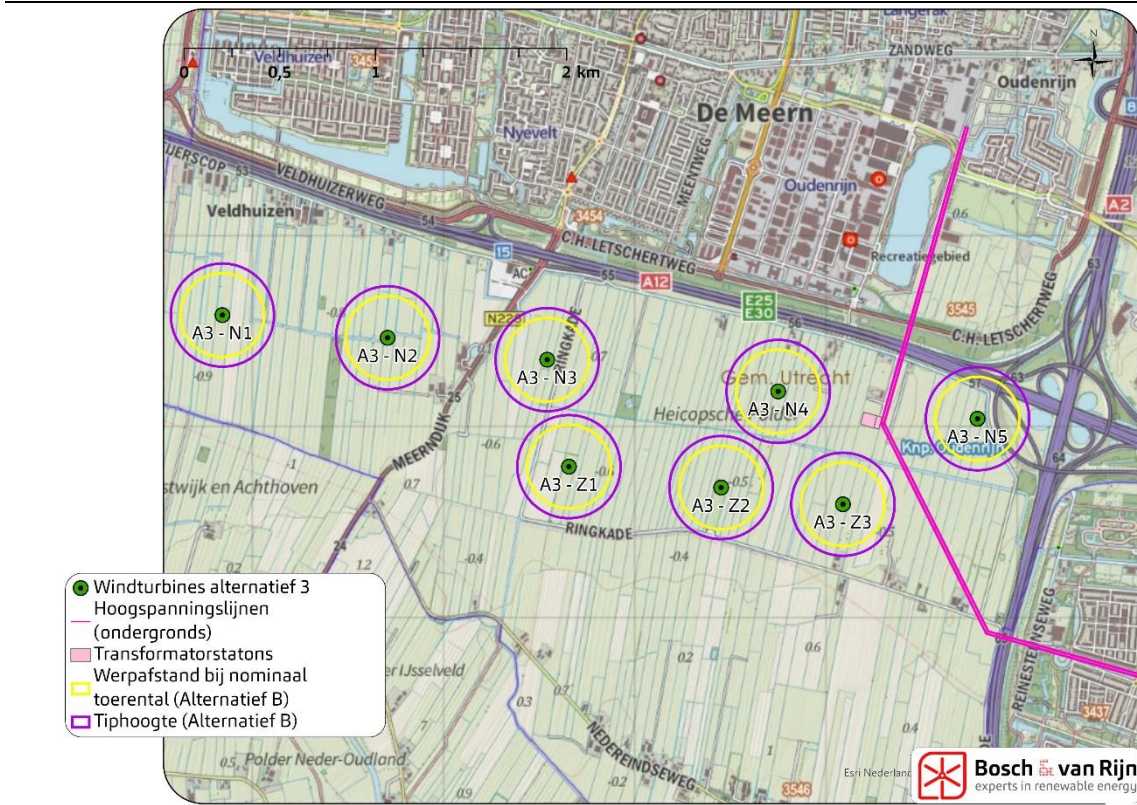
Figuur 36 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.6 *Alternatief 3B*

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

Figuur 37 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.7 Alternatief 4A

Voor Alternatief 4A geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

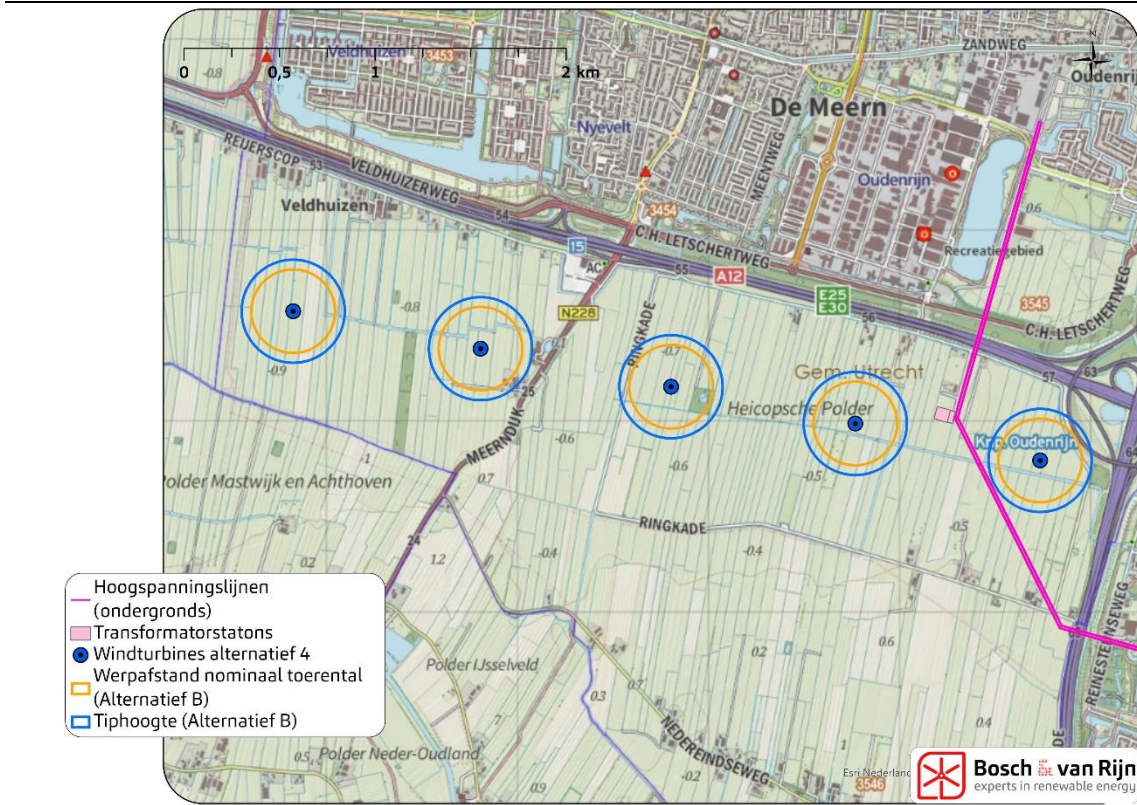
Figuur 38 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.8 *Alternatief 4B*

Voor Alternatief 4B geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

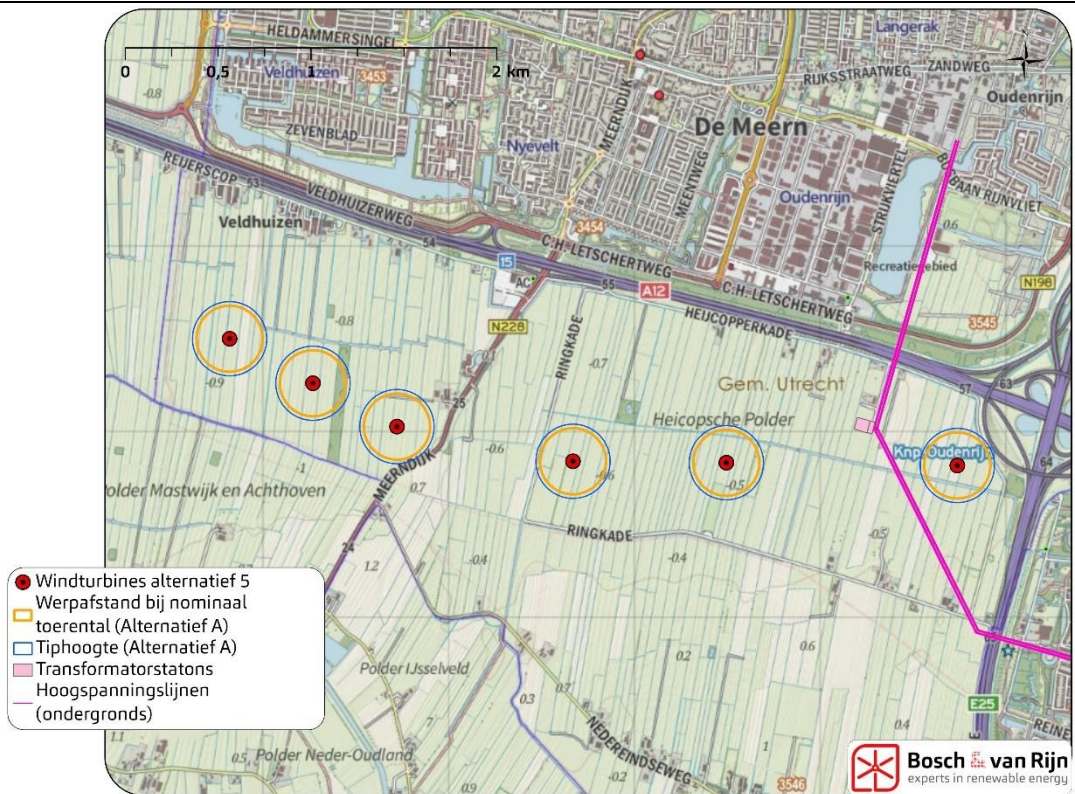
Figuur 39 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.9 *Alternatief 5A*

Voor Alternatief 5A geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

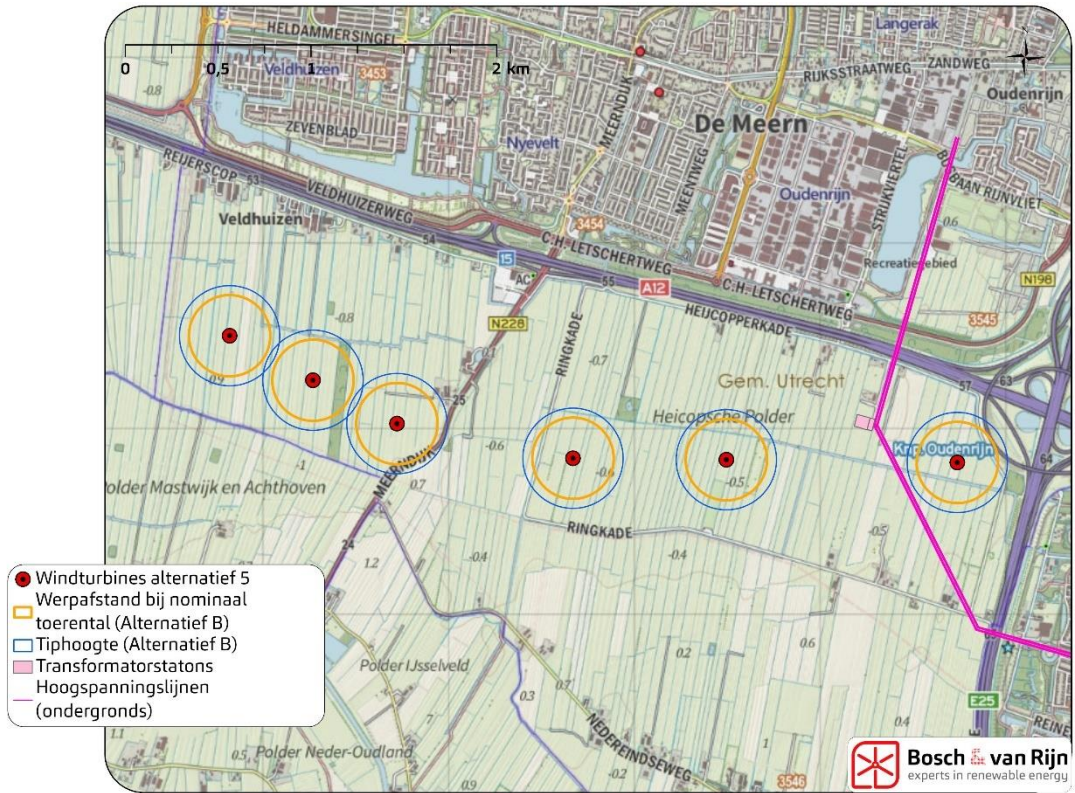
Figuur 40 Hoogspanningsinfrastructuur



4.4.10 *Alternatief 5B*

Voor Alternatief 5B geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de adviesafstanden van TenneT. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

Figuur 41 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 van Rijkswaterstaat voor rijkswegen. Wanneer niet wordt voldaan aan de beleidsregel wordt middels een trefkansberekening onderzocht of het toegevoegd risico aanvaardbaar is.

4.5.1 Alternatief 1A

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

Figuur 42 Wieklengthe en wegen in het plangebied - Alternatief 1A



4.5.2 *Alternatief 1B*

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

Figuur 43 Wieklengte en wegen in het plangebied - Alternatief 1B



4.5.3 Alternatief 2A

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

Figuur 44 Wieklangte en wegen in het plangebied - Alternatief 2A



4.5.4 *Alternatief 2B*

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

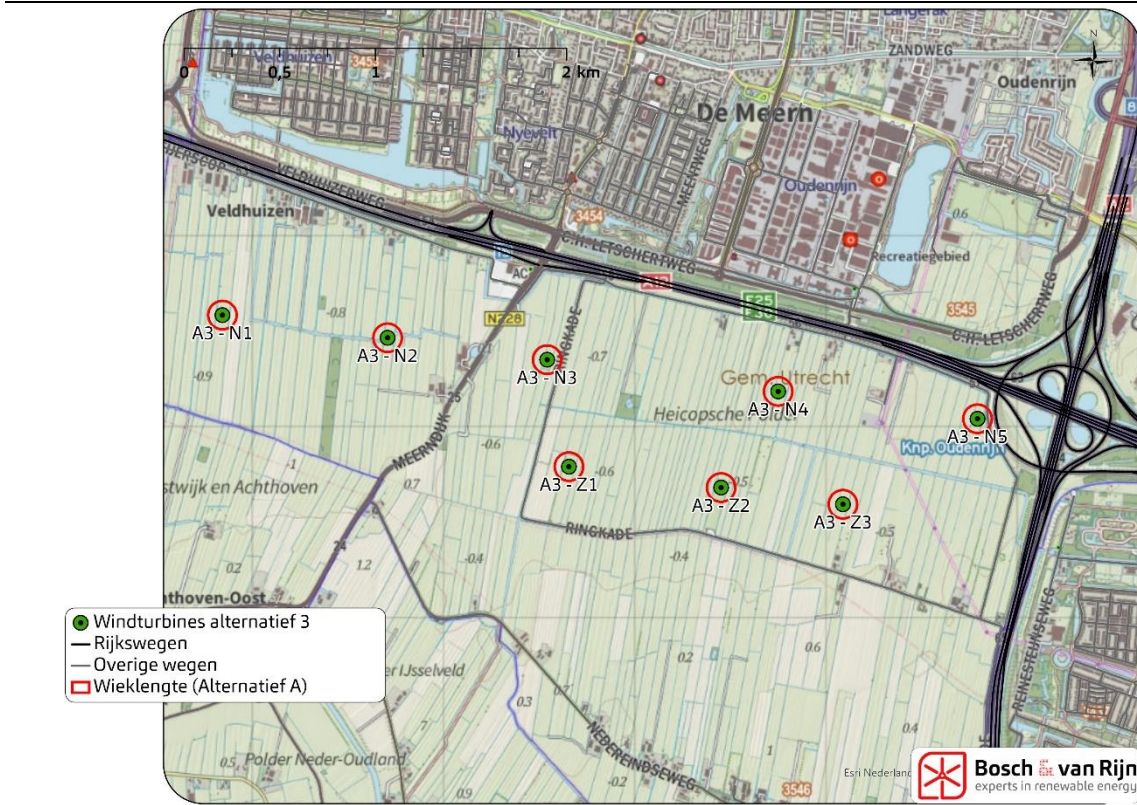
Figuur 45 Wieklangte en wegen in het plangebied - Alternatief 2B



4.5.5 Alternatief 3A

Uit onderstaande figuur blijkt dat er sprake is van overdraai bij twee turbines. Turbine A3-N3 draait over boven de Ringkade en turbine A3-N5 draait over boven de Heycopperkade. Omdat beide windturbines over de gemeentelijke weg zullen overdraaien is voor deze wegen de trefkans per passage berekend. In hoofdstuk 5 wordt de trefkans per passage vergeleken met het maximaal toelaatbaar individueel pas-santenrisico (IPR) en maatschappelijk risico (MR) om tot een beoordeling van de externe veiligheidseffecten te komen.

Figuur 46 Wieklenge en wegen in het plangebied - Alternatief 3A

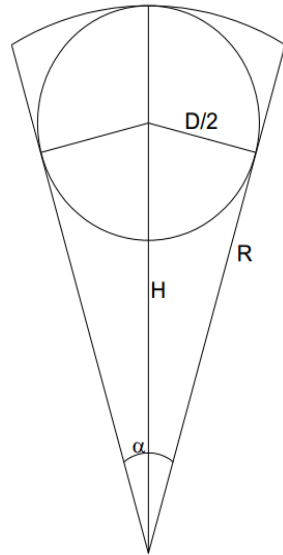


4.5.5.1 Trefkansberekening Ringkade

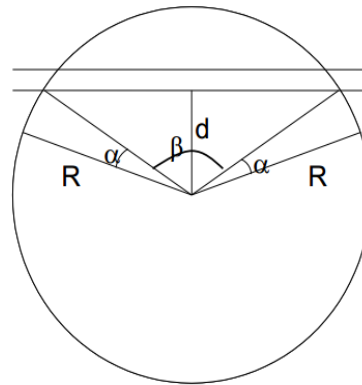
- **Rekenmethode mastbreuk**

De kans dat dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 47) in aanraking komt met de wegstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 48 (HRW, 2020).

Figuur 47 Windturbine als cirkelsegment



Figuur 48 Turbine in aanraking met weg



De kans dat de windturbine middels het faalscenario mastbreuk de weg zal treffen is dan:

Afstand windturbine A3-N3 tot weg	Valhoek (graden)	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
74,82 m	180	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,500 \cdot 10^{-5}$

• **Rekenmethode wiekbreuk**

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines kan de kans dat een persoon die permanent op dezelfde locatie aanwezig is wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek met de volgende formule worden berekend:

$$P = 1,5 \cdot A_c \text{ (Kritiek oppervlakte wiek)} \cdot p_{zwpt} \text{ (Trefkans zwaartepunt wiek)}$$

Hieruit volgt de kans de windturbine een persoon op de weg zal treffen middels het scenario wiekbreuk:

A_c	P_{zwpt}	P
273.69	$8,0037 \cdot 10^{-9}$	$3,2858 \cdot 10^{-6}$

• **Rekenmethode gondelafworp**

Voor het berekenen van de trefkans bij personen en objecten ten gevolge van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als bij 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.

- **Totale trefkans per passage**

De totale kans dat de weg door (onderdelen van) de windturbine wordt getroffen volgt uit de som van bovenstaande trefkansen:

Trefkans per passage	Waarde
Bij mastafbreuk	$6,5000 \cdot 10^{-5}$
Bij wiekafbreuk	$3,2858 \cdot 10^{-6}$
Bij gondelafworp	$4,0 \cdot 10^{-5}$
Totaal	$1,08 \cdot 10^{-4}$

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

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

waar v_o = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van het bepalen van de verblijfsfactor gaan we uit van een worstcase scenario, dat wil zeggen van een passant die een lage snelheid en dus een lange verblijfstijd heeft. Dit is een voetganger, met een gemiddelde snelheid van 5 km per uur (1,4 meter per seconde). De resulterende verblijfsfactor per passage is $6,79 \cdot 10^{-9}$.

Door de trefkans met de verblijfsfactor te vermenigvuldigen kan de trefkans per passage berekend worden:

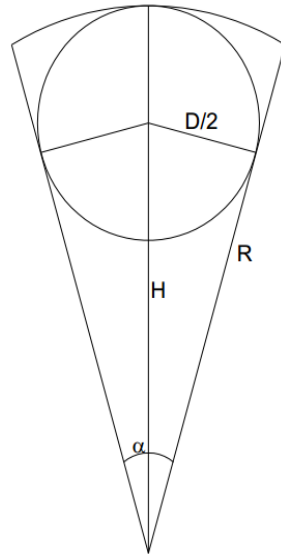
Trefkans weg	Verblijfsfactor passant	Trefkans per passage
$1,08 \cdot 10^{-4}$	$6,79 \cdot 10^{-9}$	$7,35 \cdot 10^{-13}$

4.5.5.2 Trefkansberekening Heijcopperkade

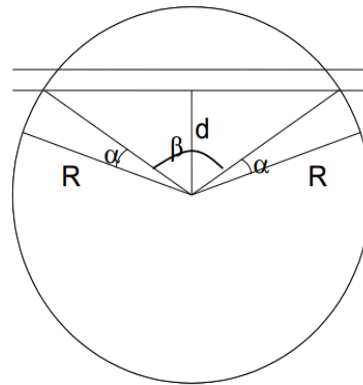
- **Rekenmethode mastbreuk**

De kans dat dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 47) in aanraking komt met de wegstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 48 (HRW, 2020).

Figuur 49 Windturbine als cirkelsegment



Figuur 50 Turbine in aanraking met weg



De kans dat de windturbine middels het faalscenario mastbreuk de weg zal treffen is dan:

Afstand windturbine A3-N5 tot weg	Valhoek (graden)	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
53,35 m	202	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7,2943 \cdot 10^{-5}$

• **Rekenmethode wiekbreuk**

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines kan de kans dat een persoon die permanent op dezelfde locatie aanwezig is wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek met de volgende formule worden berekend:

$$P = 1,5 \cdot A_c \text{ (Kritiek oppervlakte wiek)} \cdot p_{zwpt} \text{ (Trefkans zwaartepunt wiek)}$$

Hieruit volgt de kans de windturbine een persoon op de weg zal treffen middels het scenario wiekbreuk:

A_c	P_{zwpt}	P
273,69	$1,1645 \cdot 10^{-8}$	$3,51574 \cdot 10^{-6}$

• **Rekenmethode gondelafworp**

Voor het berekenen van de trefkans bij personen en objecten ten gevolge van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als bij 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.

- **Totale trefkans per passage**

De totale kans dat de weg door (onderdelen van) de windturbine wordt getroffen volgt uit de som van bovenstaande trefkansen:

Trefkans per passage	Waarde
Bij mastafbreuk	7.2943*10 ⁻⁵
Bij wiekafbreuk	3,51574*10 ⁻⁶
Bij gondelafworp	4,0*10 ⁻⁵
Totaal	1.16*10⁻⁴

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

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

waar v_o = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van het bepalen van de verblijfsfactor gaan we uit van een worstcase scenario, dat wil zeggen van een passant die een lage snelheid en dus een lange verblijfstijd heeft. Dit is een voetganger, met een gemiddelde snelheid van 5 km per uur (1,4 meter per seconde). De resulterende verblijfsfactor per passage is 6,79*10⁻⁹.

Door de trefkans met de verblijfsfactor te vermenigvuldigen kan de trefkans per passage berekend worden:

Trefkans weg	Verblijfsfactor passant	Trefkans per passage
1,16*10 ⁻⁴	6,79*10 ⁻⁹	7,91*10 ⁻¹³

4.5.6 Alternatief 3B

Uit onderstaande figuur blijkt dat er sprake is van overdraai bij twee turbines. Turbine A3-N3 draait over boven de Ringkade en turbine A3-N5 draait over boven de Heijcopperkade. Omdat beide windturbines over de gemeentelijke weg zullen overdraaien is voor deze wegen de trefkans per passage berekend. In hoofdstuk 5 wordt de trefkans per passage vergeleken met het maximaal toelaatbaar individueel passantennisico (IPR) en maatschappelijk risico (MR) om tot een beoordeling van de externe veiligheidseffecten te komen.

Figuur 51 Wieklenge en wegen in het plangebied - Alternatief 3B

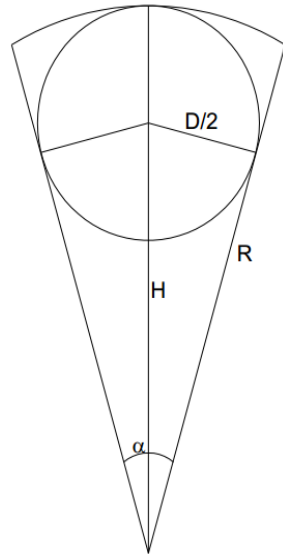


4.5.6.1 Trefkansberekening Ringkade

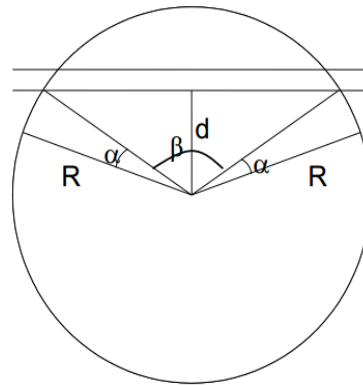
- **Rekenmethode mastbreuk**

De kans dat dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 47) in aanraking komt met de wegstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 48 (HRW, 2020).

Figuur 52 Windturbine als cirkelsegment



Figuur 53 Turbine in aanraking met weg



De kans dat de windturbine middels het faalscenario mastbreuk de weg zal treffen is dan:

Afstand windturbine A3-N3 tot weg	Valhoek (graden)	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
74,82 m	189	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,825 \cdot 10^{-5}$

• **Rekenmethode wiekbreuk**

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines kan de kans dat een persoon die permanent op dezelfde locatie aanwezig is wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek met de volgende formule worden berekend:

$$P = 1,5 \cdot A_c \text{ (Kritiek oppervlakte wiek)} \cdot p_{zwpt} \text{ (Trefkans zwaartepunt wiek)}$$

Hieruit volgt de kans de windturbine een persoon op de weg zal treffen middels het scenario wiekbreuk:

A_c	P_{zwpt}	P
385.33	$6,4537 \cdot 10^{-9}$	$3,7302 \cdot 10^{-6}$

• **Rekenmethode gondelafworp**

Voor het berekenen van de trefkans bij personen en objecten ten gevolge van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als bij 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.

- **Totale trefkans per passage**

De totale kans dat de weg door (onderdelen van) de windturbine wordt getroffen volgt uit de som van bovenstaande trefkansen:

Trefkans per passage	Waarde
Bij mastafbreuk	6,825*10 ⁻⁵
Bij wiekafbreuk	3,7302*10 ⁻⁶
Bij gondelafworp	4,0*10 ⁻⁵
Totaal	1.12*10⁻⁴

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

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

waar v_o = snelheid van de passant (m/s)

Ten behoeve van het bepalen van de verblijfsfactor gaan we uit van een worstcase scenario, dat wil zeggen van een passant die een lage snelheid en dus een lange verblijfstijd heeft. Dit is een voetganger, met een gemiddelde snelheid van 5 km per uur (1,4 meter per seconde). De resulterende verblijfsfactor per passage is 6,79*10⁻⁹.

Door de trefkans met de verblijfsfactor te vermenigvuldigen kan de trefkans per passage berekend worden:

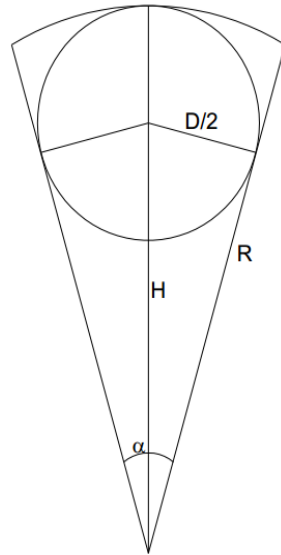
Trefkans weg	Verblijfsfactor passant	Trefkans per passage
1,12*10 ⁻⁴	6,79*10 ⁻⁹	7.60*10 ⁻¹³

4.5.6.2 Trefkansberekening Heijcopperkade

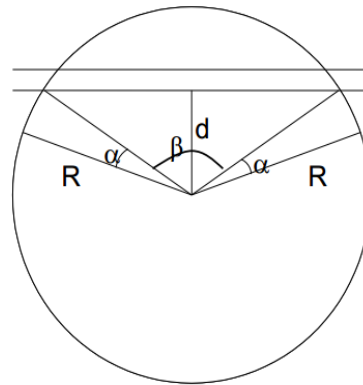
- **Rekenmethode mastbreuk**

De kans dat dat de weg wordt getroffen door een onderdeel van een omvallende windturbine wordt gelijk verondersteld aan de kans dat een gedeelte van een onderstaand cirkelsegment (Figuur 47) in aanraking komt met de wegstrook, hetgeen is geïllustreerd in Figuur 48 (HRW, 2020).

Figuur 54 Windturbine als cirkelsegment



Figuur 55 Turbine in aanraking met weg



De kans dat de windturbine middels het faalscenario mastbreuk de weg zal treffen is dan:

Afstand windturbine A3-N5 tot weg	Valhoek (graden)	Mastbreuk frequentie (per jaar)	Trefkans weg
53,35 m	219	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$7.904 \cdot 10^{-5}$

- Rekenmethode wiekbreuk**

Conform het Handboek Risicozonering Windturbines kan de kans dat een persoon die permanent op dezelfde locatie aanwezig is wordt geraakt als gevolg van een afgebroken wiek met de volgende formule worden berekend:

$$P = 1,5 \cdot A_c \text{ (Kritiek oppervlakte wiek)} \cdot p_{zwpt} \text{ (Trefkans zwaartepunt wiek)}$$

Hieruit volgt de kans de windturbine een persoon op de weg zal treffen middels het scenario wiekbreuk:

A_c	P_{zwpt}	P
385.33	$9,3716 \cdot 10^{-8}$	$5.4167 \cdot 10^{-6}$

- Rekenmethode gondelafworp**

Voor het berekenen van de trefkans bij personen en objecten ten gevolge van het afvallen van een gondel met rotor of alleen een rotor kan dezelfde aanpak worden gevolgd als bij 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.

- **Totale trefkans per passage**

De totale kans dat de weg door (onderdelen van) de windturbine wordt getroffen volgt uit de som van bovenstaande trefkansen:

Trefkans per passage	Waarde
Bij mastafbreuk	7.904*10 ⁻⁵
Bij wiekafbreuk	5.4167*10 ⁻⁶
Bij gondelafworp	4,0*10 ⁻⁵
Totaal	1.24*10⁻⁴

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

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

waar v_o = *snelheid van de passant* (m/s)

Ten behoeve van het bepalen van de verblijfsfactor gaan we uit van een worstcase scenario, dat wil zeggen van een passant die een lage snelheid en dus een lange verblijfstijd heeft. Dit is een voetganger, met een gemiddelde snelheid van 5 km per uur (1,4 meter per seconde). De resulterende verblijfsfactor per passage is 6,79*10⁻⁹.

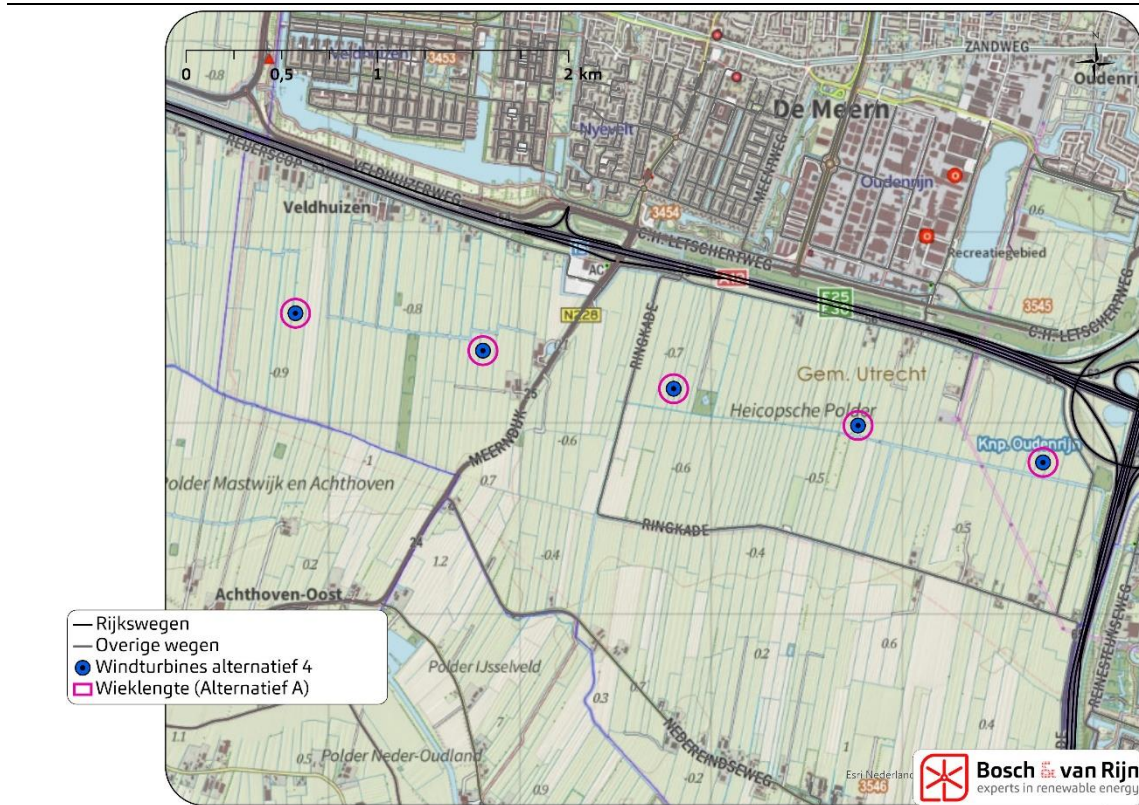
Door de trefkans met de verblijfsfactor te vermenigvuldigen kan de trefkans per passage berekend worden:

Trefkans weg	Verblijfsfactor passant	Trefkans per passage
1,24*10 ⁻⁴	6,79*10 ⁻⁹	8.45*10 ⁻¹³

4.5.7 Alternatief 4A

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

Figuur 56 Wieklengthe en wegen in het plangebied - Alternatief 4A



4.5.8 *Alternatief 4B*

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

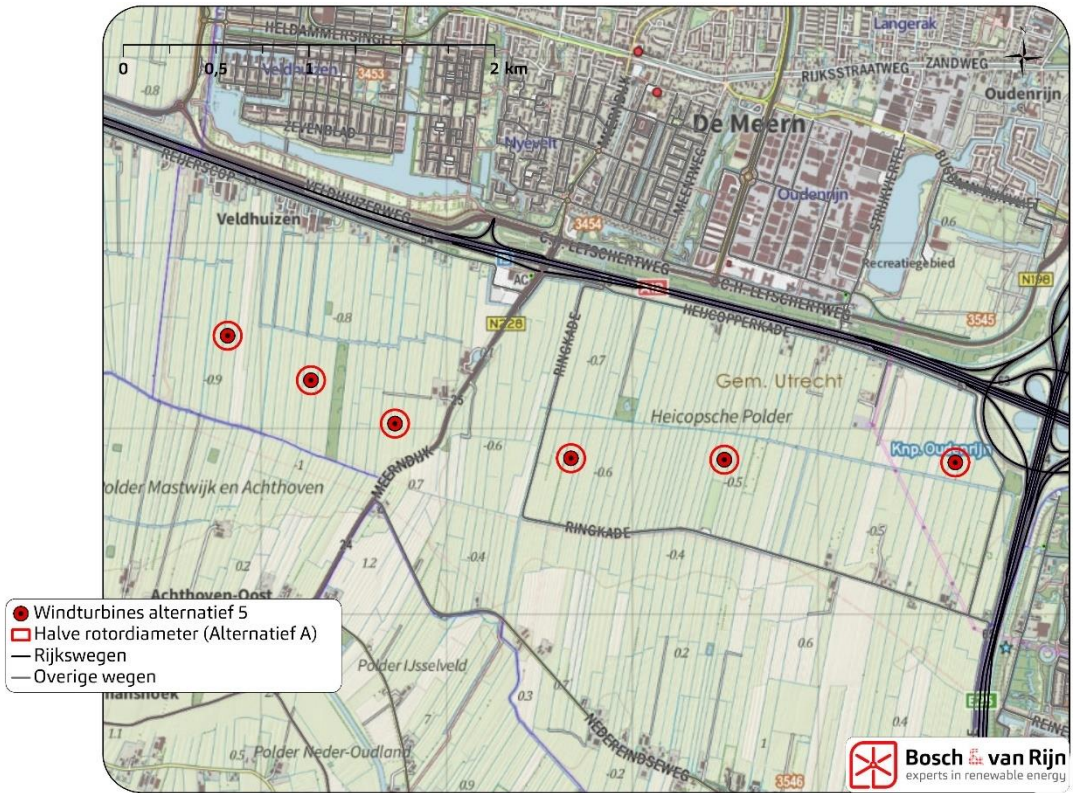
Figuur 57 Wieklangte en wegen in het plangebied - Alternatief 4B



4.5.9 *Alternatief 5A*

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

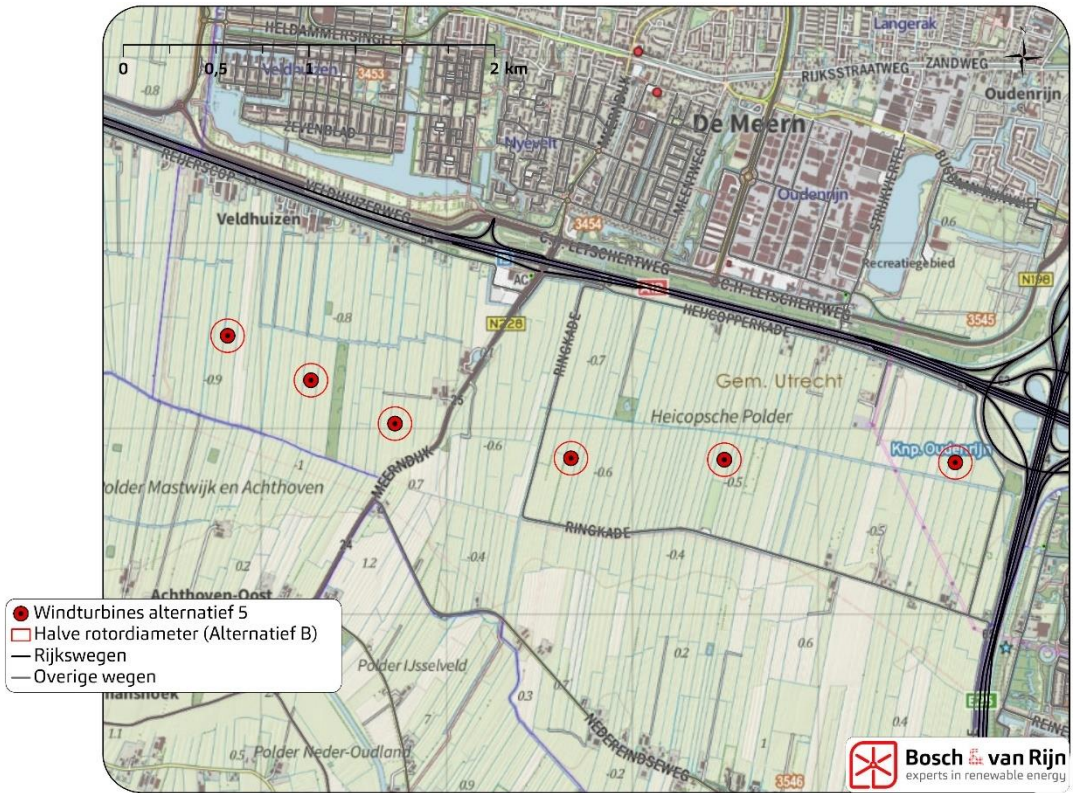
Figuur 58 Wiek lengte en wegen in het plangebied - Alternatief 5A



4.5.10 *Alternatief 5B*

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

Figuur 59 Wiek lengte en wegen in het plangebied - Alternatief 5B



Hoofdstuk 5 Voorkeursalternatief

5.1 Beschrijving voorkeursalternatief

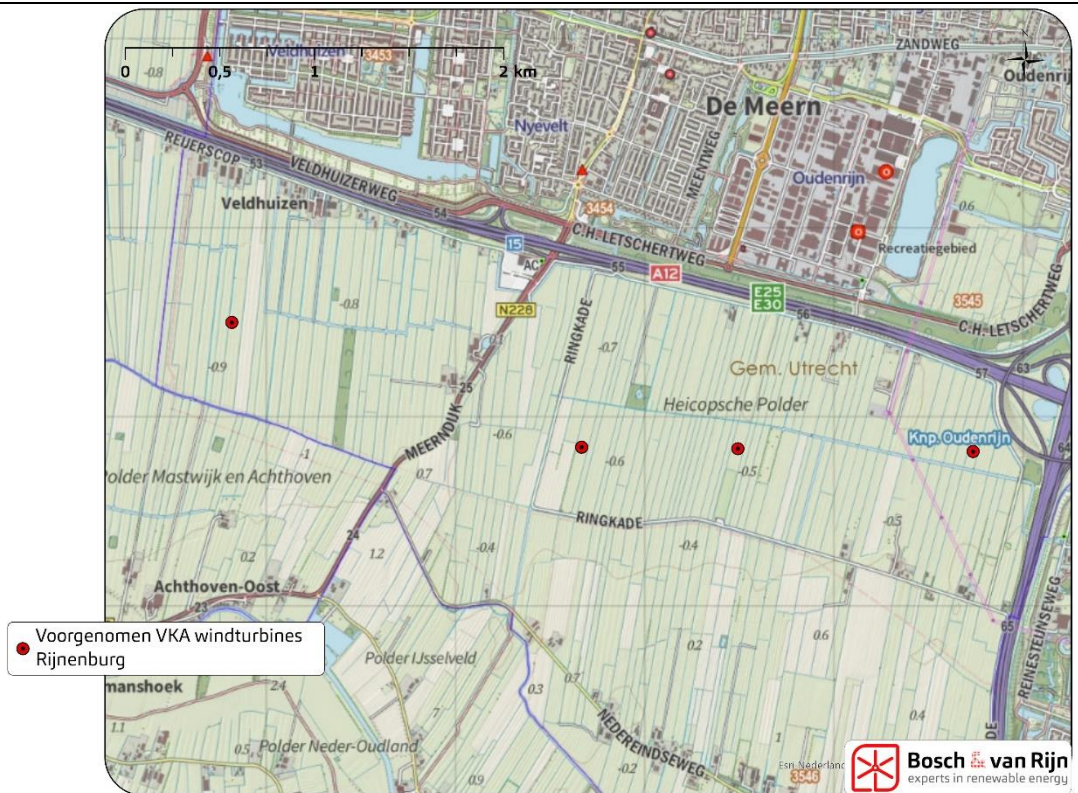
Mede op basis van het MER is een voorkeursalternatief (VKA) gedefinieerd. Van het VKA liggen de windturbinelocaties vast (Figuur 60), maar zijn de afmetingen enkel nog als bandbreedte bekend.

Voor wat betreft de afmetingen is deze bandbreedte als volgt opgespannen:

- Ashoogte: minimaal 140 meter, maximaal 180 meter;
- Rotordiameter: minimaal 150 meter, maximaal 180 meter;
- Tiphoogte: minimaal 215 meter, maximaal 270 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 60 Opstelling van het VKA



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. Het gekozen referentieturbine is gelijk aan de referentieturbine die gekozen is voor alle B alternatieven uit voorgaande MER-alternatieven.

Tabel 11 Risicocontouren en maximale werpafstanden van onderzochte windturbinetype

Ashoogte	Rotordiameter	Risicocontouren (m)		Max. werpafstand (m)	
		10^{-5}	10^{-6}	Bij nominaal toerental	Bij overtoeren
180	180	90	219	219	559

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

NB. Het groepsrisico is, vanuit de Handreiking Risicozonering Windturbines, geen beoordelingskader 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.

5.3 Rekenmethode

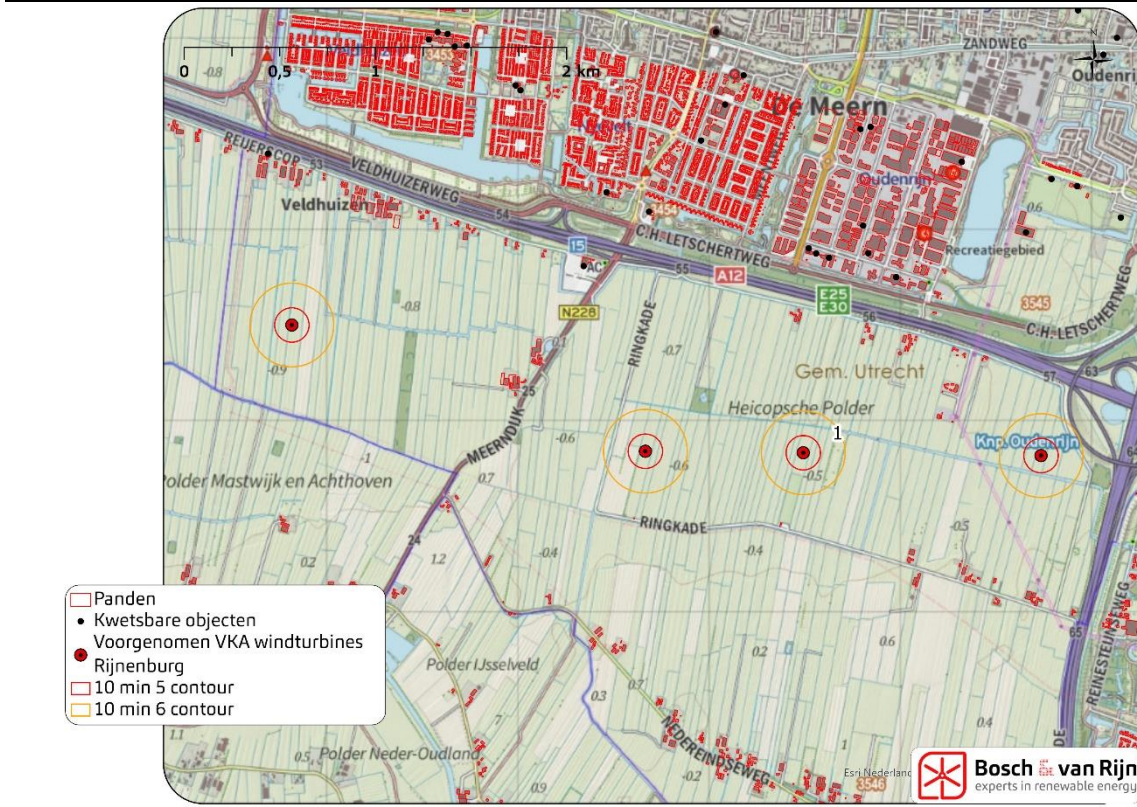
Voor de berekeningen is aangesloten bij de rekenmethode voor de MER-alternatieven.

5.4 Risicoanalyse

5.4.1 (beperkt) kwetsbare objecten

In onderstaand figuur zijn de 10^{-5} en 10^{-6} contouren rondom de windturbines uit het voorkeursalternatief weergegeven. Hierbinnen is nagegaan of er (geprojecteerde) kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten aanwezig zijn.

Figuur 61 Kwetsbare objecten binnen veiligheidscontouren



Binnen de 10^{-5} contour van de windturbines bevinden zich geen kwetsbare of beperkt kwetsbare objecten. Binnen de 10^{-6} contour van de windturbines bevindt zich één object.

Tabel 12 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

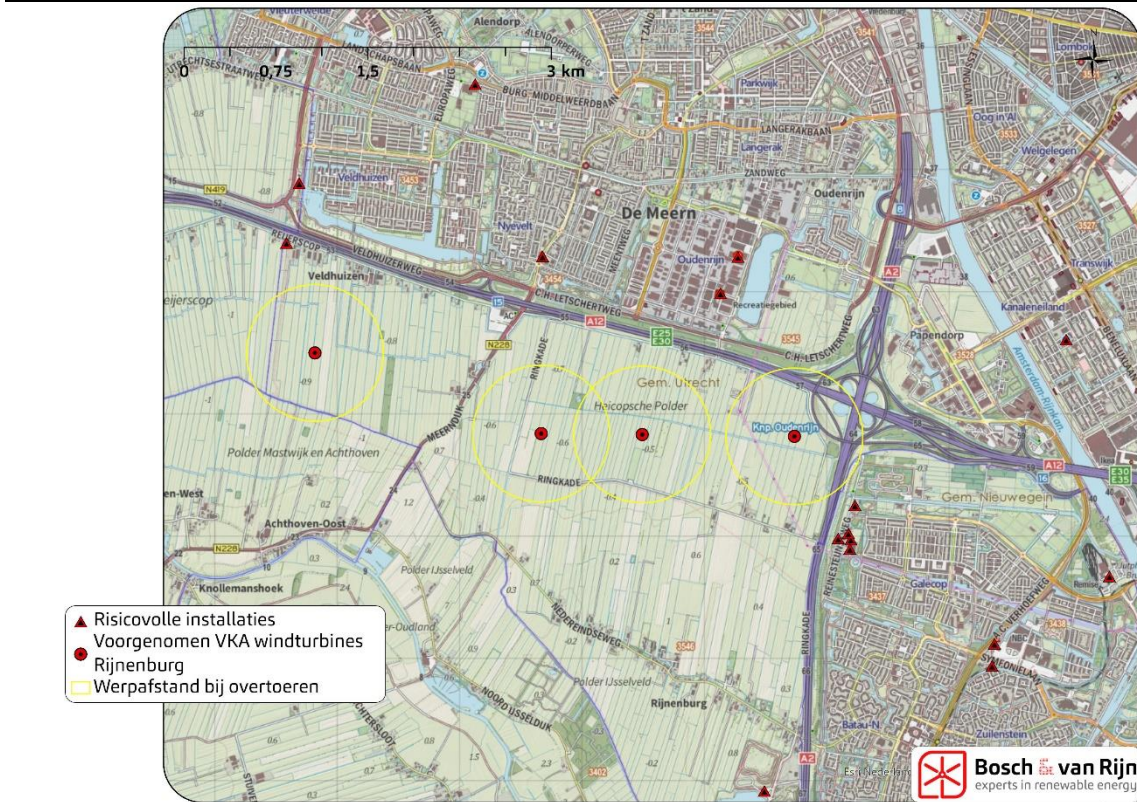
Alternatief	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
VKA	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar

Beoordeling object: het betreft hier een loods welke gebruikt door de lokale agrariër, waar slechts incidenteel kleine aantallen personen aanwezig zullen zijn. Hierdoor wordt het pand als beperkt kwetsbaar object beschouwd.

5.4.2 *Risicovolle installaties*

In onderstaand figuur is voor het voorkeursalternatief nagegaan welke inrichtingen met risicovolle installaties zich binnen de invloedssfeer van de windturbines bevinden.

Figuur 62 Ligging van risicovolle installaties binnen de invloedssfeer van de windturbines

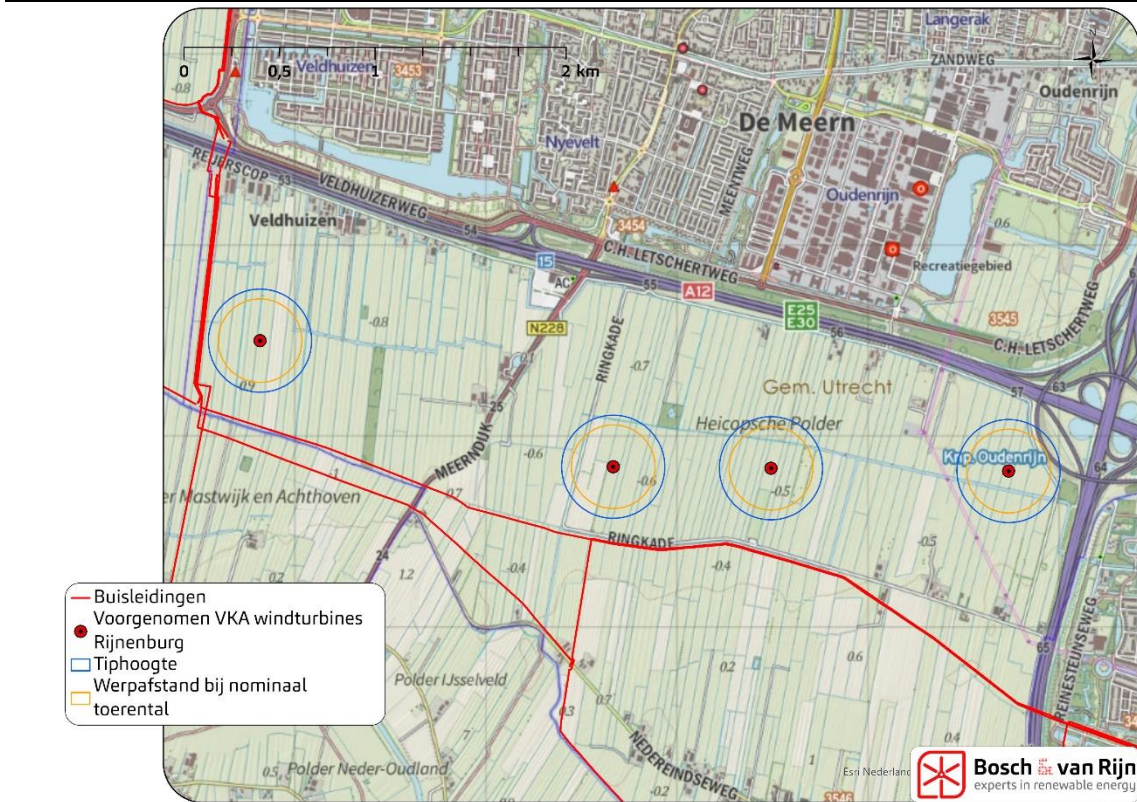


Binnen de invloedssfeer van de windturbines in het voorkeursalternatief bevinden zich geen inrichtingen met risicovolle installaties.

5.4.3 Buisleidingen

Vanwege de aanwezigheid van buisleidingen in het plangebied is onderzocht of de alternatieven voldoen aan de adviesafstand van Gasunie.

Figuur 63 Buisleidingen en adviesafstanden Gasunie

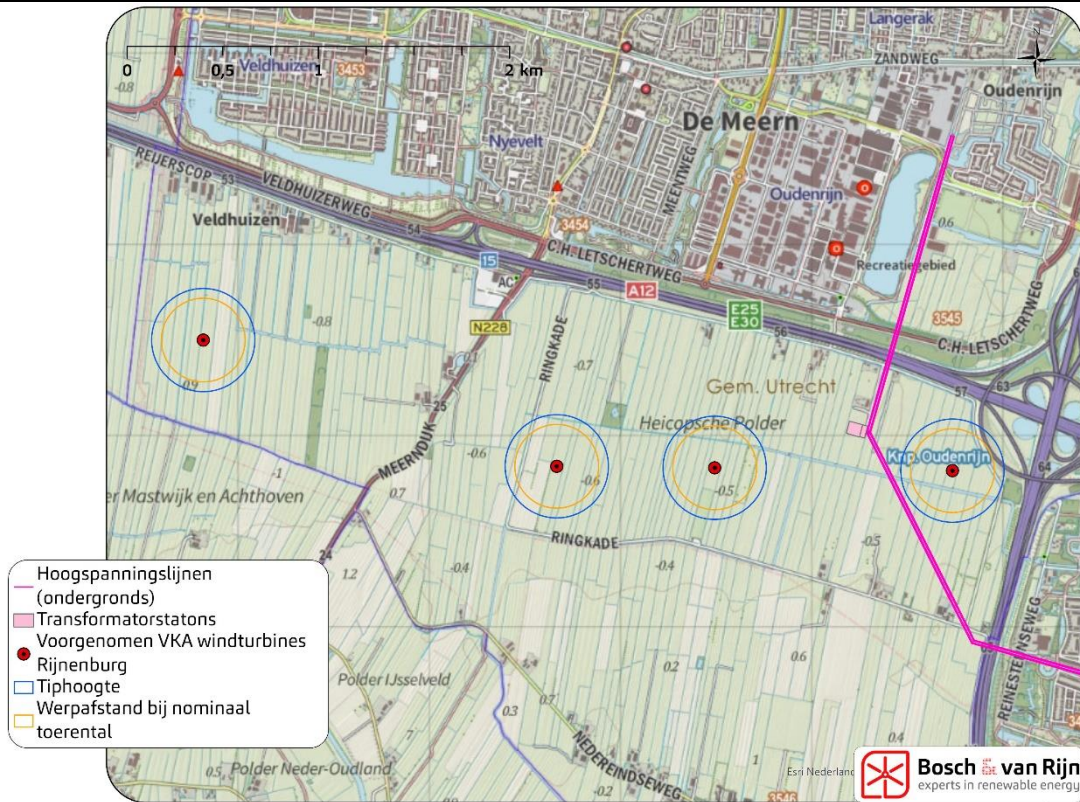


Voor het VKA geldt dat er geen leidingen zijn gelegen binnen de adviesafstanden van Gasunie. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

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 tiphoopte).

Figuur 64 Hoogspanningsinfrastructuur

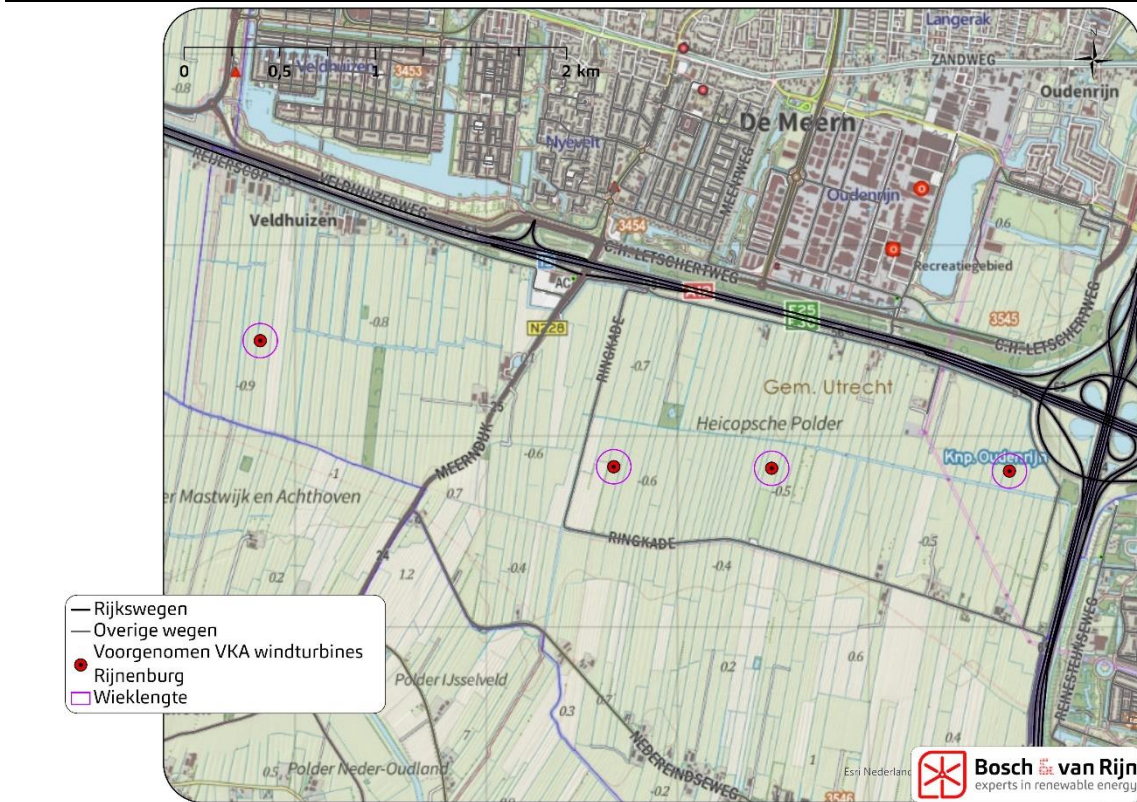


Voor het VKA geldt dat er geen hoogspanningsinfrastructuur is gelegen binnen de werpafstand bij nominaal toerental of de valafstand. Er zijn derhalve geen aandachtspunten.

5.4.5 Wegen

In onderstaand figuur is weergegeven of de windturbines boven openbare wegen overdraaien.

Figuur 65 Overdraai boven openbare wegen



Uit bovenstaande afbeelding is af te lezen dat geen van de turbines in het VKA overdraaien boven een rijksweg of andere openbare weg. Alle windturbines leiden daarom niet tot ontoelaatbare risico's voor passanten op deze wegen.

Op verzoek van Rijkswaterstaat is een berekening ten aanzien van het Individuele Passanten Risico (IPR) en Maatschappelijk Risico (MR) uitgevoerd voor de rarrzone gelegen direct naast de bestaande rijksweg op knooppunt Ouderijn (zie Bijlage D). Voor zowel de huidige situatie als de toekomstige situatie is berekend wat het IPR en MR is. Hieruit volgt dat het IPR en MR in de nieuwe situatie zich in dezelfde orde grootte bevindt als in de oude situatie.

Hoofdstuk 6 Conclusie

6.1 (Beperkt) kwetsbare objecten

6.1.1 Alternatieven

Omdat zich geen (geprojecteerd) kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines van alle planMER-alternatieven bevinden wordt in geval van alle alternatieven voldaan aan de *grenswaarde* voor het PR van 10^{-6} per jaar bij kwetsbare objecten.

Binnen de PR 10^{-6} contour van een deel van de planMER-alternatieven bevinden zich wel objecten die (mogelijk) als beperkt kwetsbaar objecten worden beschouwd. Tabel 13 geeft een overzicht. Hieruit volgt dat in geval van alternatief 1B niet wordt voldaan aan de *richtwaarde* voor het PR van 10^{-6} bij beperkt kwetsbare objecten. Indien de boerenloods als beperkt kwetsbaar (en niet als niet kwetsbaar) object dient te worden beschouwd wordt in geval van alternatief 2A, 2B, 4A, 4B en 5B tevens niet voldaan aan de richtwaarde voor het PR van 10^{-6} bij beperkt kwetsbare objecten. In alle gevallen wordt bij beperkt kwetsbare objecten wel voldaan aan een PR van 10^{-5} .

Tabel 13 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Alternatief	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
1B	Samenkomstplek modelvliegbouw vereniging	Beperkt kwetsbaar
2A, 2B, 4A, 4B & 5B	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar
2A & 2B, 3A & 3B	Elektriciteitshuisje	Niet kwetsbaar

6.1.2 VKA

Omdat zich geen (geprojecteerd) kwetsbare objecten binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines in het VKA bevinden wordt voldaan aan de *grenswaarde* voor het PR van 10^{-6} per jaar bij kwetsbare objecten.

Binnen de PR 10^{-6} contour van één van de turbines binnen het VKA bevindt zich wel een object dat (mogelijk) als beperkt kwetsbaar object worden beschouwd.

Tabel 14 Beschrijving en beoordeling van gebouwen binnen de PR 10^{-6} contour van de windturbines

Alternatief	Beschrijving pand	Kwetsbaar?
VKA	Boerenloods	Beperkt kwetsbaar

6.2 Risicovolle installaties

6.2.1 Alternatieven

Uit de analyse volgt dat bij alle alternatieven er geen sprake is van een risicovolle installatie gelegen binnen de werpafstand bij overtoeren. Hieruit volgt dat er geen relevante faalkansverhoging is voor nabijgelegen risicovolle installaties en zodoende geen aanvullend onderzoek benodigd is.

6.2.2 VKA

Uit de analyse volgt dat bij het VKA er geen sprake is van een risicovolle installatie gelegen binnen de werpafstand bij overtoeren. Hieruit volgt dat er geen faalkansverhoging is voor nabijgelegen risicovolle installaties en zodoende geen aanvullend onderzoek benodigd is.

6.3 Buisleidingen

6.3.1 Alternatieven

Uit de analyse volgt dat bij alle alternatieven geldt dat de buisleidingen die gevaarlijke stoffen transporteren zich bevinden buiten de tiphoogte of werpafstand bij nominaal toerental. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

6.3.2 VKA

Uit de analyse volgt dat bij het VKA geldt dat de buisleidingen die gevaarlijke stoffen transporteren zich bevinden buiten de tiphoogte of werpafstand bij nominaal toerental. Hiermee wordt er voldaan aan de adviesafstand van Gasunie.

6.4 Hoogspanningsinfrastructuur

6.4.1 Alternatieven

Uit de analyse volgt dat bij alle alternatieven geldt dat de hoogspanningsinfrastructuur met bijbehorend transformatorstation zich bevinden buiten de tiphoogte of werpafstand bij nominaal toerental. Hiermee wordt voldaan aan de adviesafstanden van TenneT.

6.4.2 VKA

Uit de analyse volgt dat bij het VKA geldt dat de hoogspanningsinfrastructuur met bijbehorend transformatorstation zich bevinden buiten de tiphoogte of werpafstand bij nominaal toerental. Hiermee wordt voldaan aan de adviesafstanden van TenneT.

6.5 **Wegen**

6.5.1 *Alternatieven*

Binnen de invloedssfeer van de windturbines in alternatief 1A, 1B, 2A en 2B bevinden zich meerdere openbare wegen. Echter bevinden al deze wegen zich op meer dan een halve rotordiameter afstand van de windturbinemast. Omdat hiermee wordt voldaan aan de “Beleidsregel voor het plaatsen van windturbines op, in of over rijkswaterstaatwerken” kan het externe veiligheidsrisico bij deze wegen op voorhand als toelaatbaar worden beschouwd.

In alternatief 3A en 3B is er sprake van overdraai bij twee gemeentelijke wegen (de Ringkade en de Heijercopperkade). Voor deze wegen is daarom berekend wat de kans is dat een persoon die de windturbines op de weg passeert door (delen van) een falende windturbine wordt getroffen. Deze trefkans is:

- $7.35 \cdot 10^{-13}$ per passage (3A, Ringkade)
- $7.91 \cdot 10^{-13}$ per passage (3A, Heijercopperkade)
- $7.60 \cdot 10^{-13}$ per passage (3B, Ringkade)
- $8.45 \cdot 10^{-13}$ per passage (3B, Heijercopperkade)

Hieruit volgt dat aan het IPR (10^{-6}) wordt voldaan zolang één passant de windturbines niet vaker passeert dan:

- 1.360.062 keer per jaar; oftewel 3.727 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon. (3A, Ringkade)
- 1.263.423 keer per jaar; oftewel 3.463 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon. (3A, Heijercopperkade)
- 1.315.789 keer per jaar; oftewel 3.604 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon. (3B, Ringkade)
- 1.183.431 keer per jaar; oftewel 3.242 passages per dag gedurende een heel jaar door dezelfde persoon. (3B, Heijercopperkade)

Er wordt aan het MR ($2 \cdot 10^{-3}$) voldaan zolang het aantal passanten dat de windturbines passeert niet meer is dan:

- 2.720.124.086 (3A, Ringkade)
- 2.526.847.757 (3A, Heijercopperkade)
- 2.631.578.947 (3B, Ringkade)
- 2.366.863.905 (3B, Heijercopperkade)

6.5.2 *VKA*

Binnen de invloedssfeer van de windturbines in het VKA is er geen weg (Rijks of overig) aanwezig. Zodoende is een aanvullende trefkans berekening per passage niet noodzakelijk. Hiermee wordt voldaan aan de beleidsregel van Rijkswaterstaat en is aanvullend onderzoek niet benodigd. Op verzoek van Rijkswaterstaat is een berekening ten aanzien van het Individuele Passanten Risico (IPR) en Maatschappelijk Risico (MR) uitgevoerd voor de rarro-zone gelegen direct naast de bestaande

rijksweg op knooppunt Ouderijn (zie Bijlage D). Hieruit volgt dat het IPR en MR in de nieuwe situatie zich in dezelfde ordegraote bevindt als in de oude situatie.

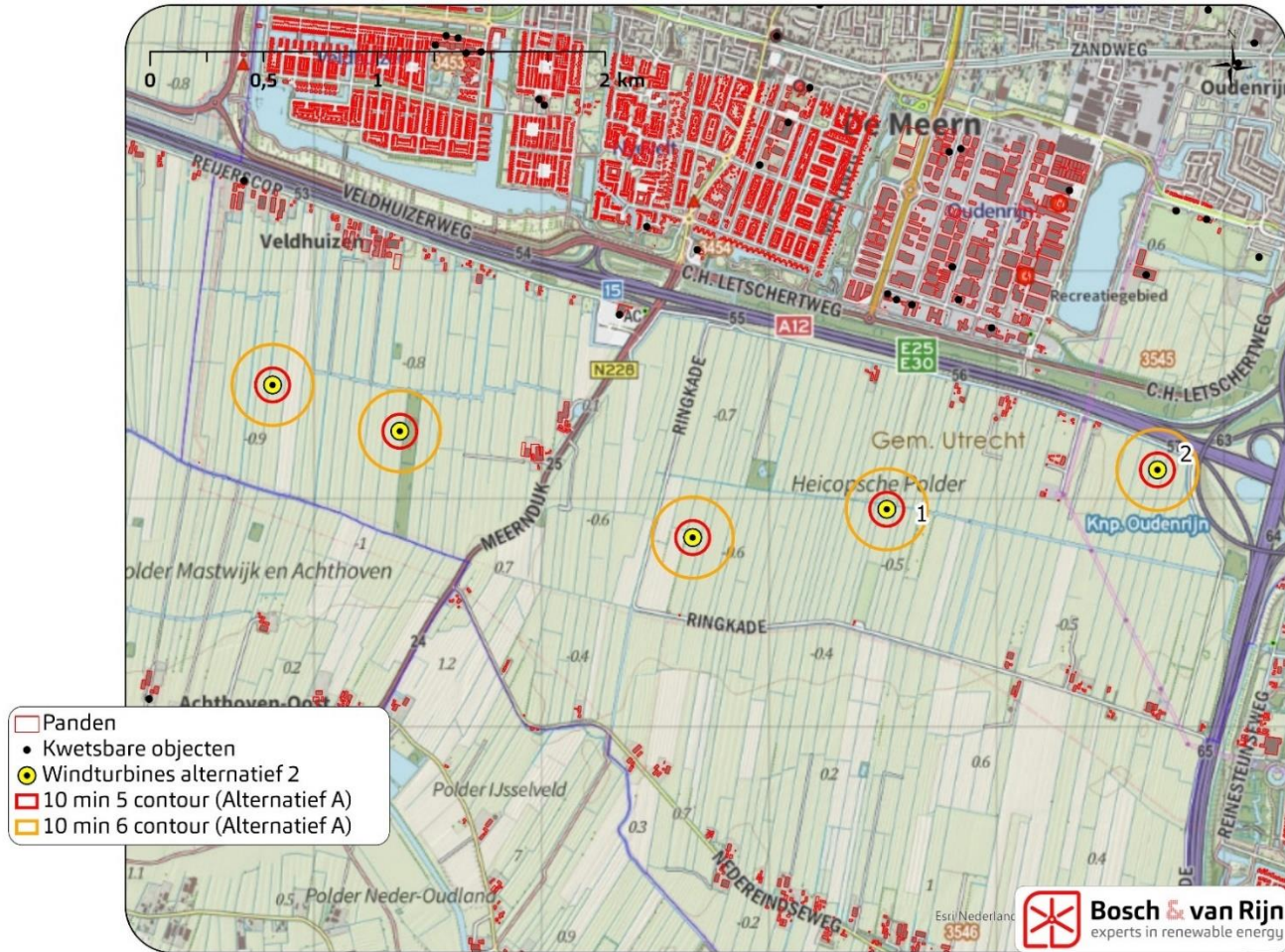


Bijlage A Afbeeldingen in groot formaat

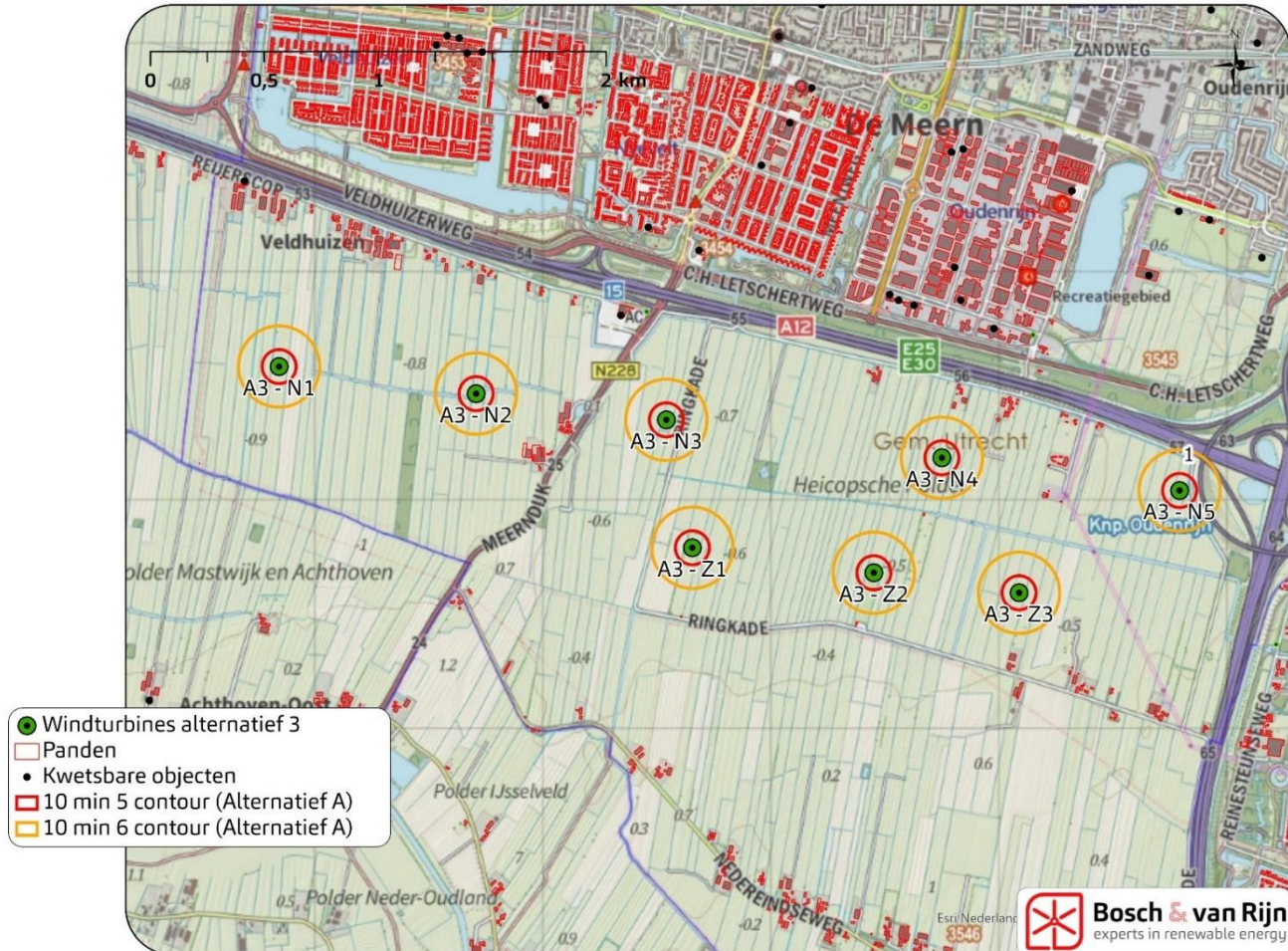
(beperkt) kwetsbare objecten

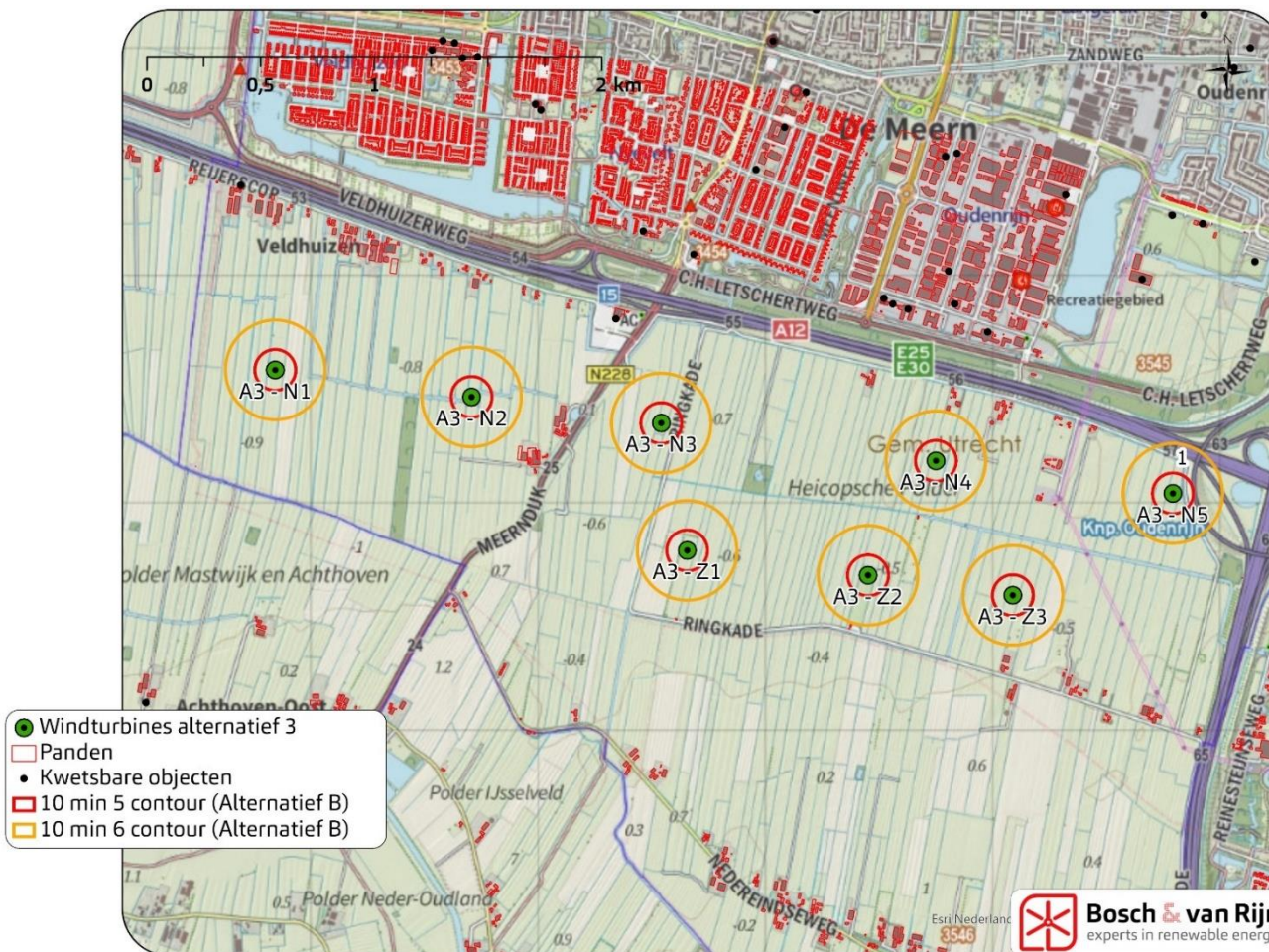


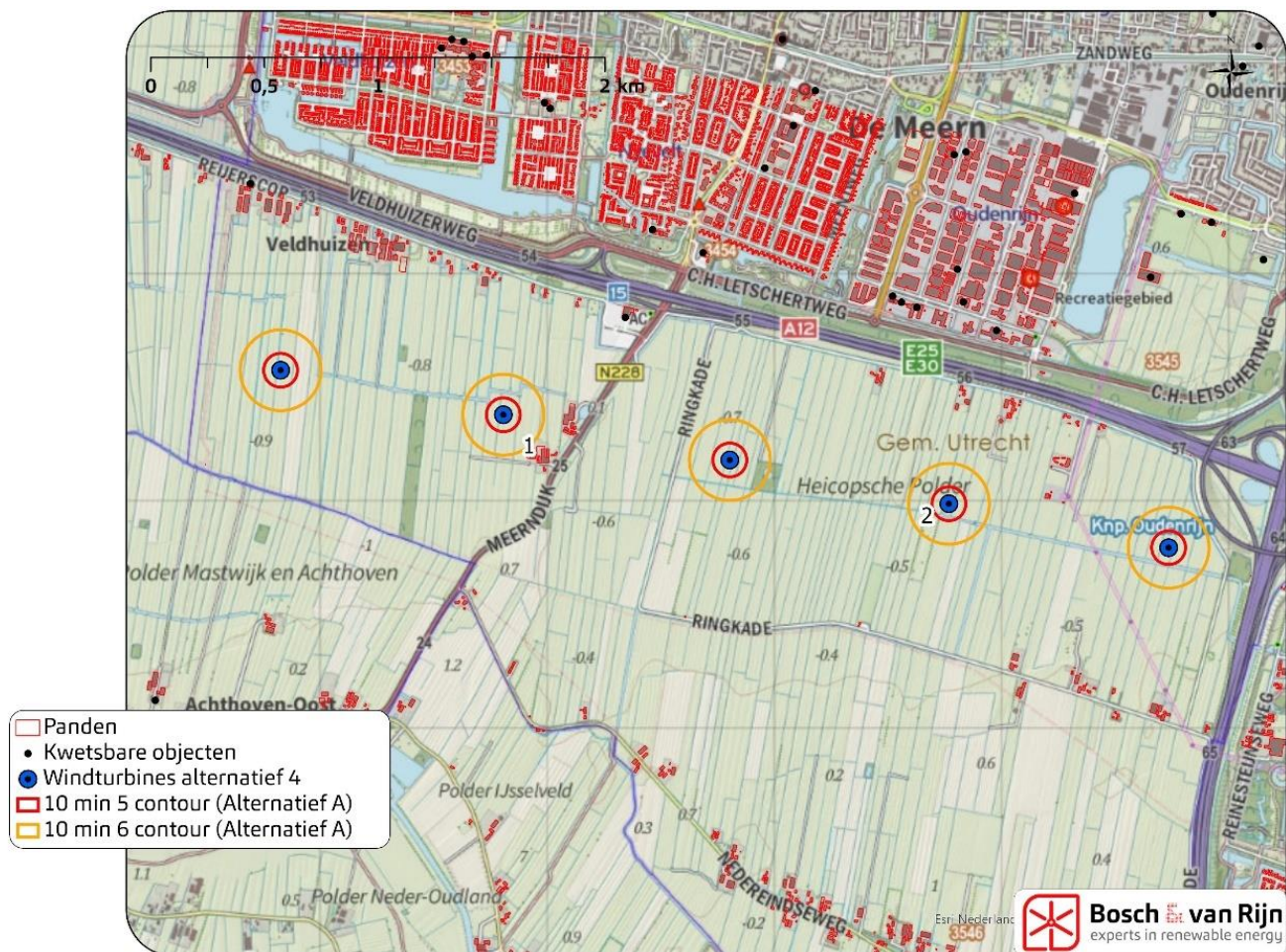




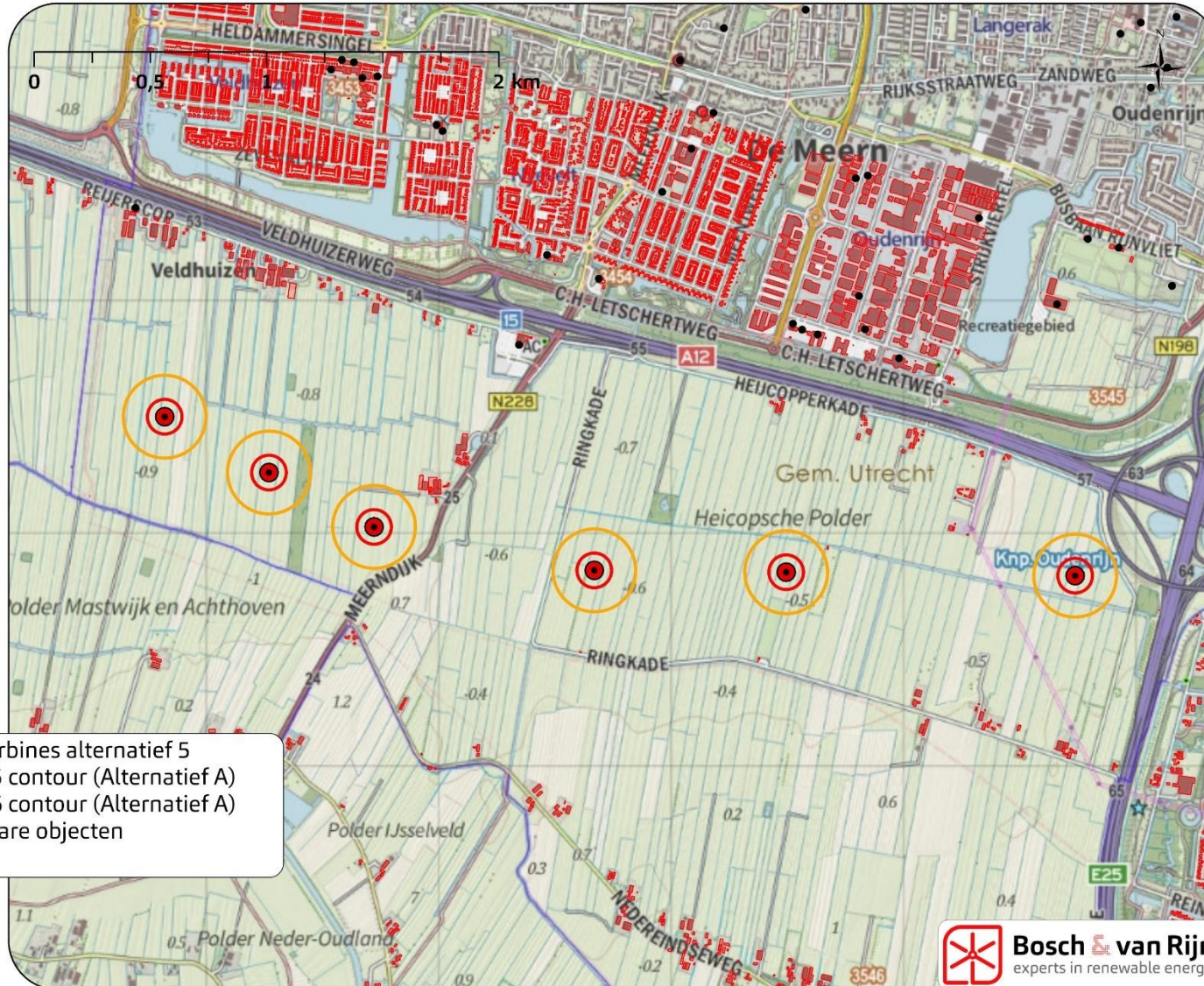


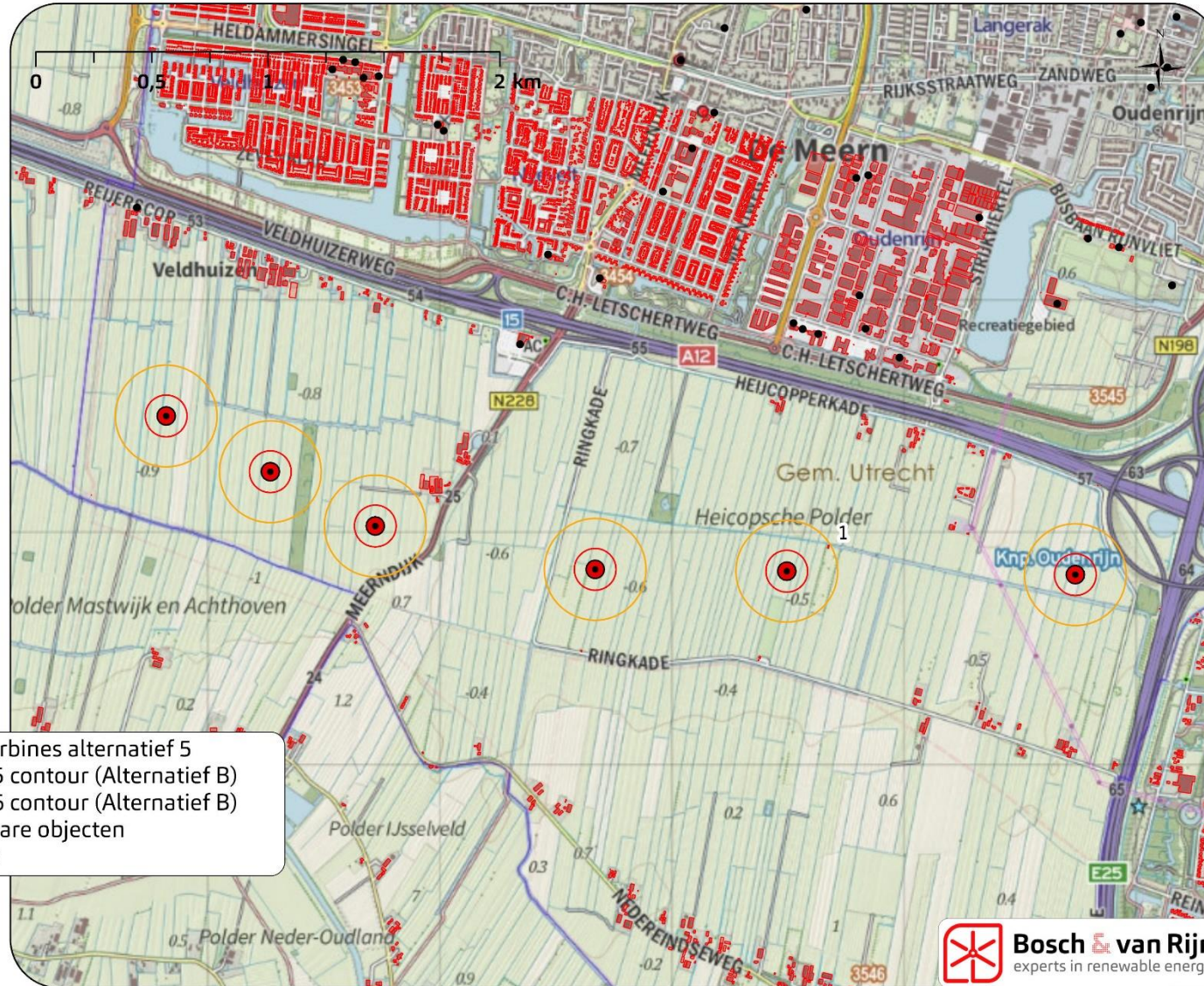






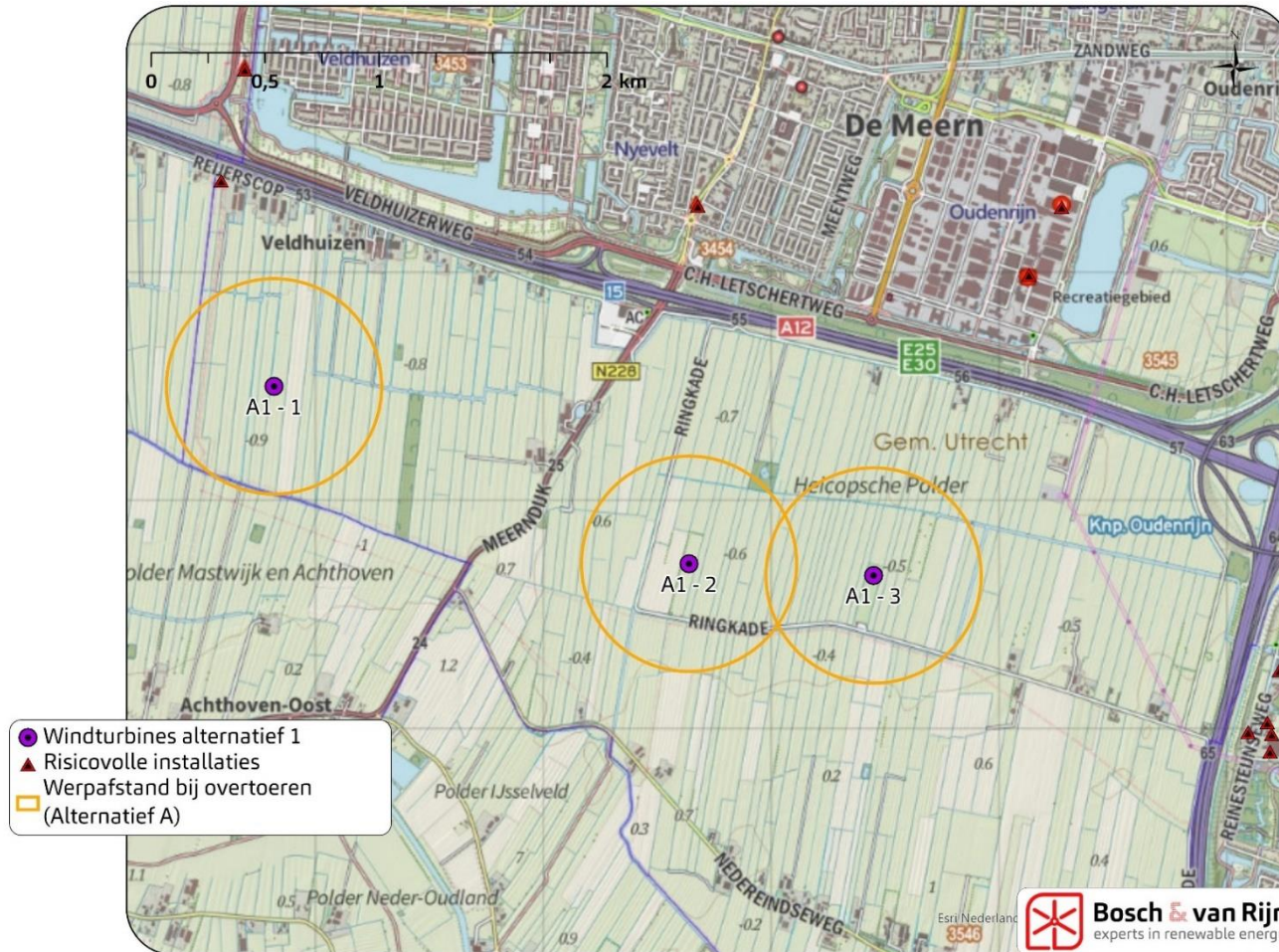


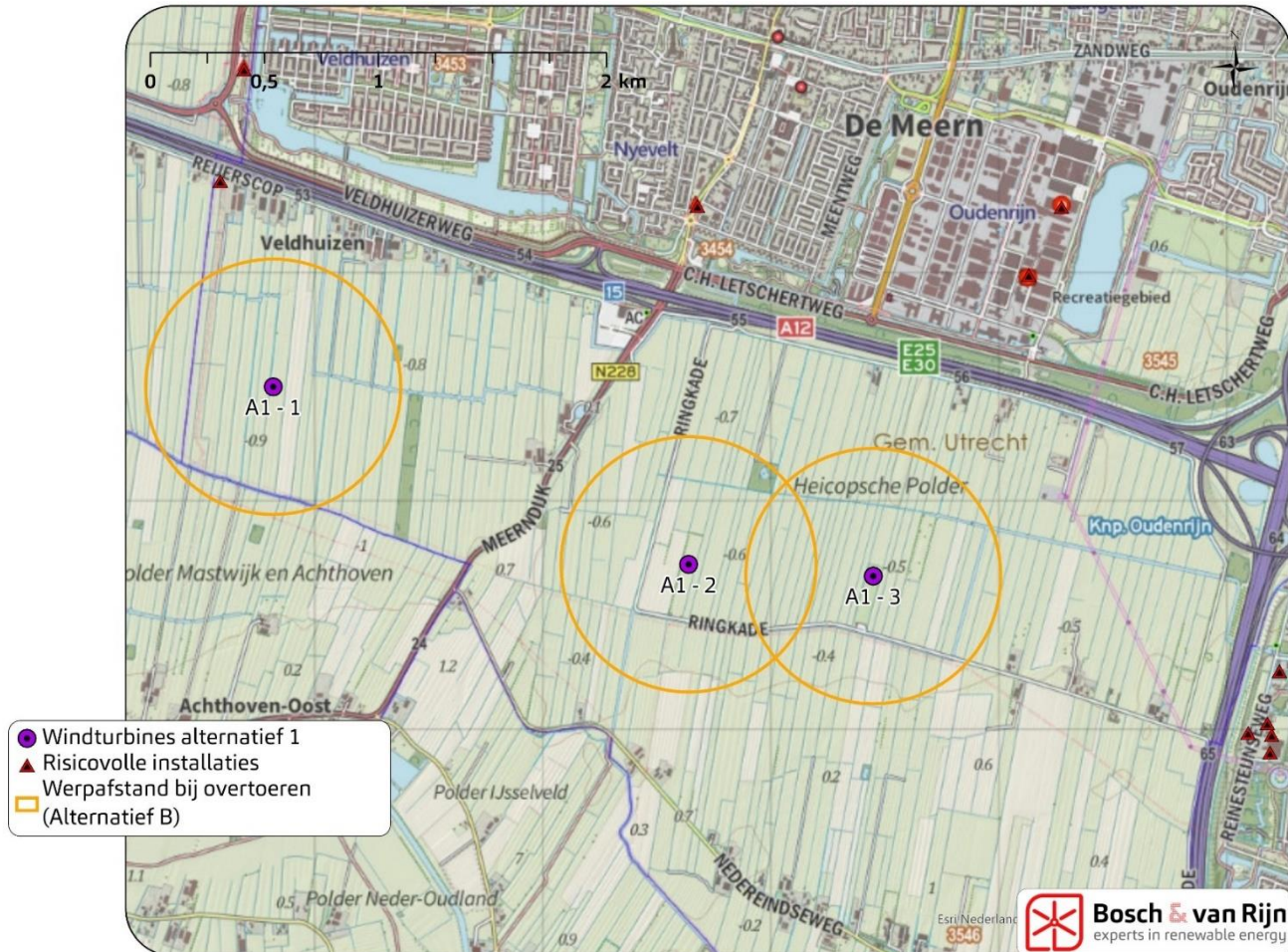




- Windturbines alternatief 5
- PR 10-5 contour (Alternatief B)
- PR 10-6 contour (Alternatief B)
- Kwetsbare objecten
- Panden

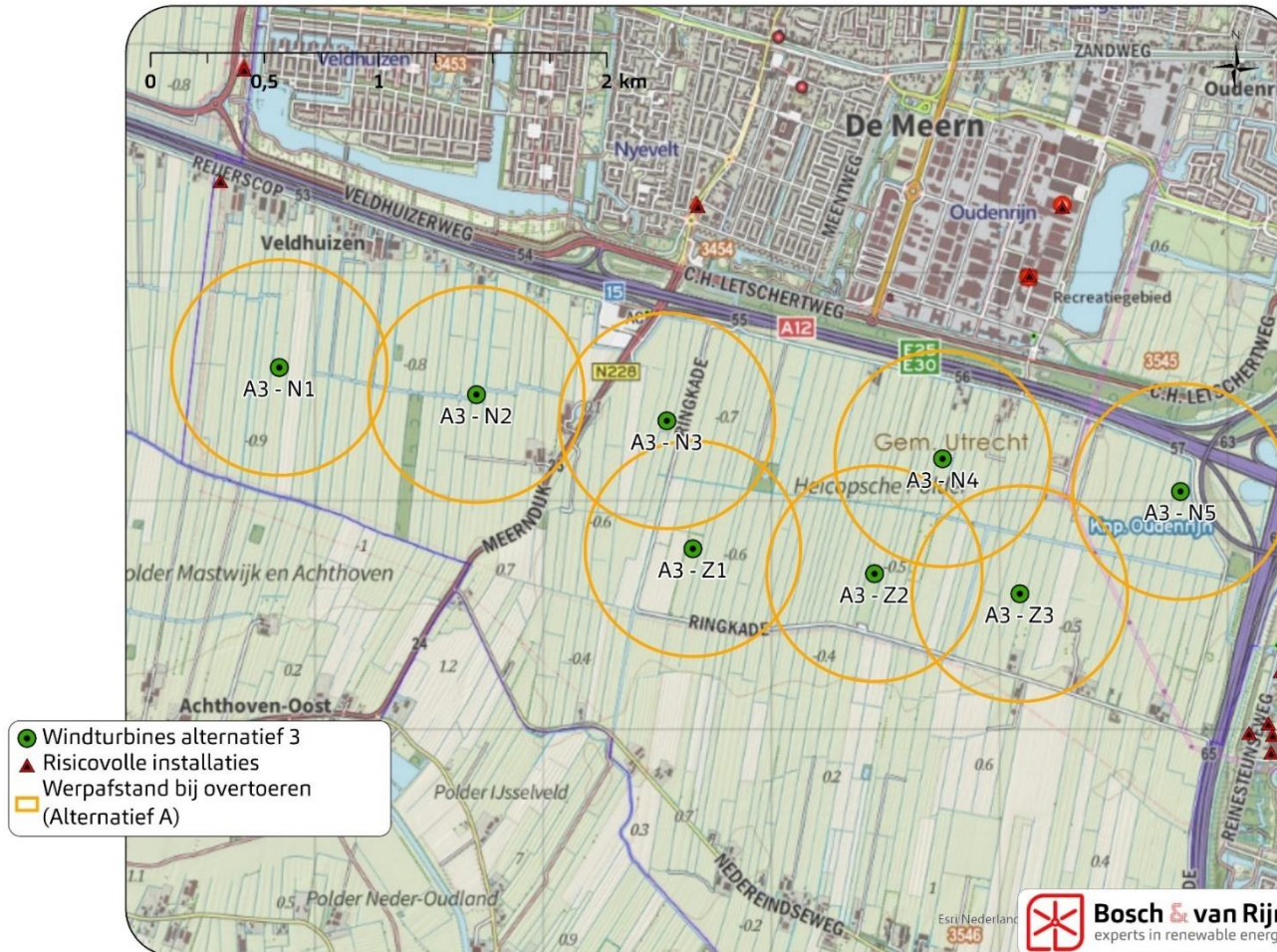
Risicovolle installaties

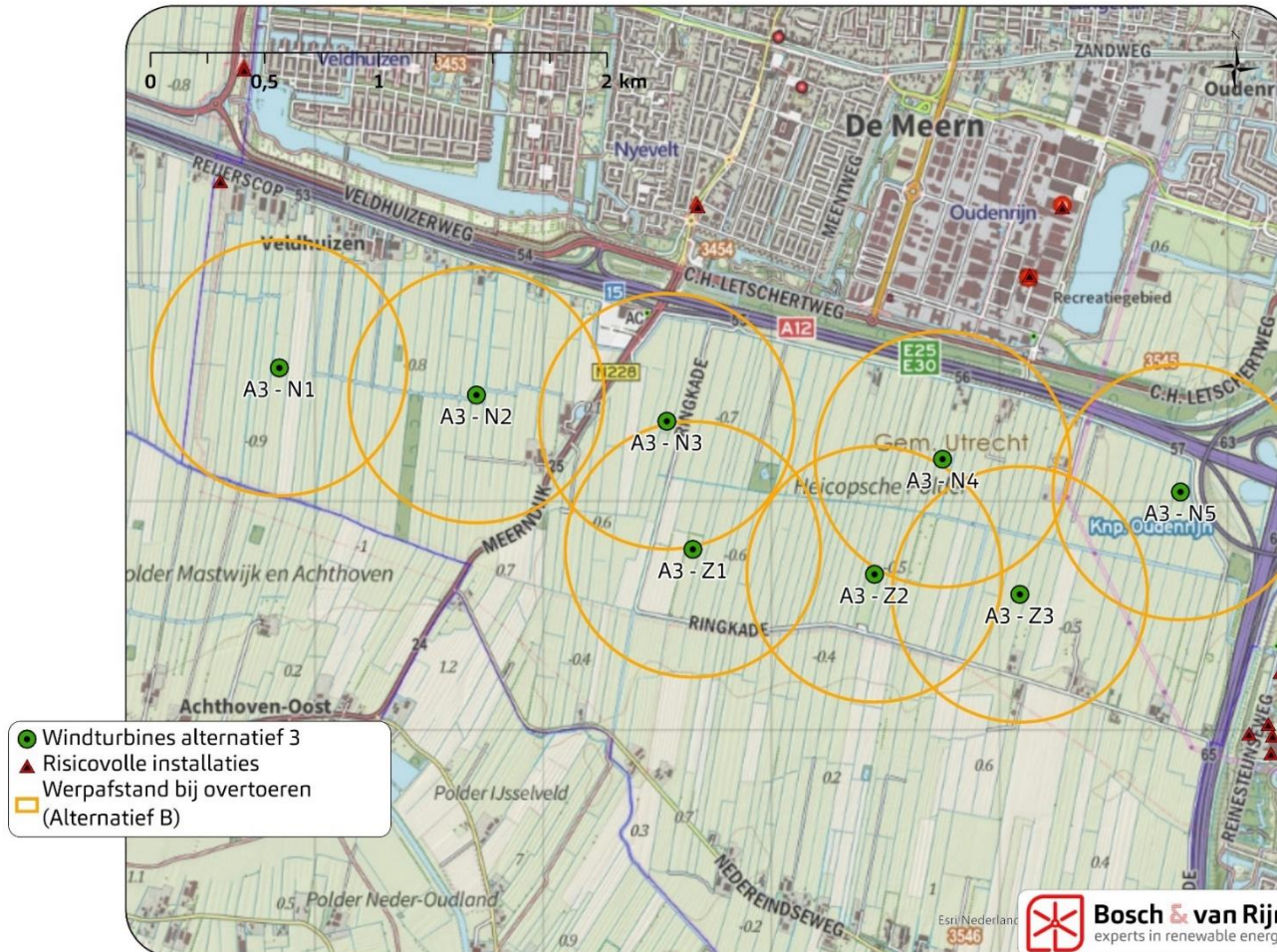


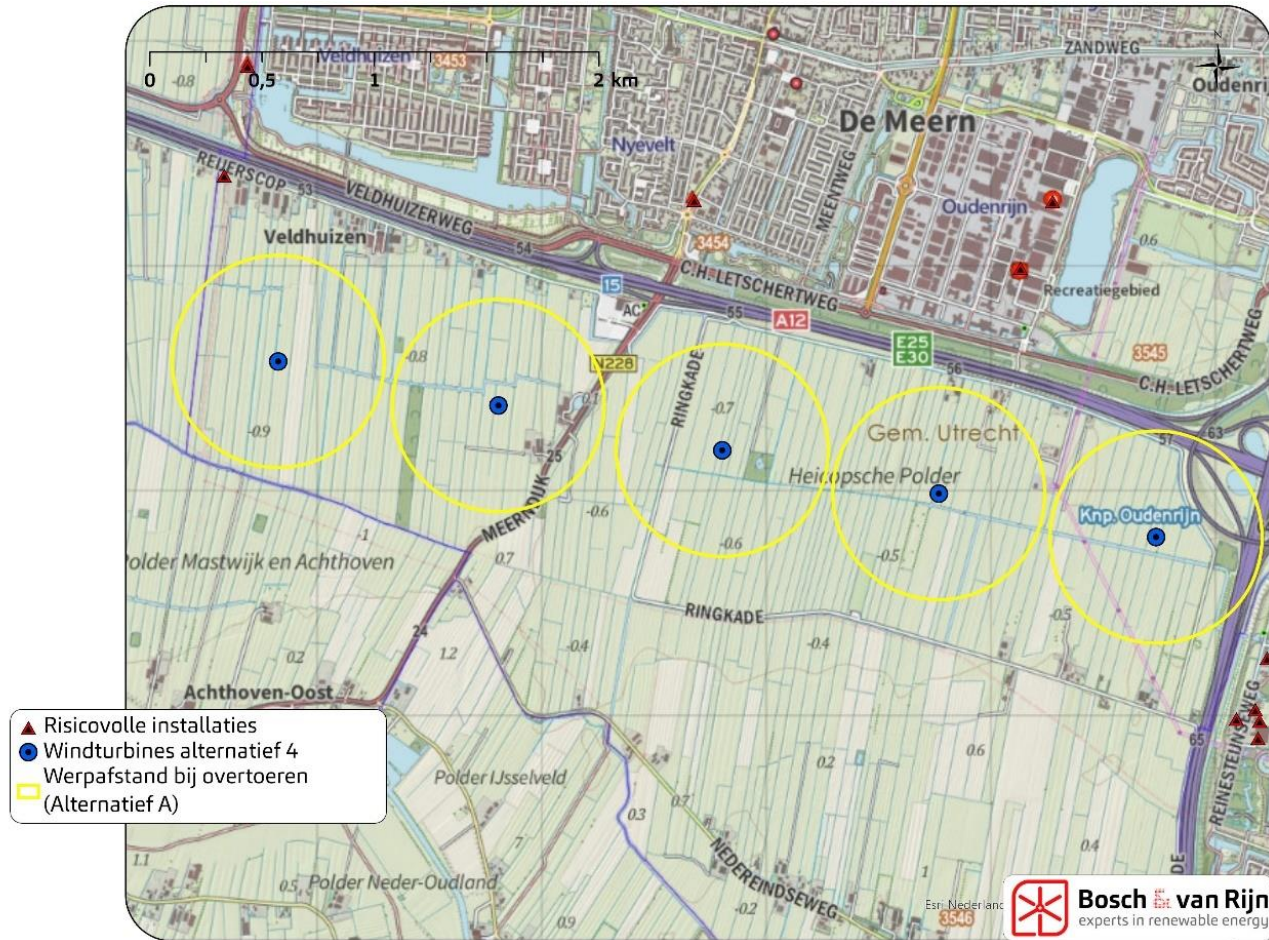


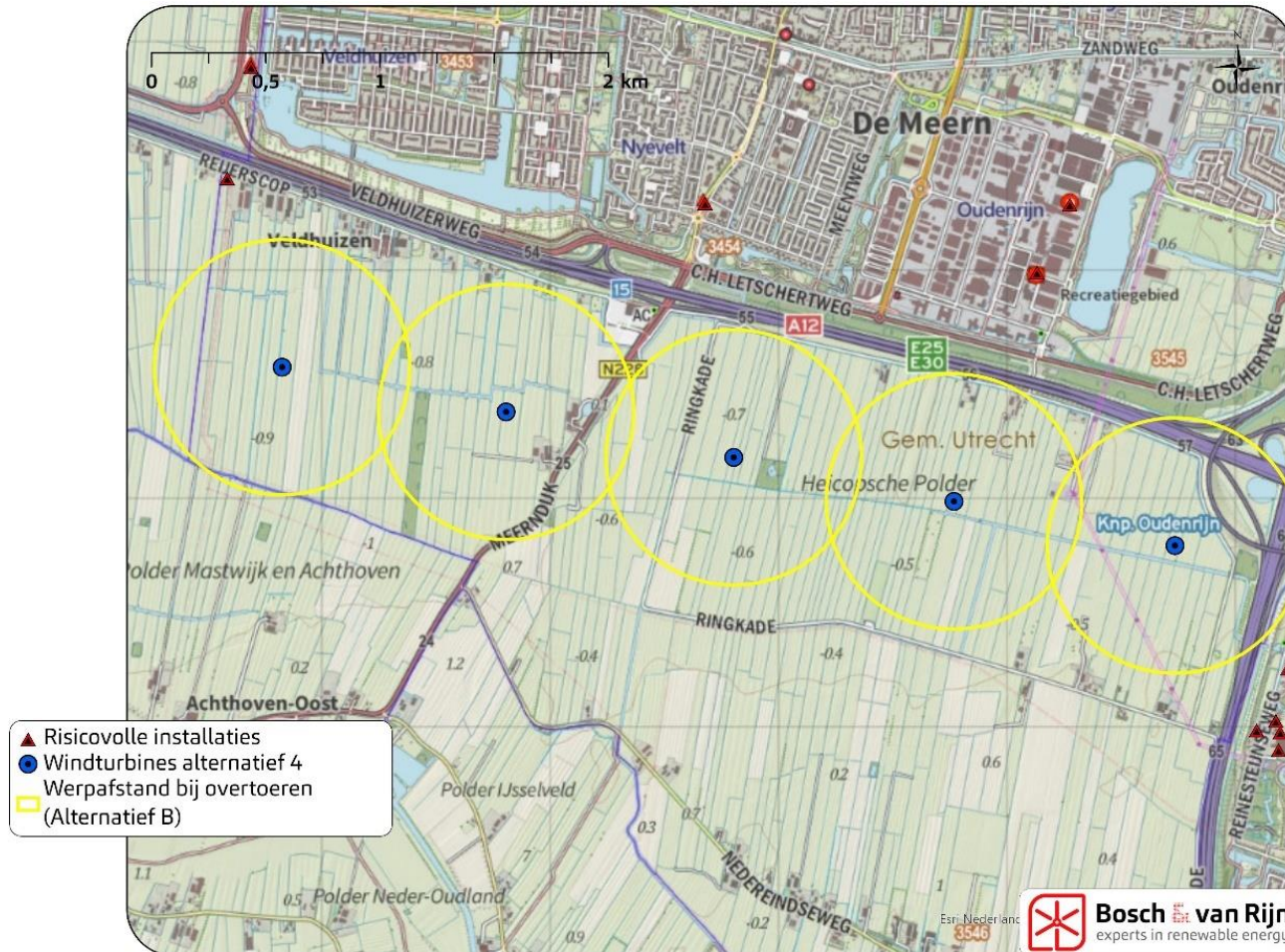


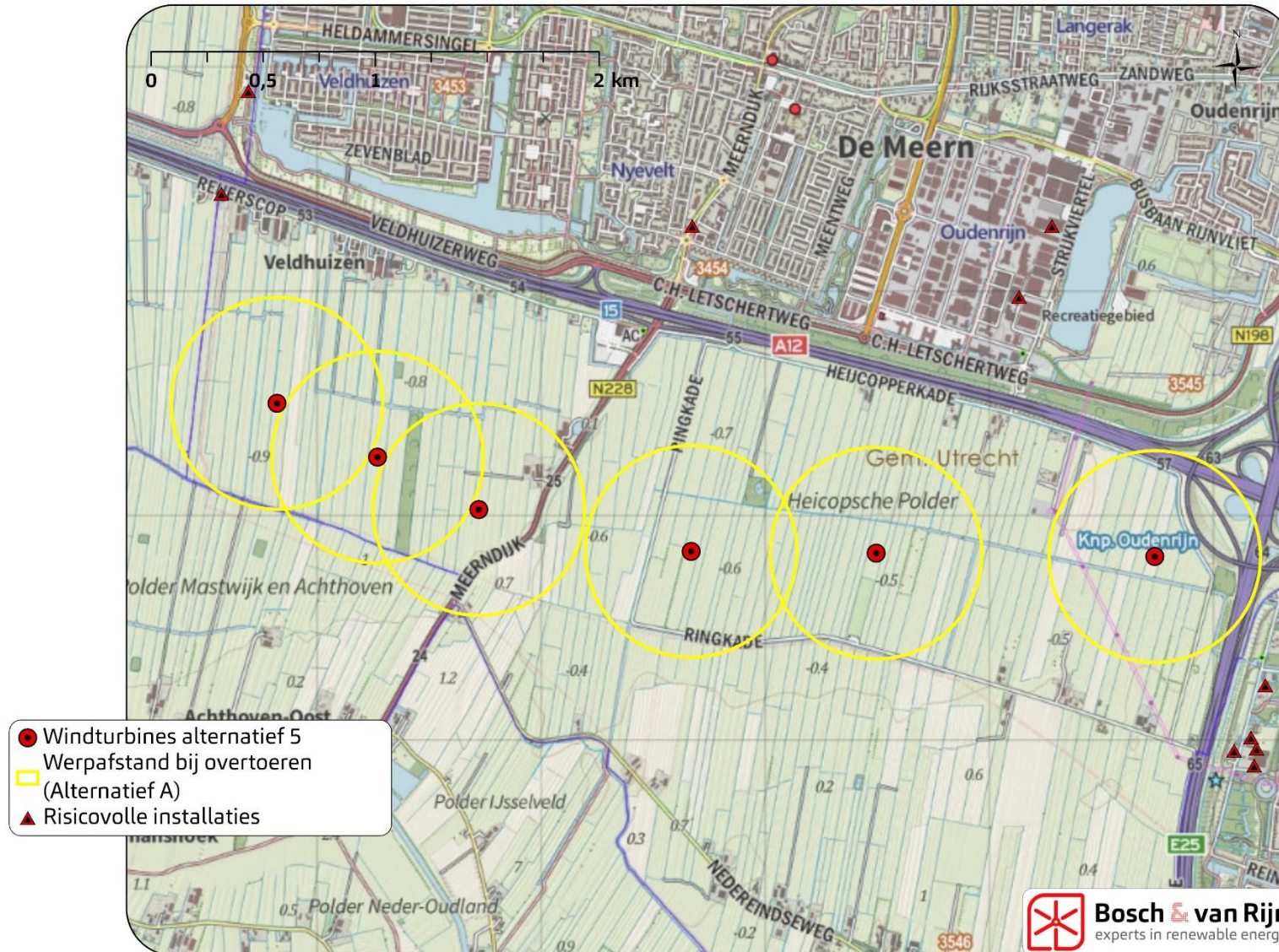


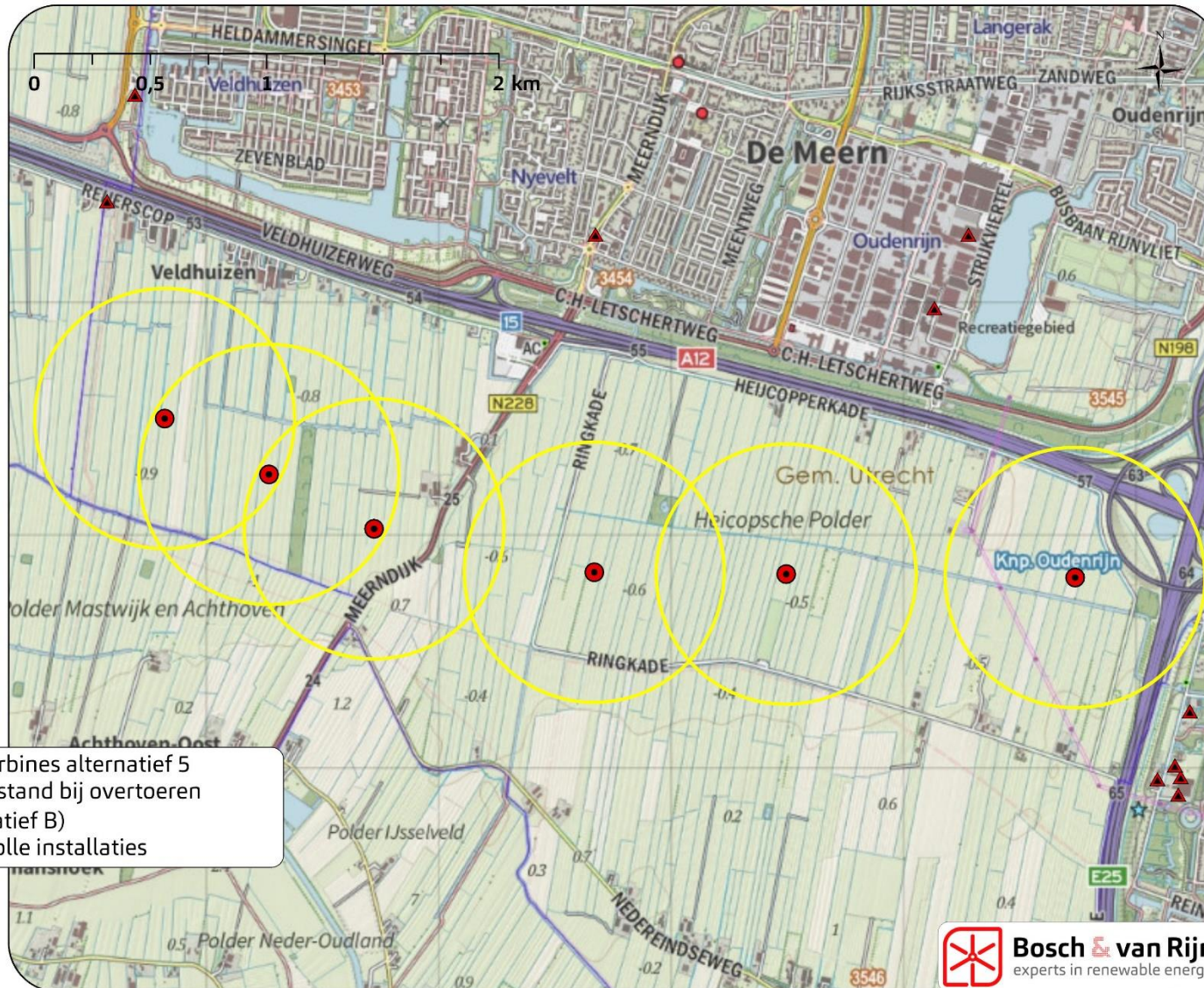




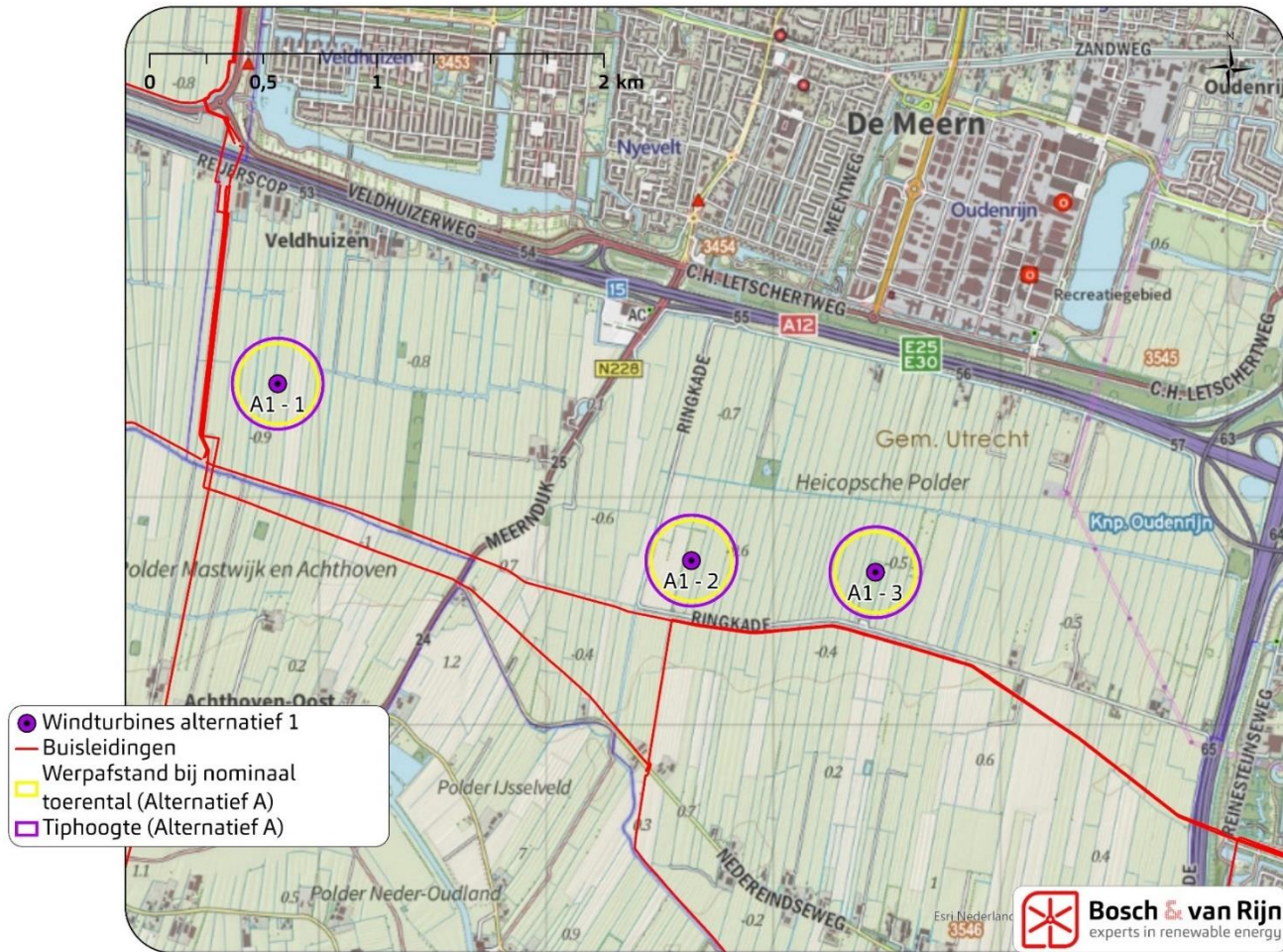


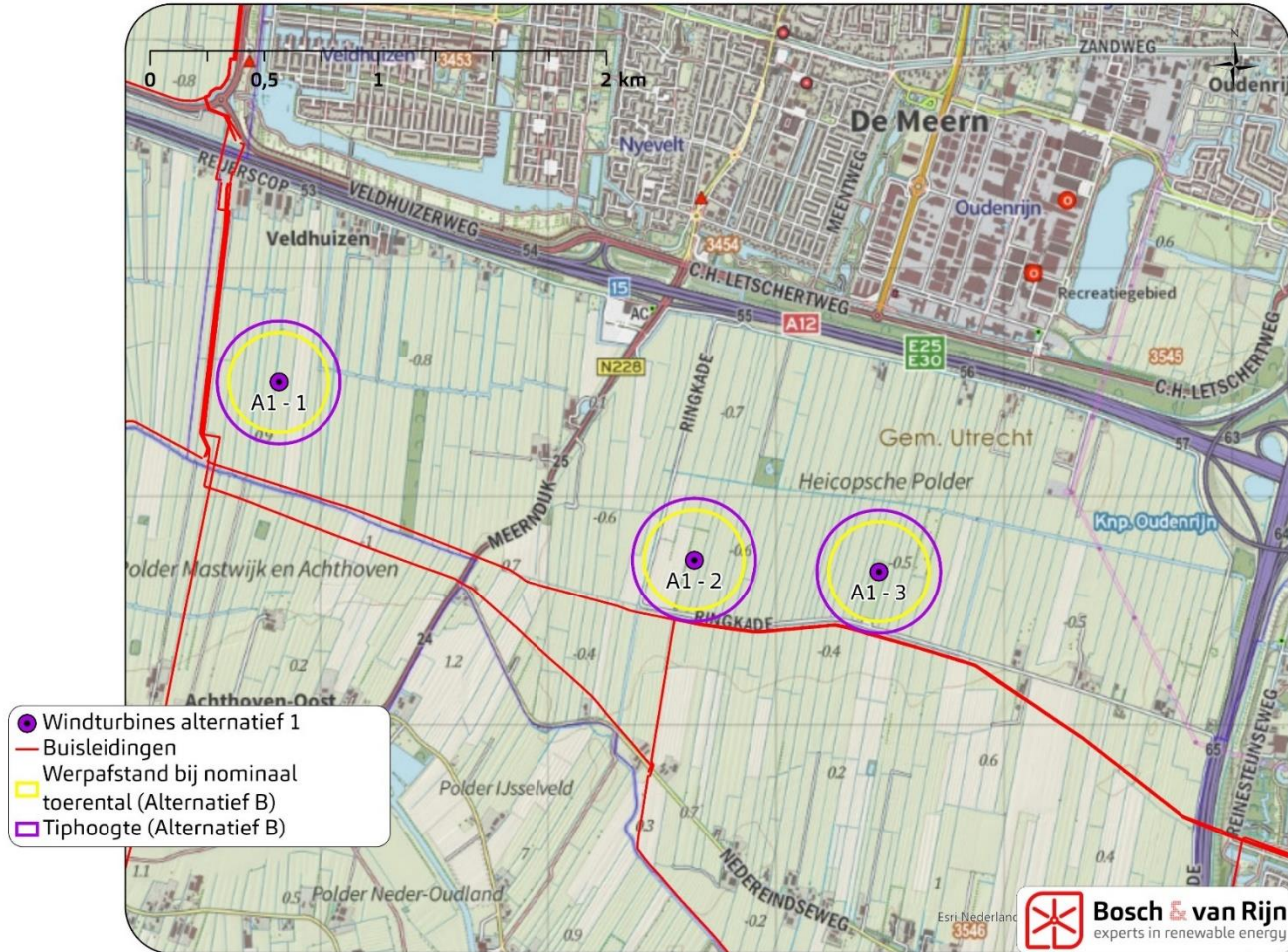


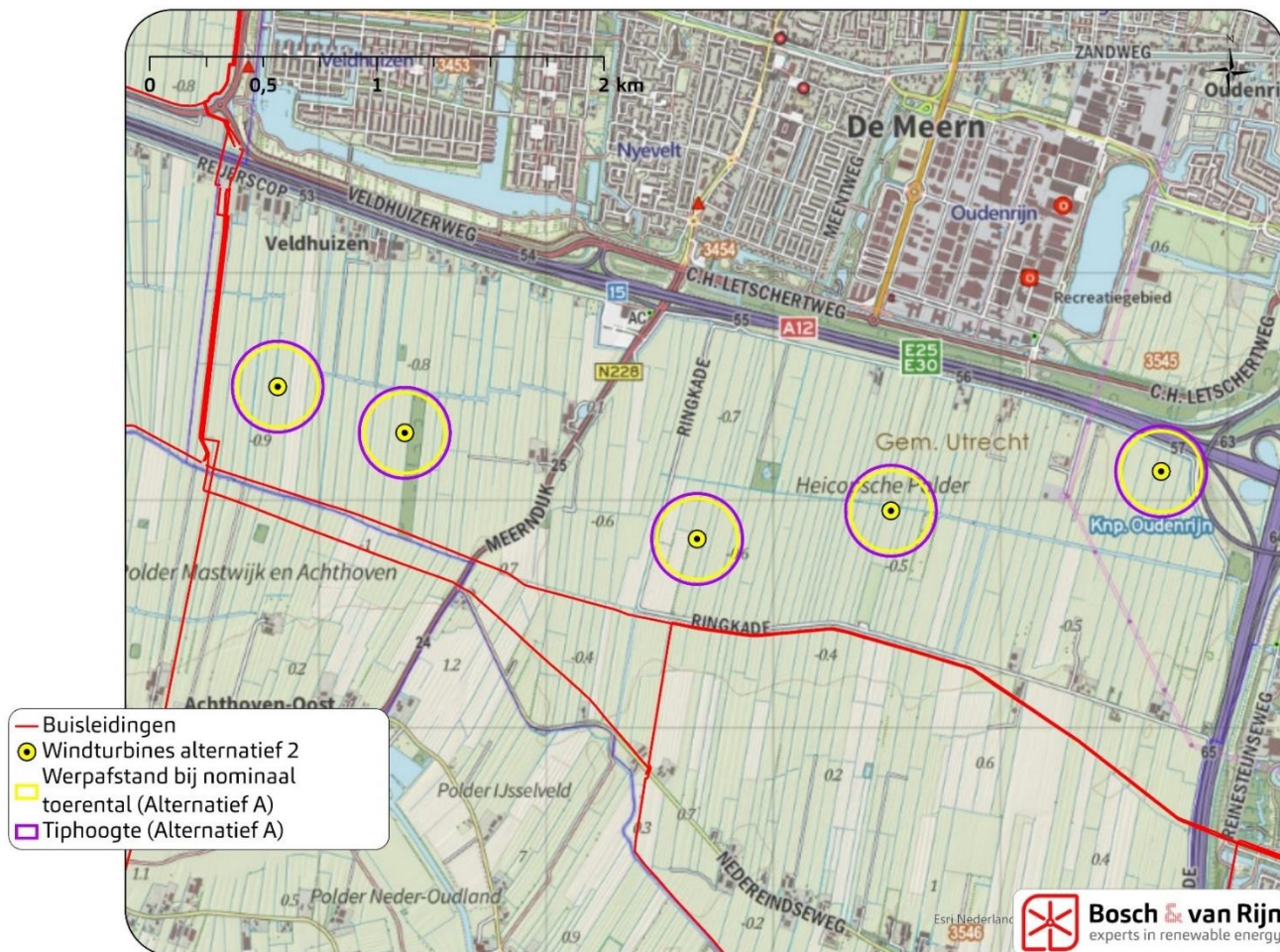


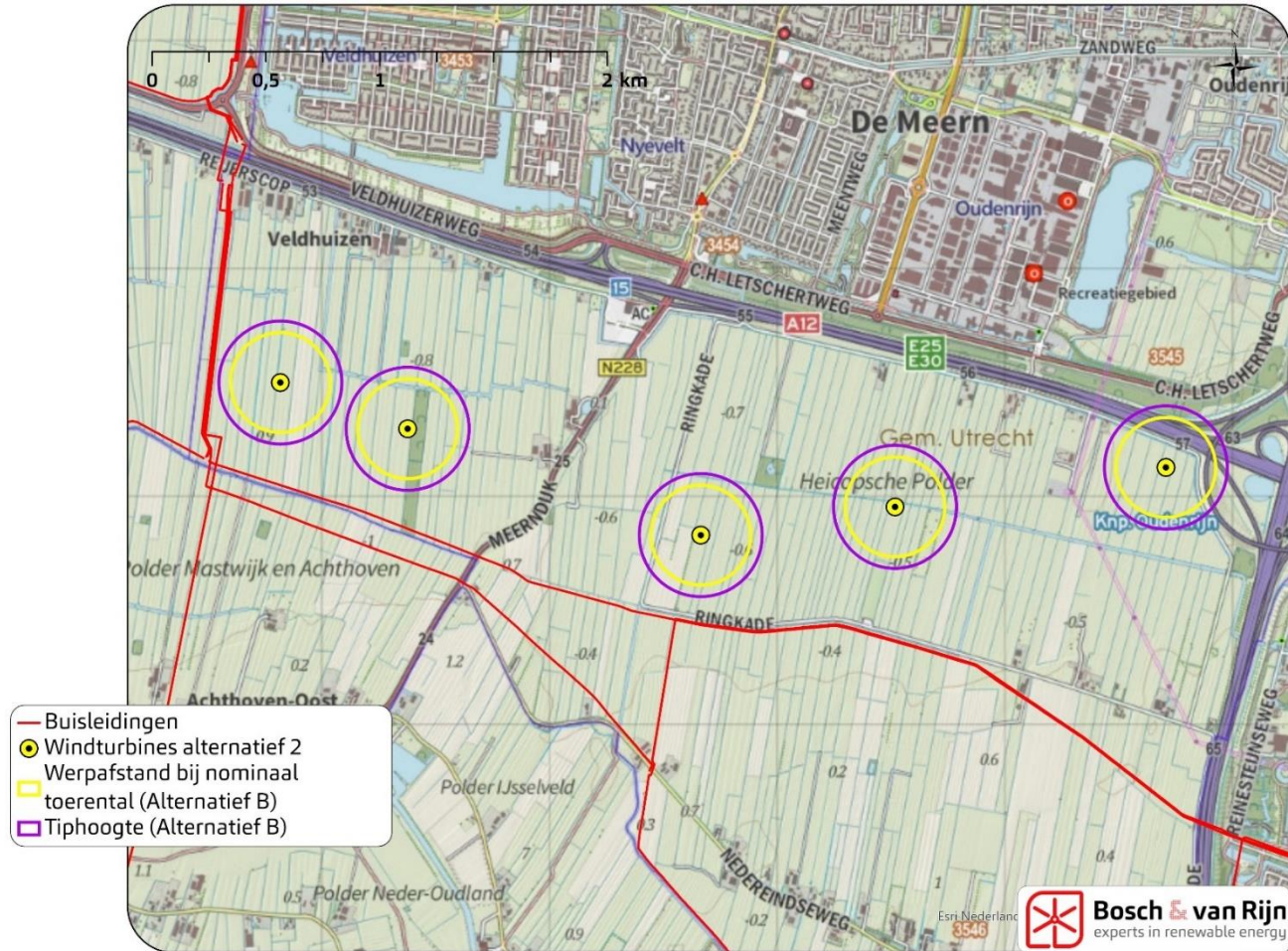


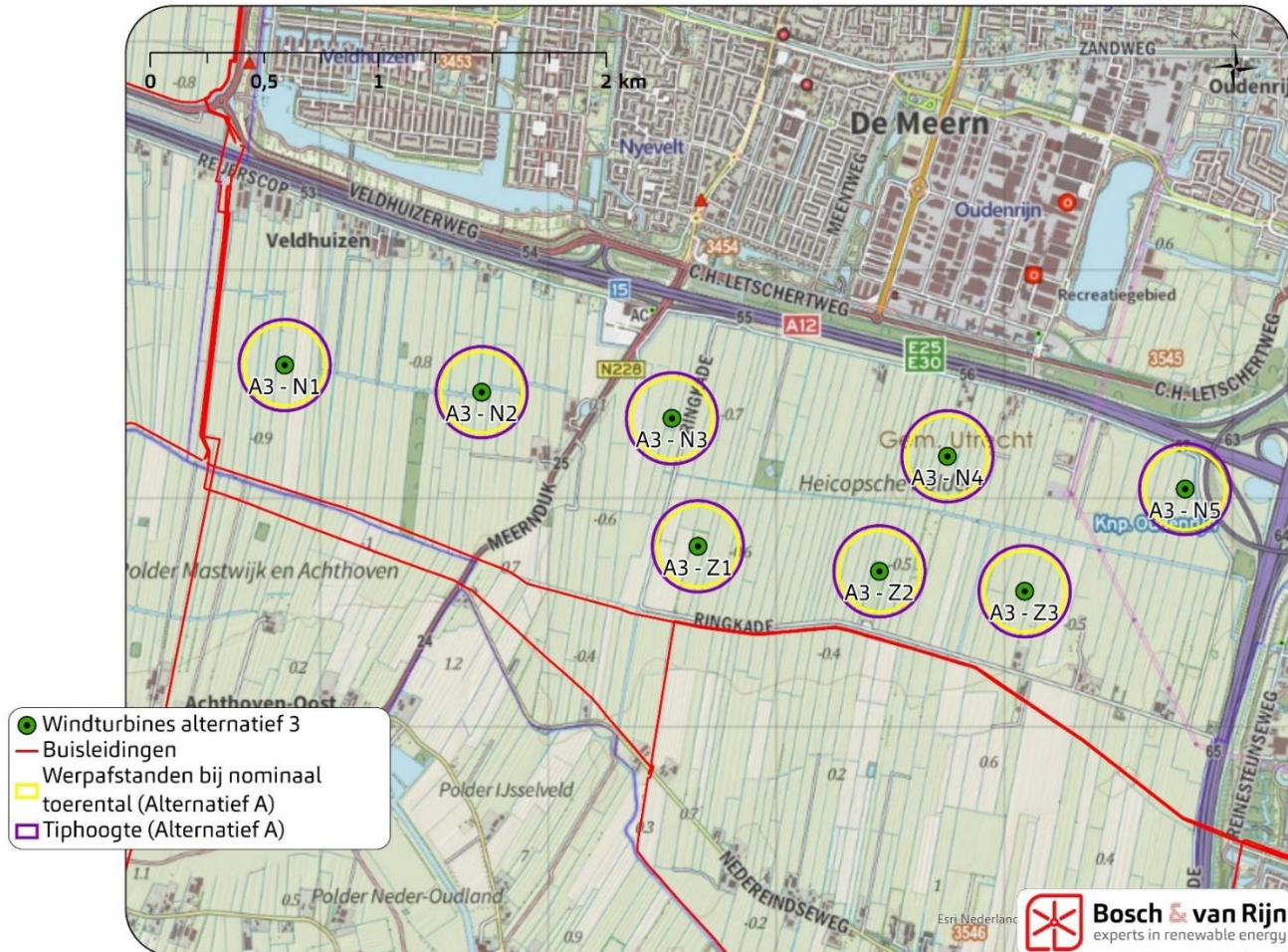
Buisleidingen

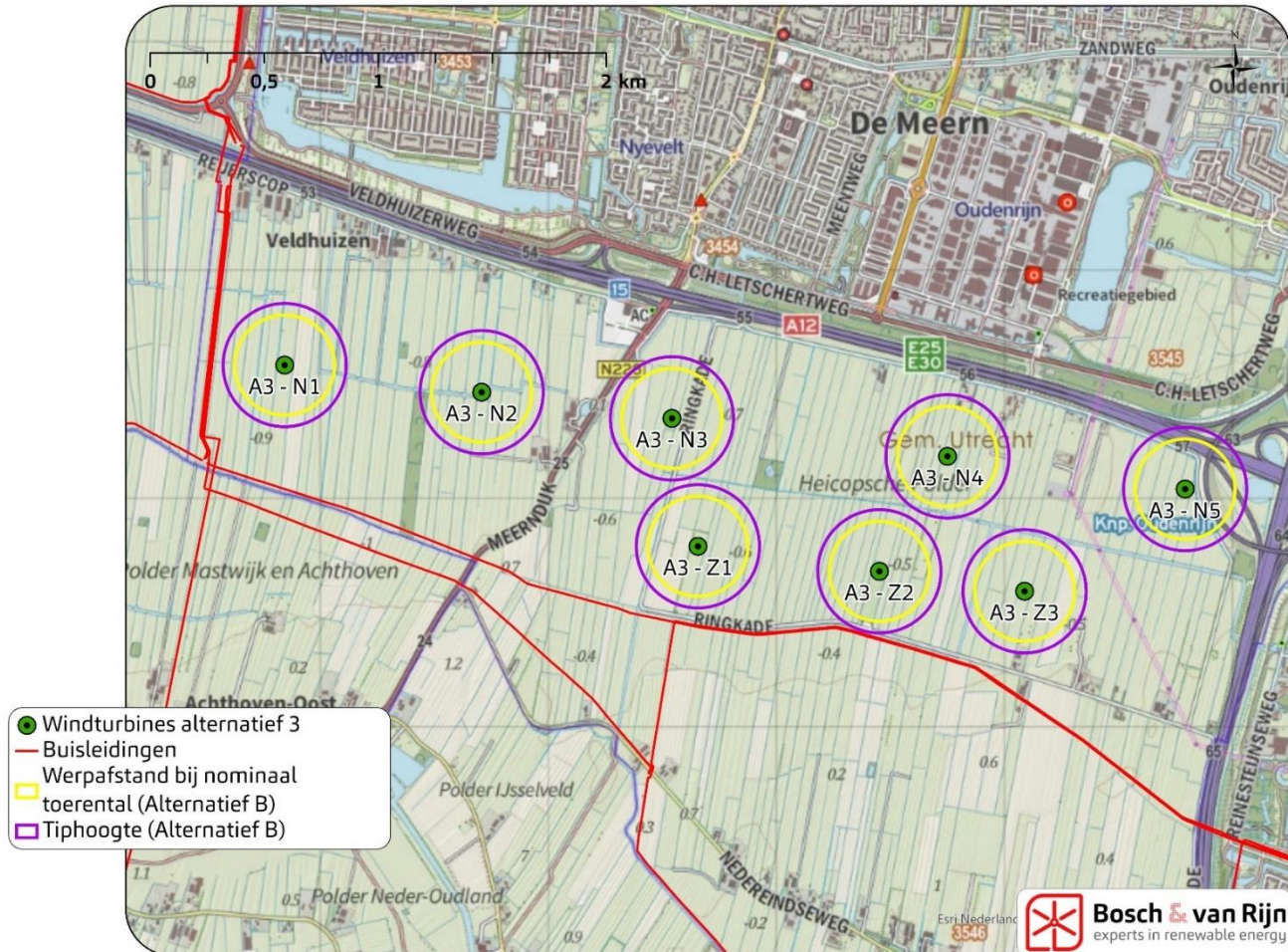


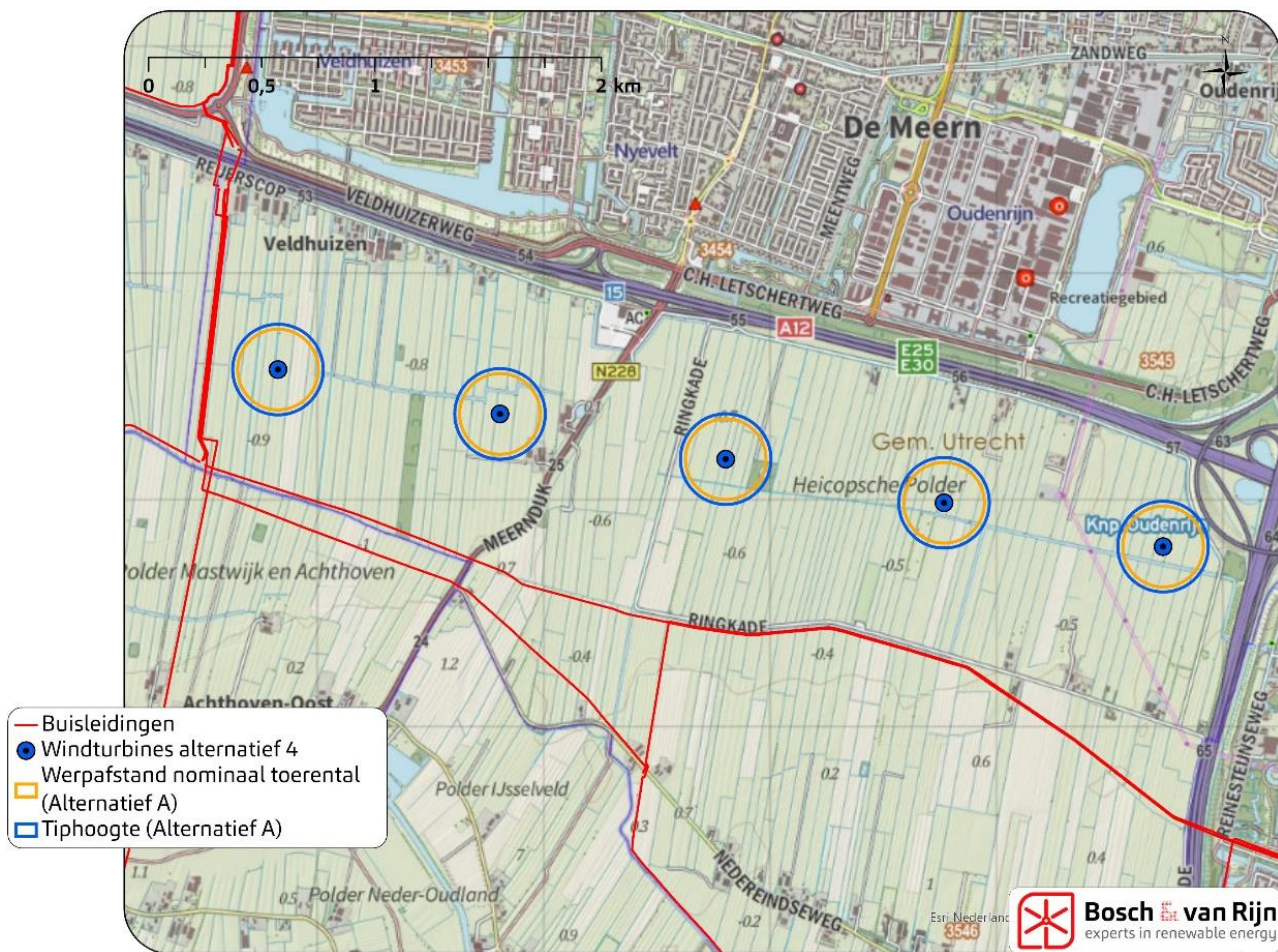


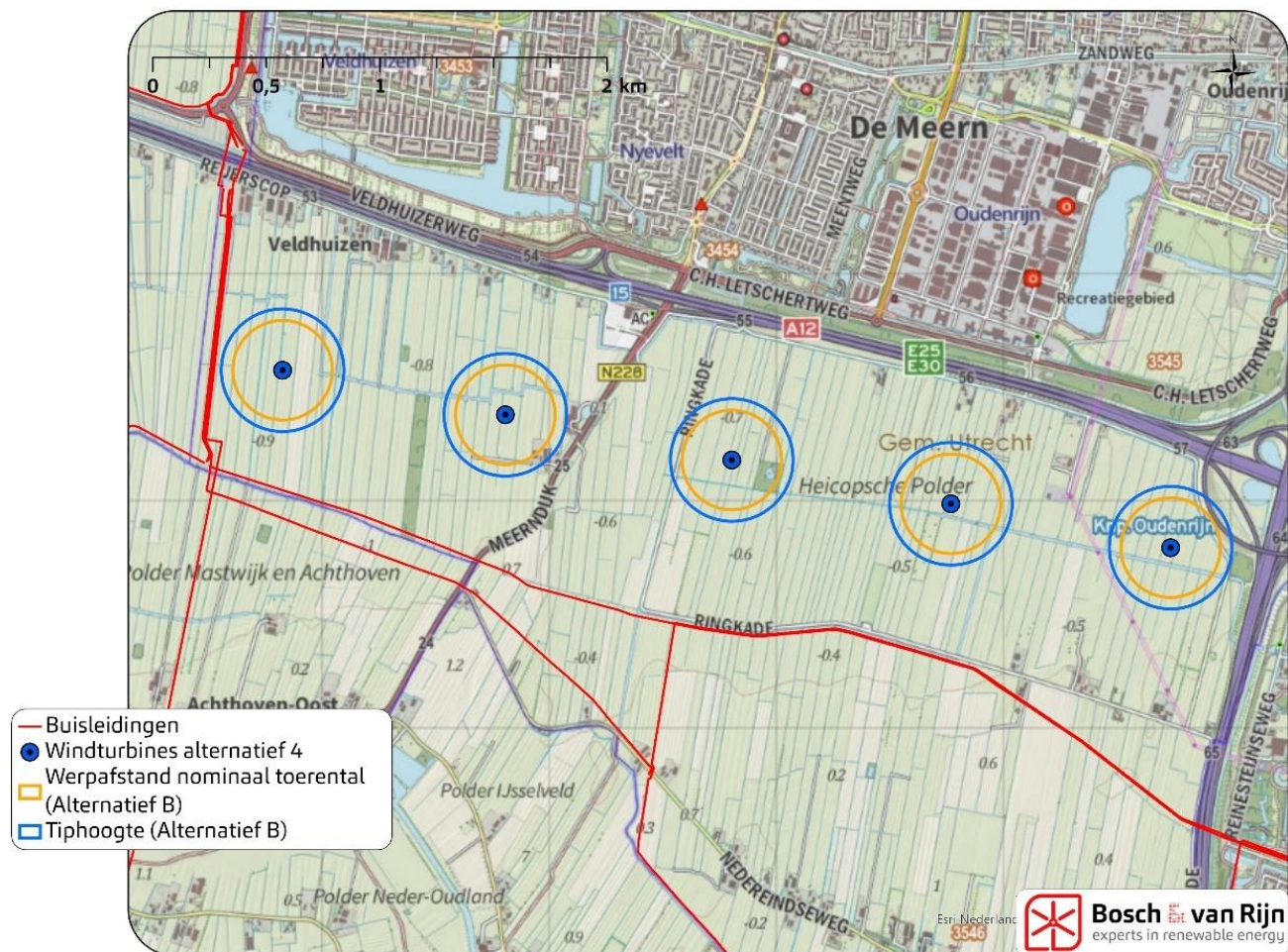




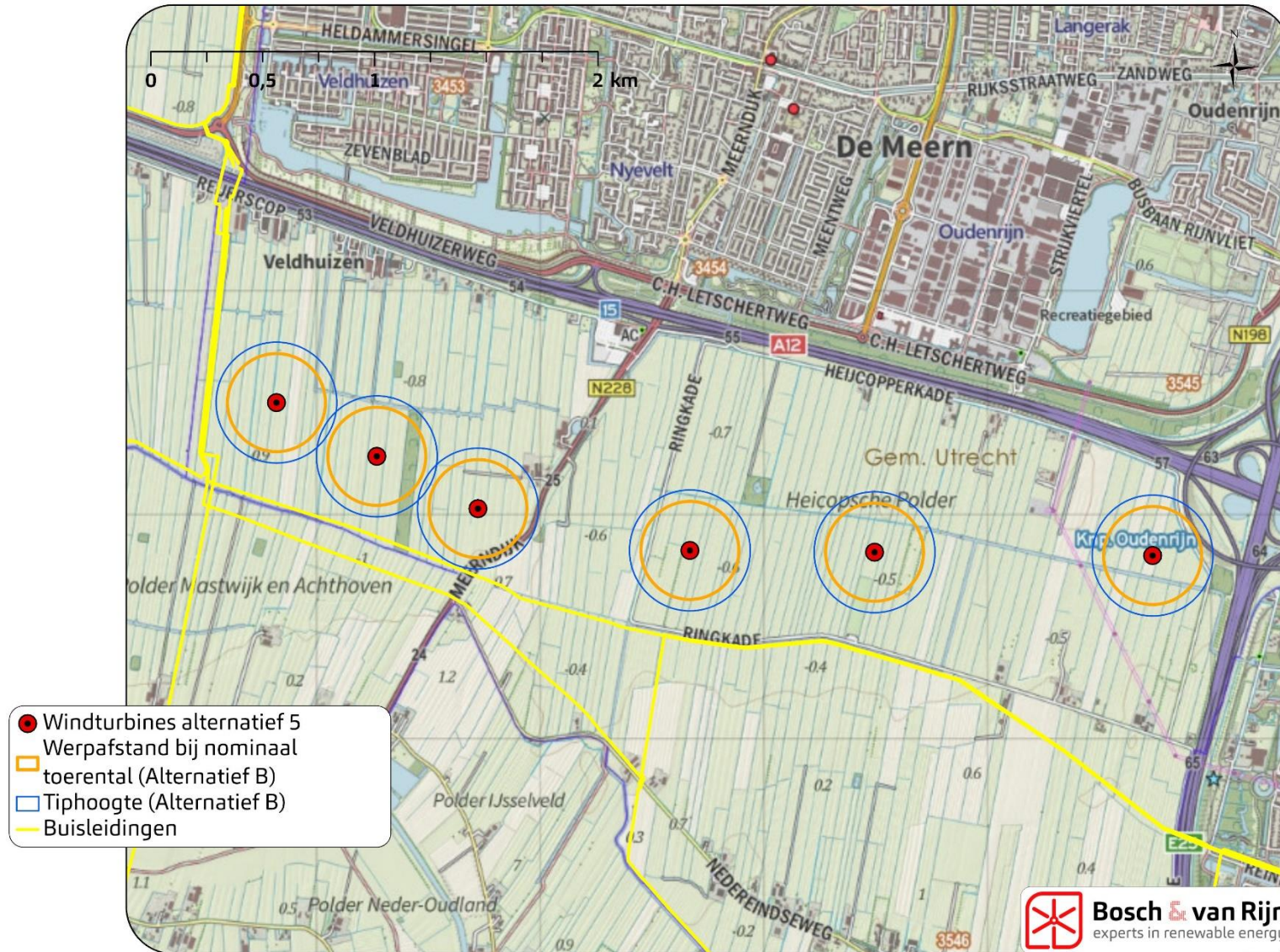








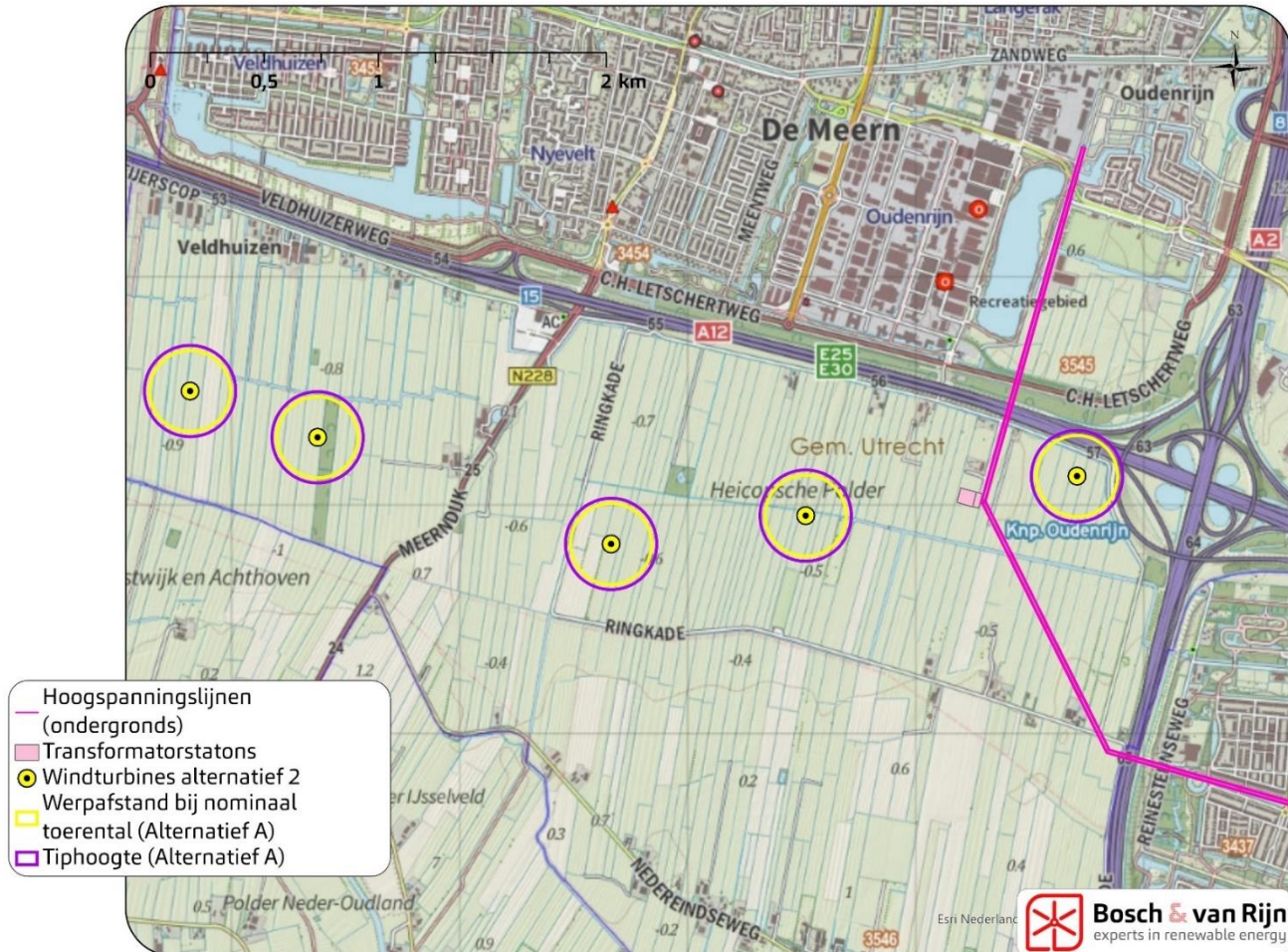


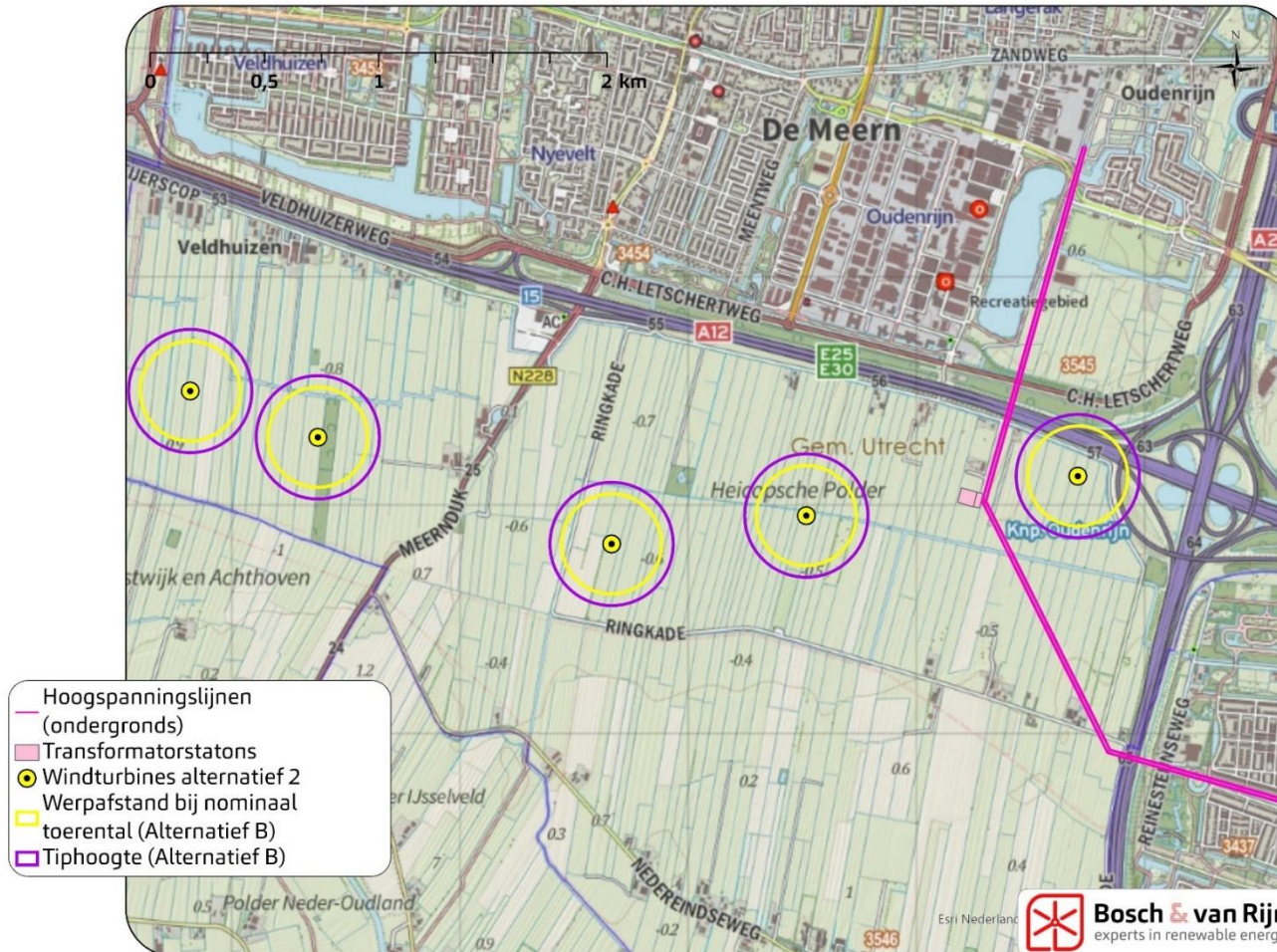


Hoogspanningsinfrastructuur

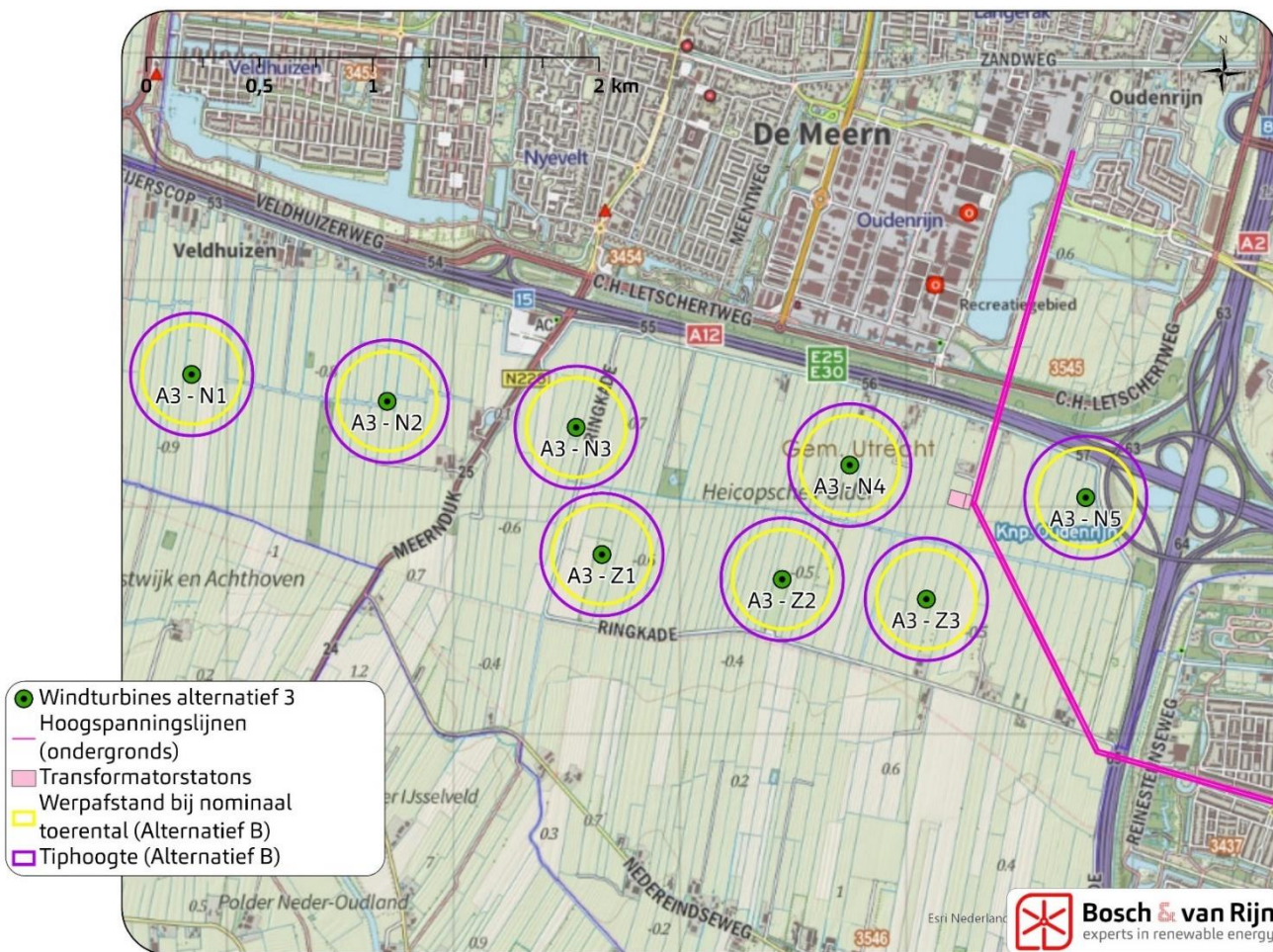


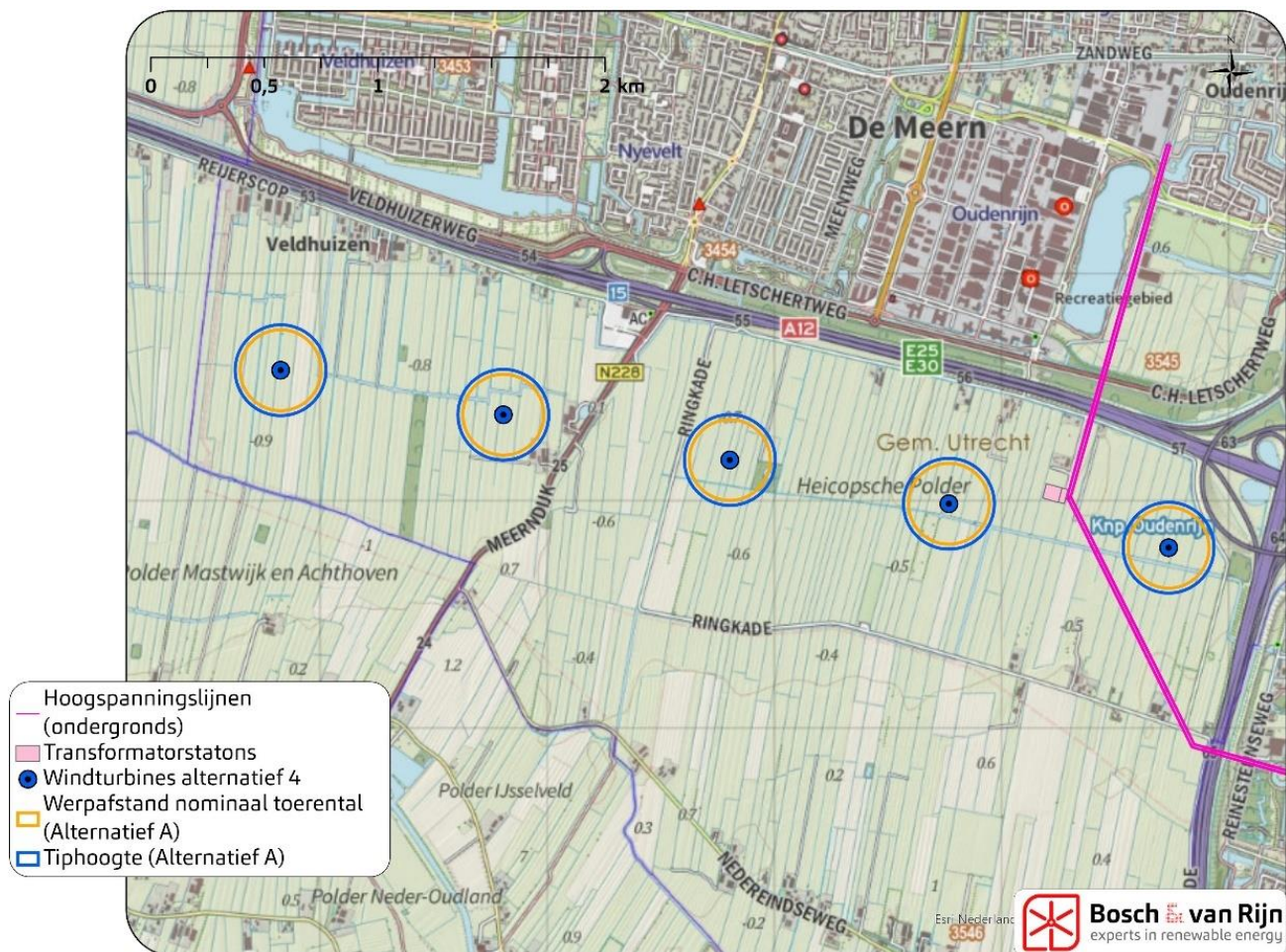


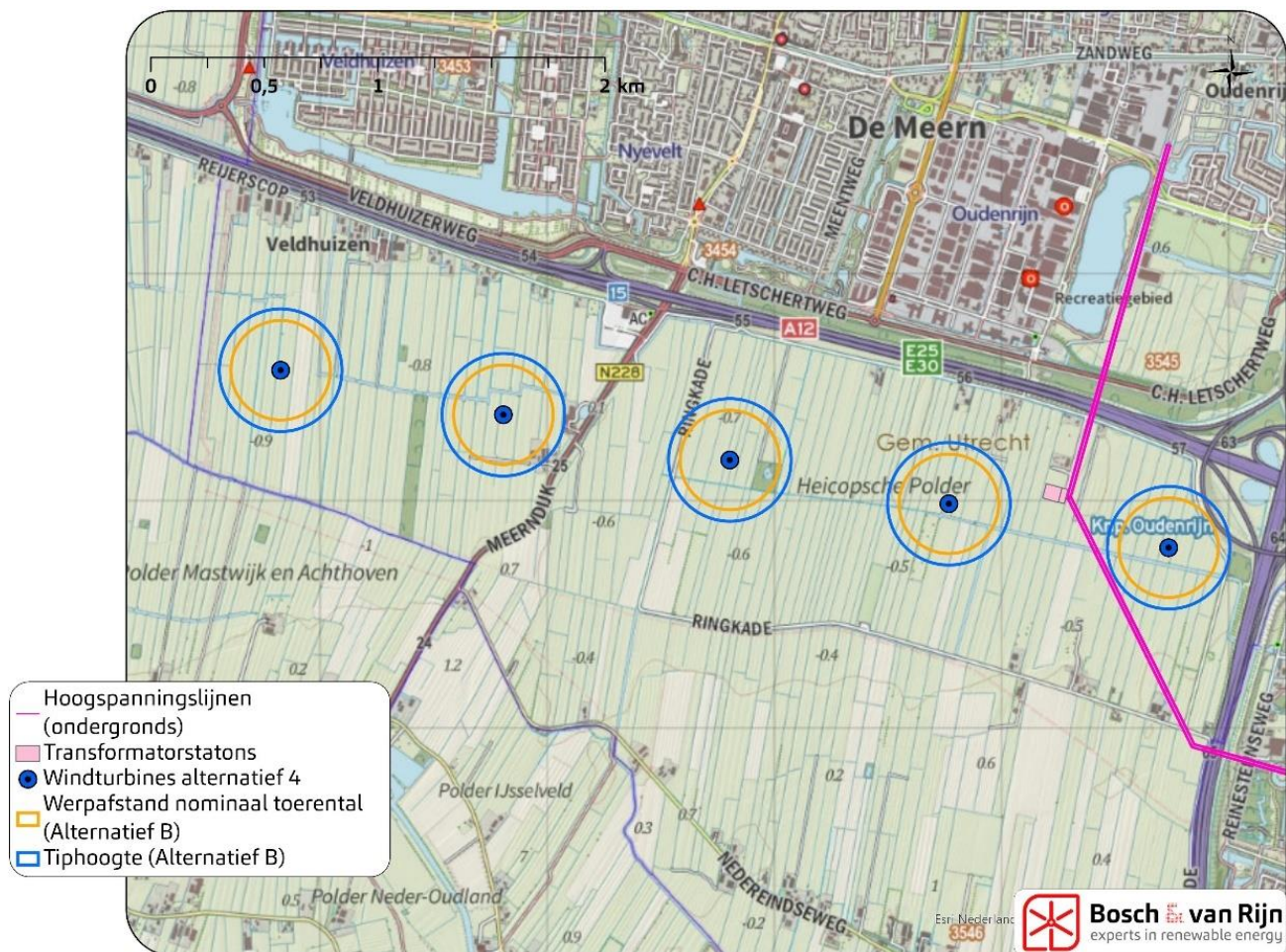


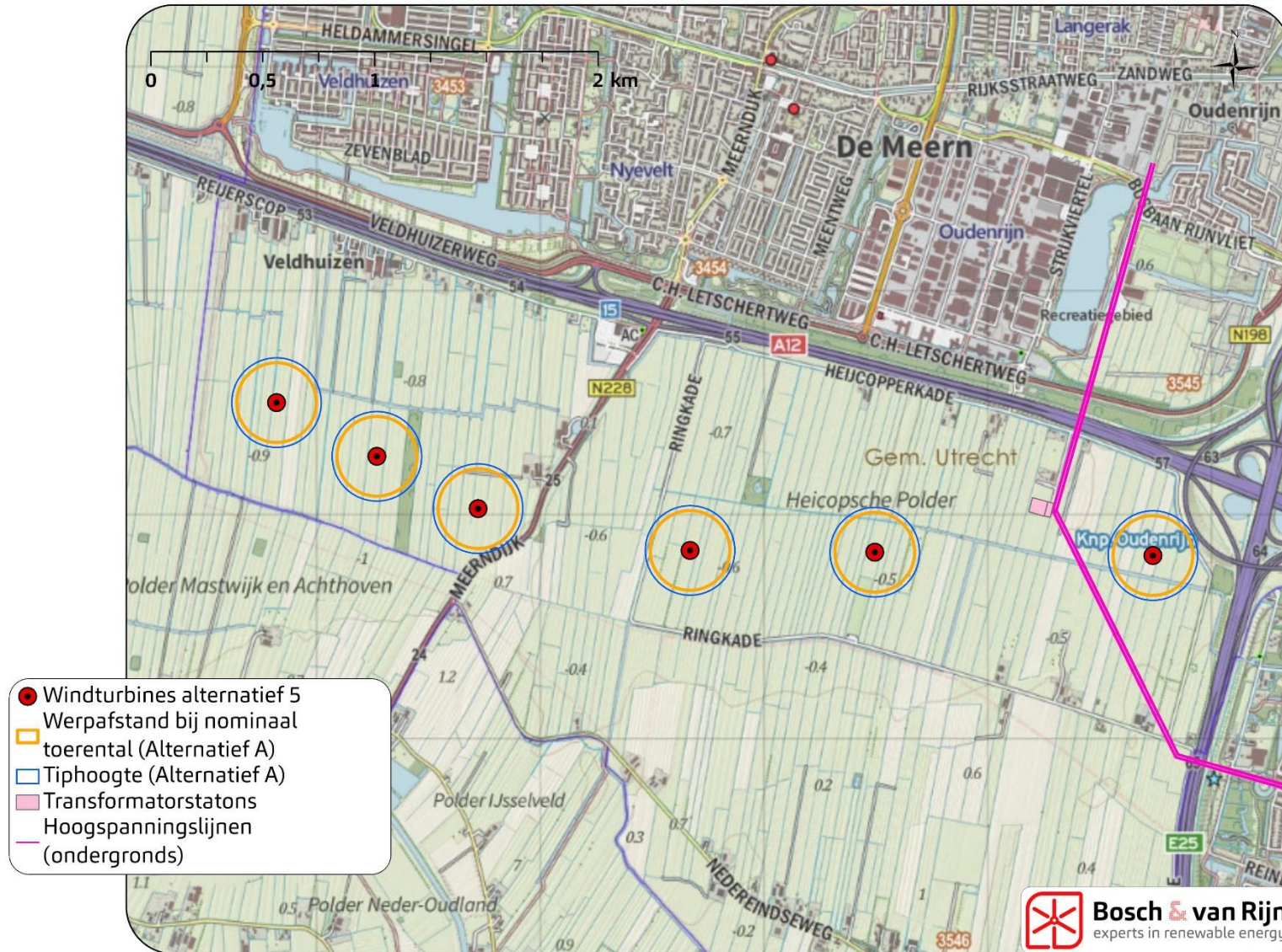


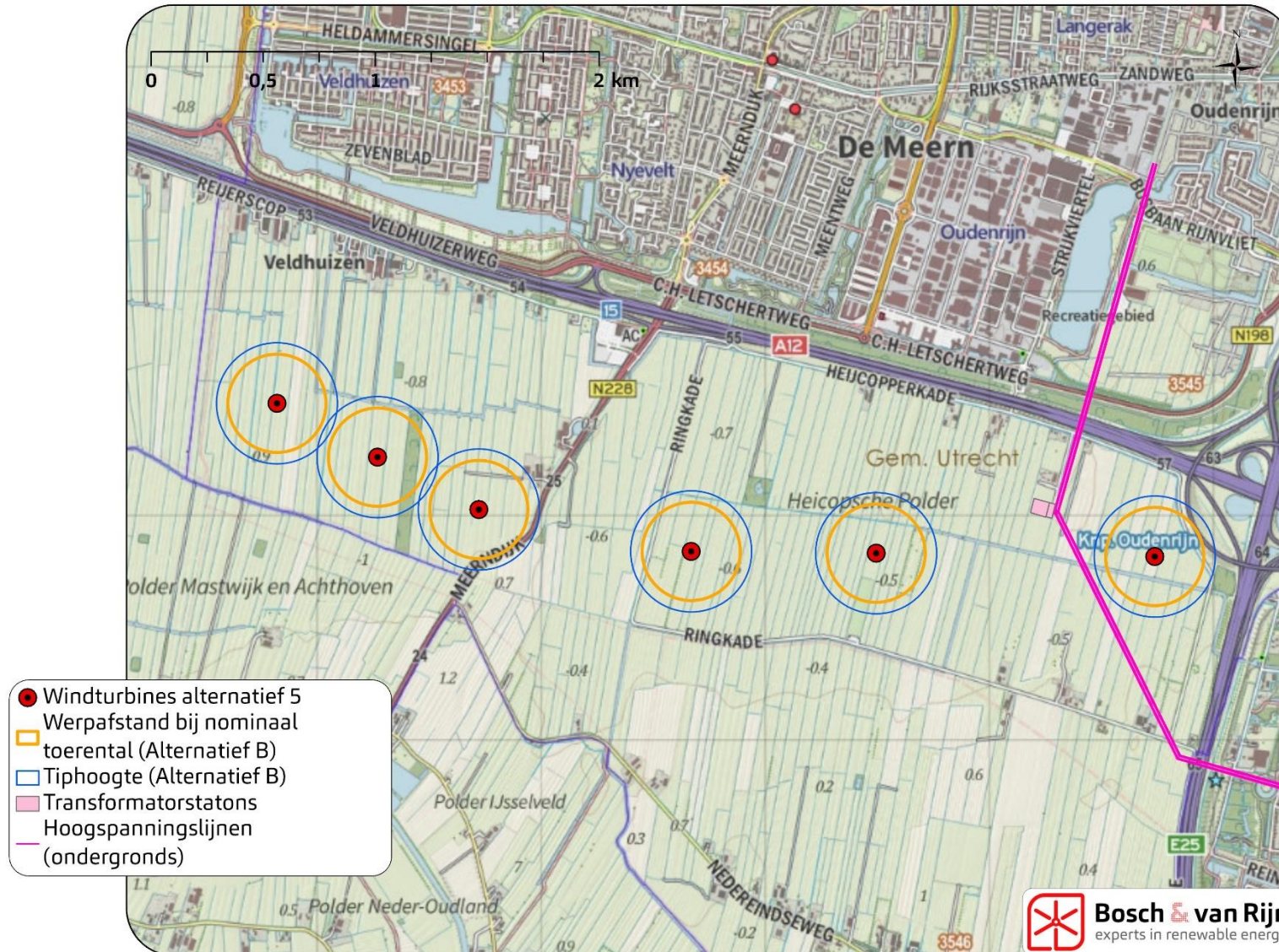






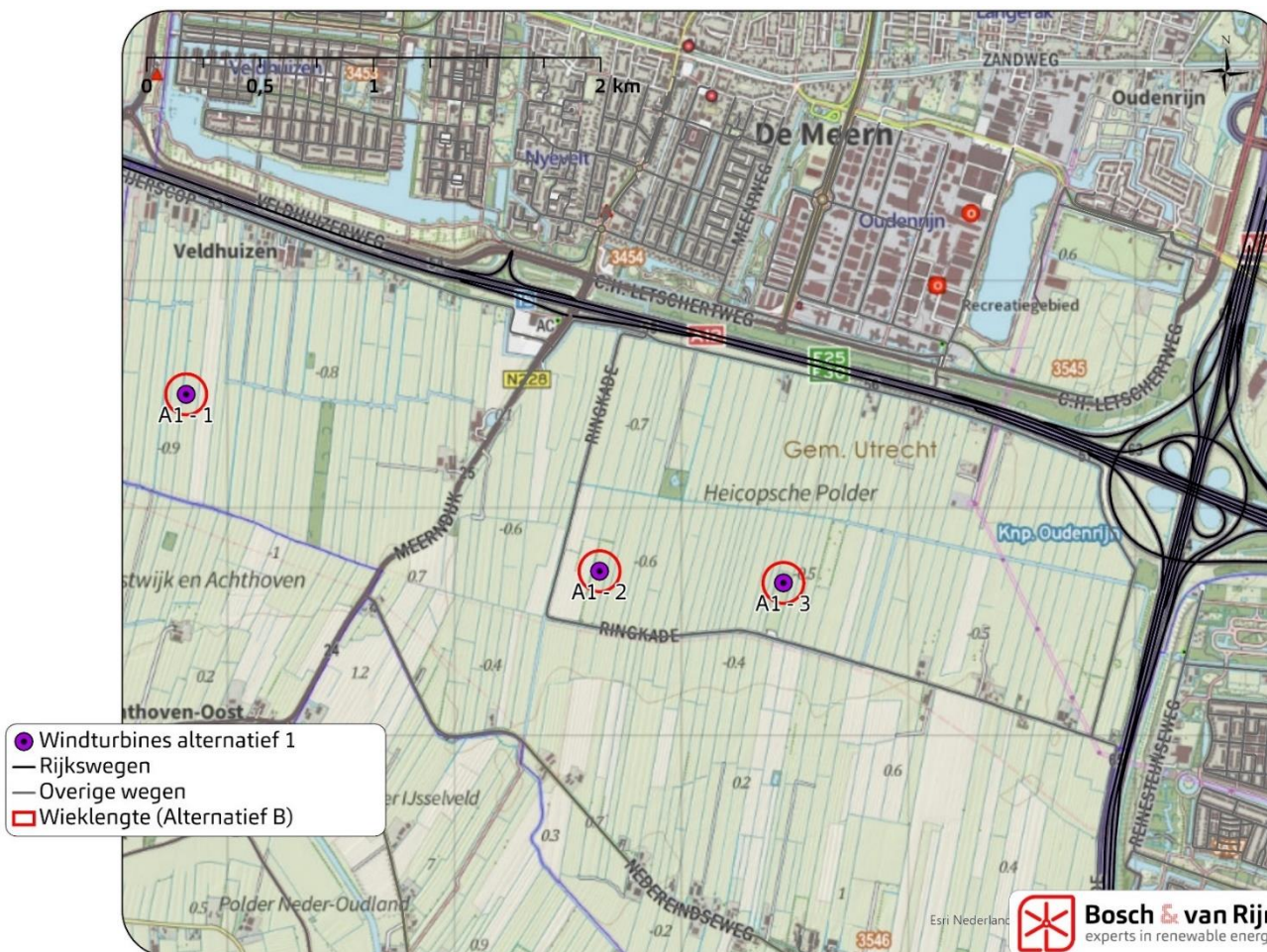






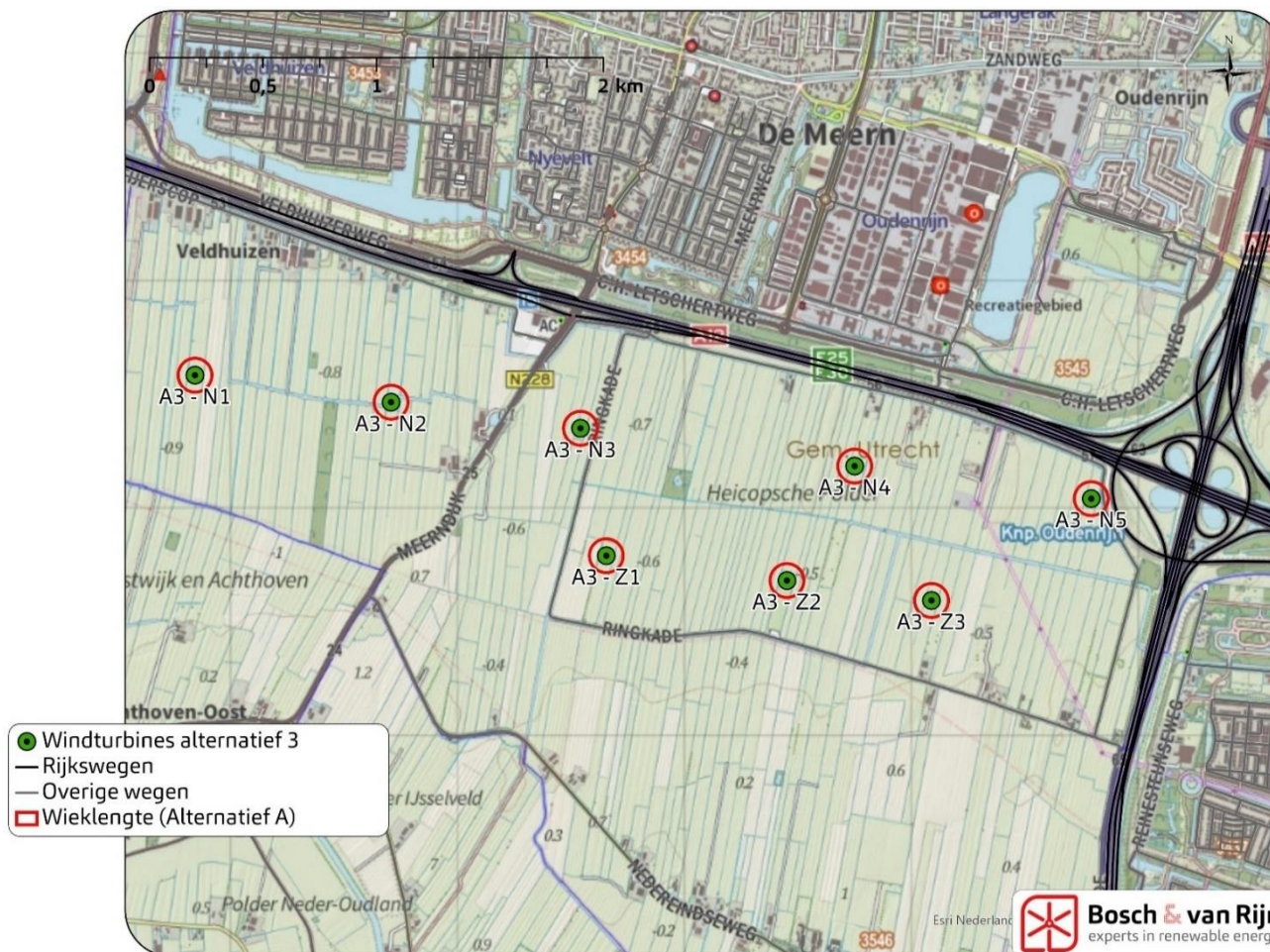
Wegen

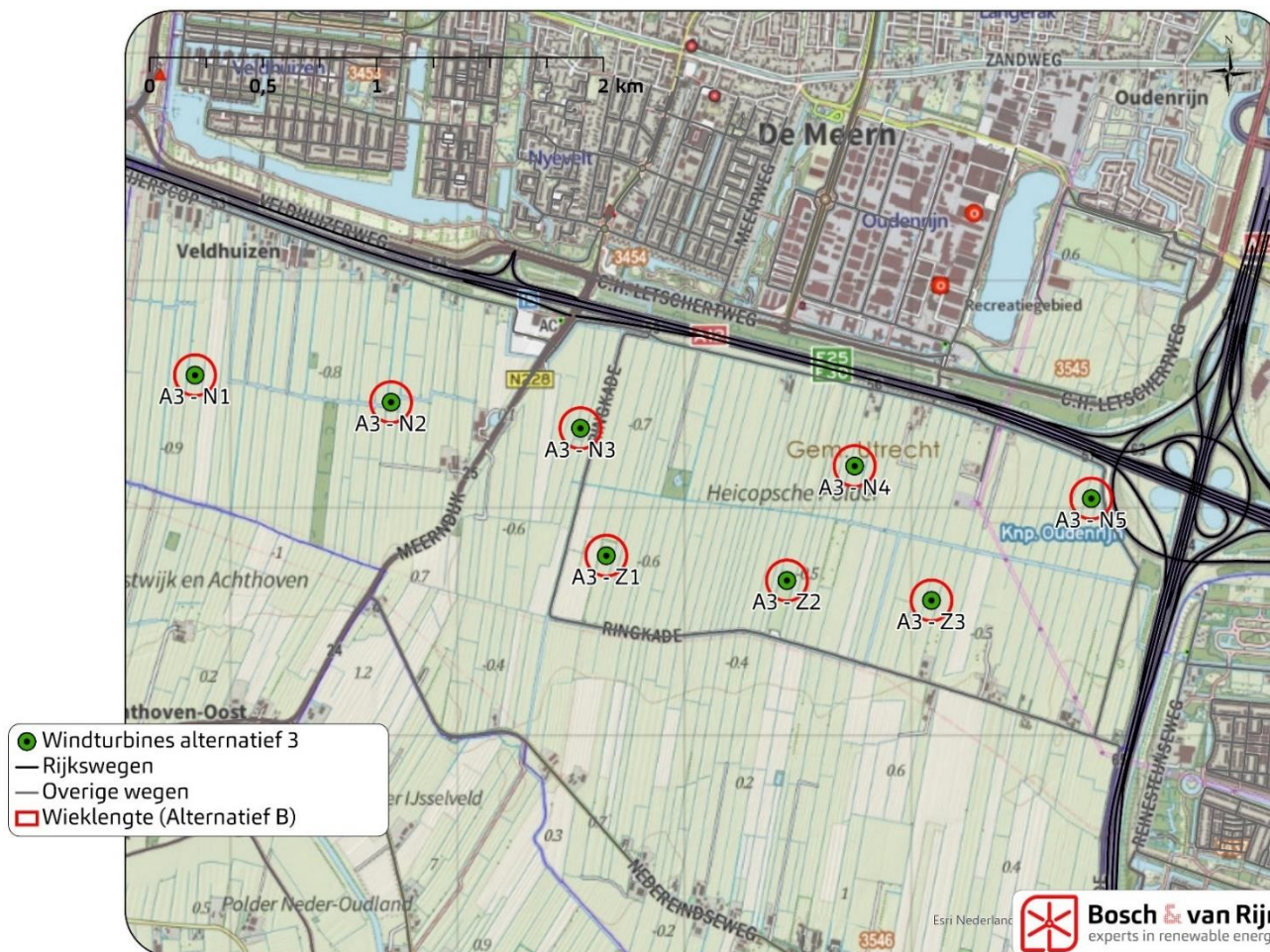


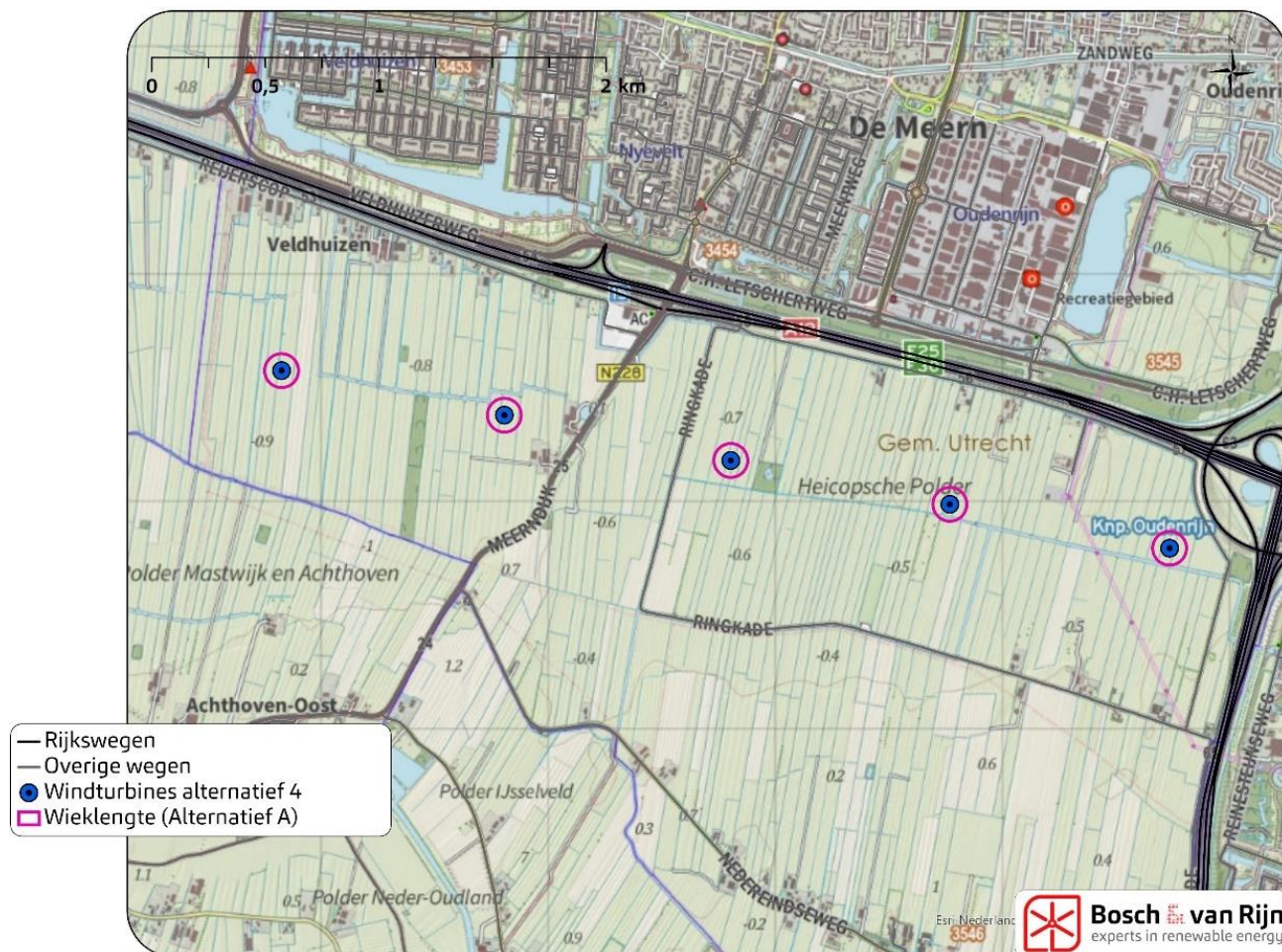




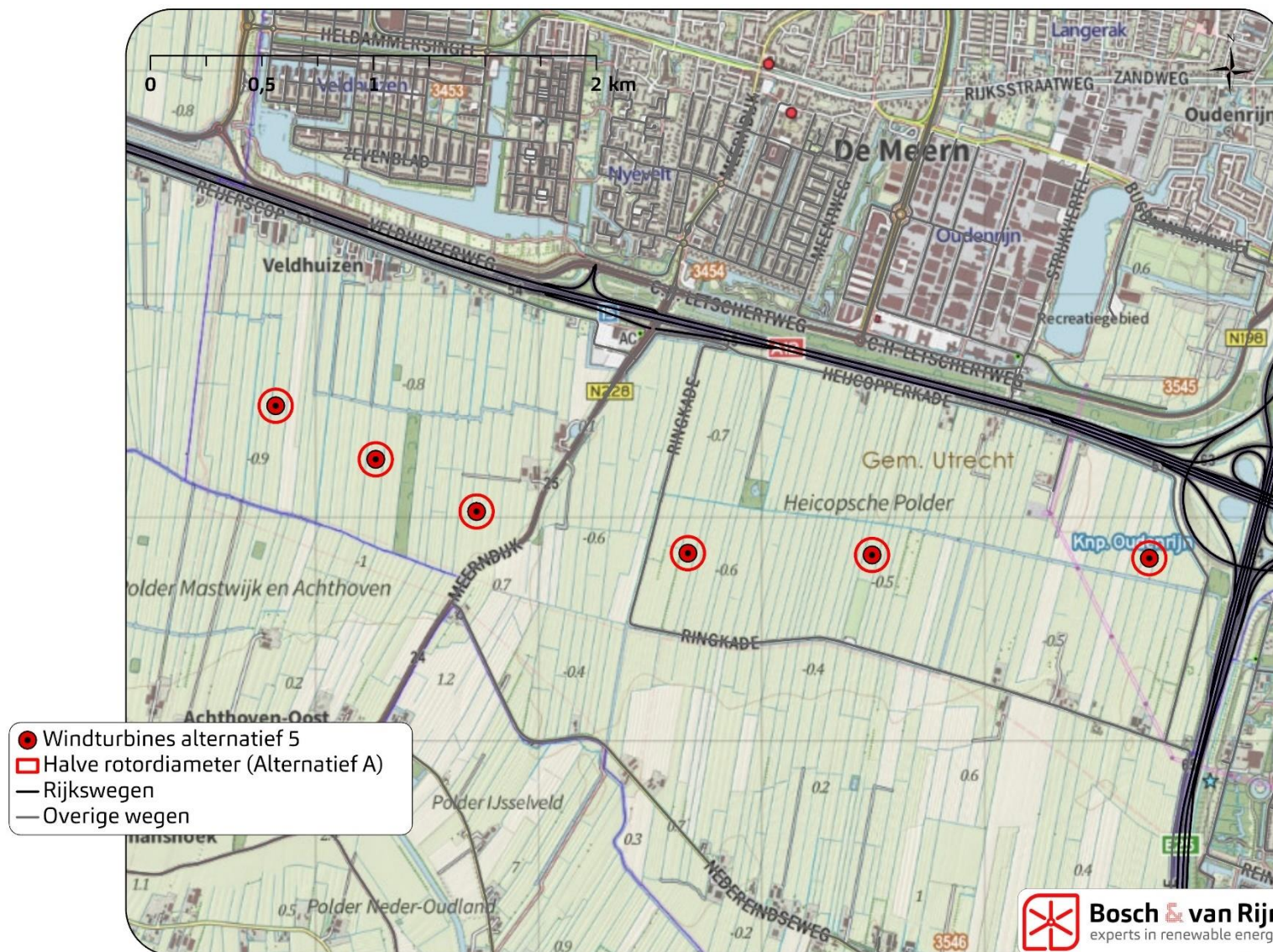


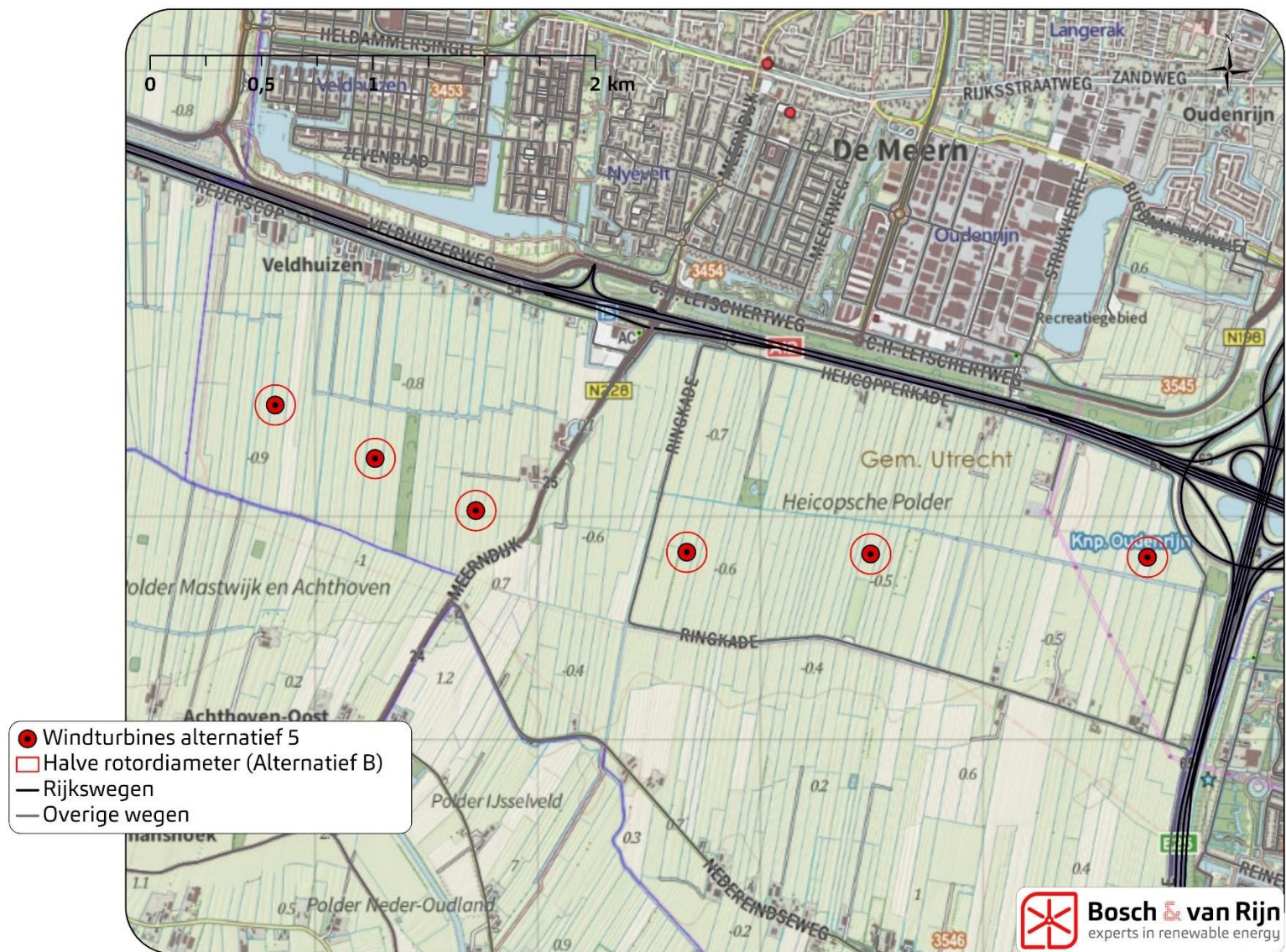




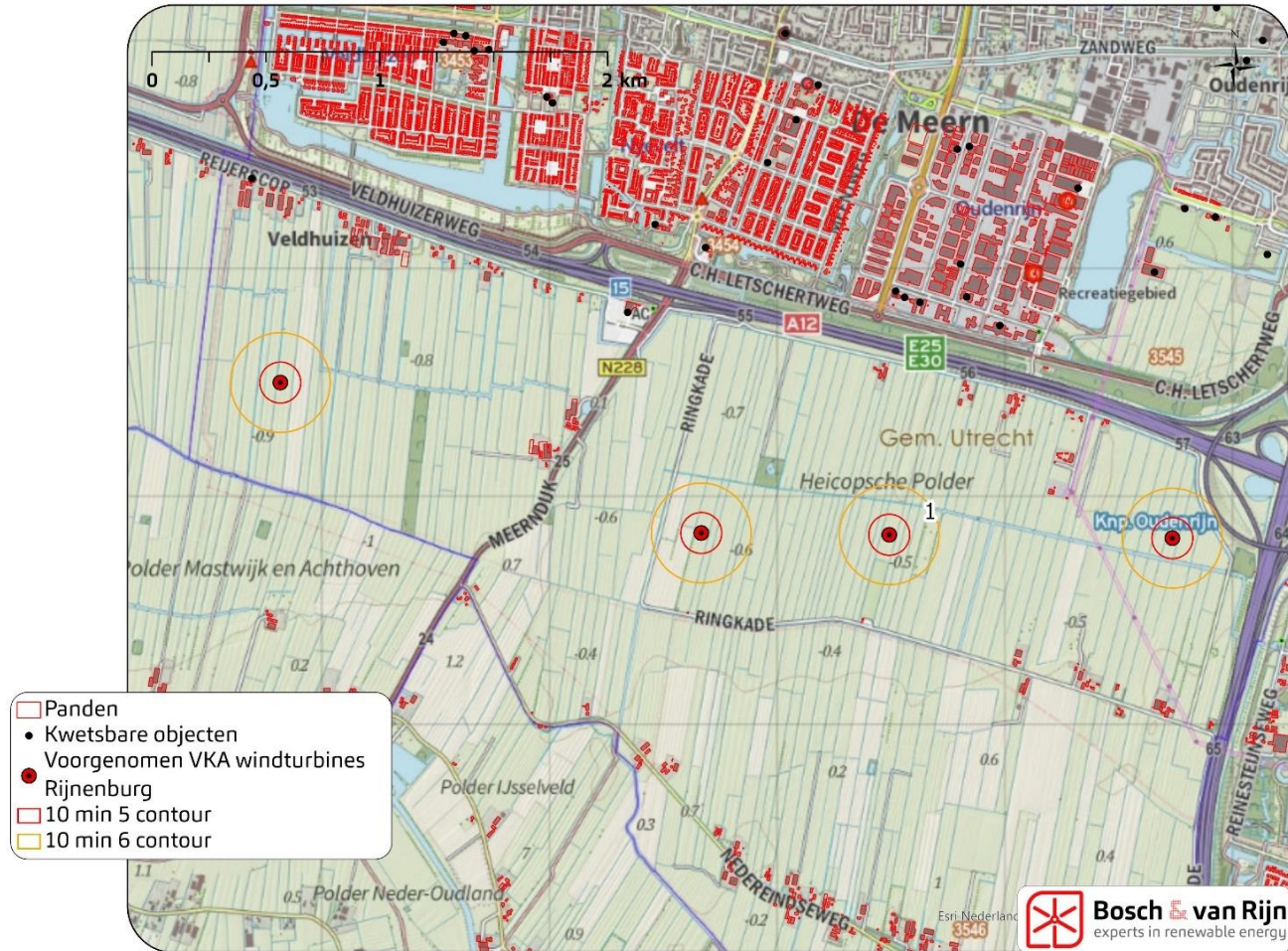




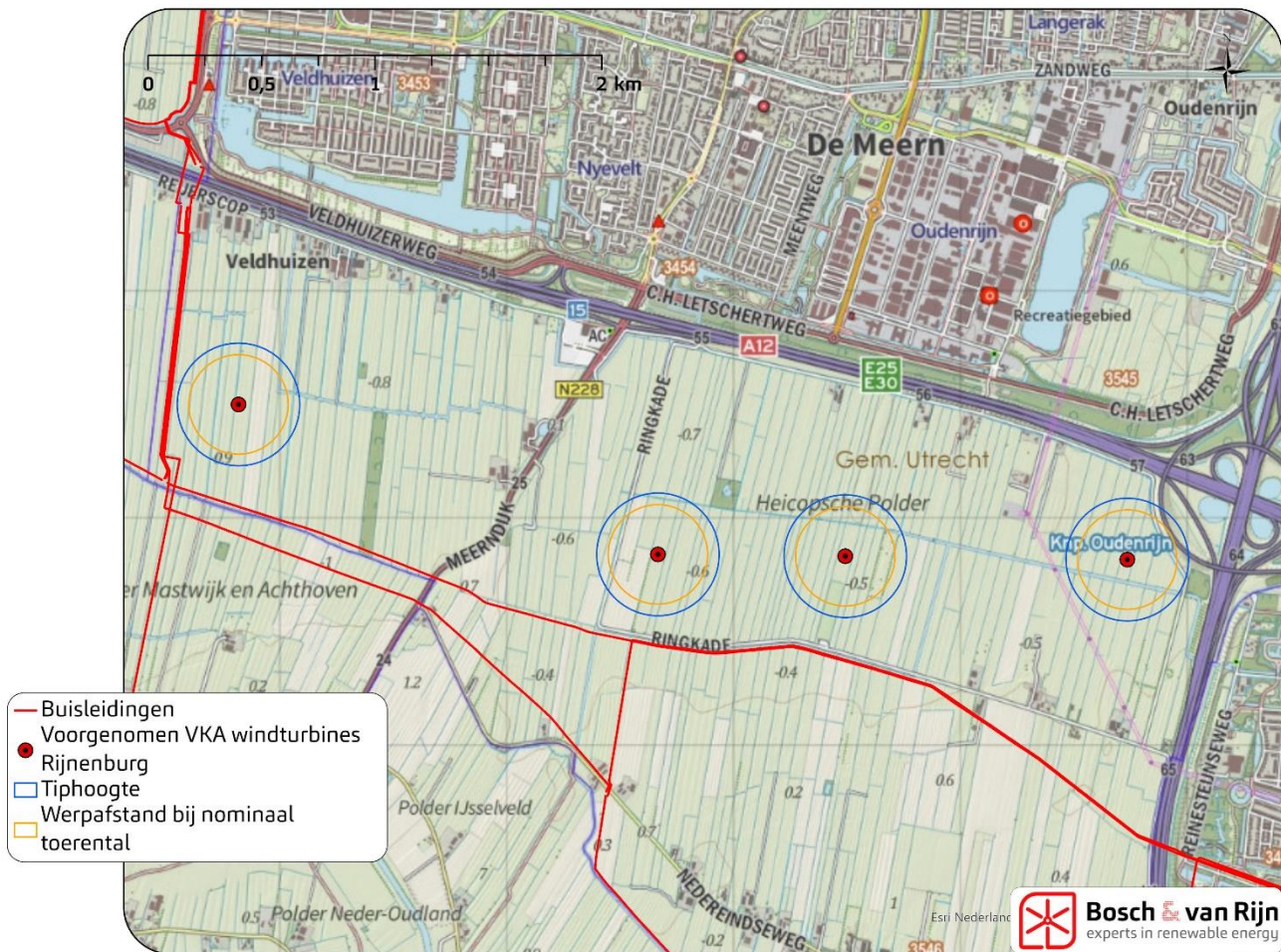


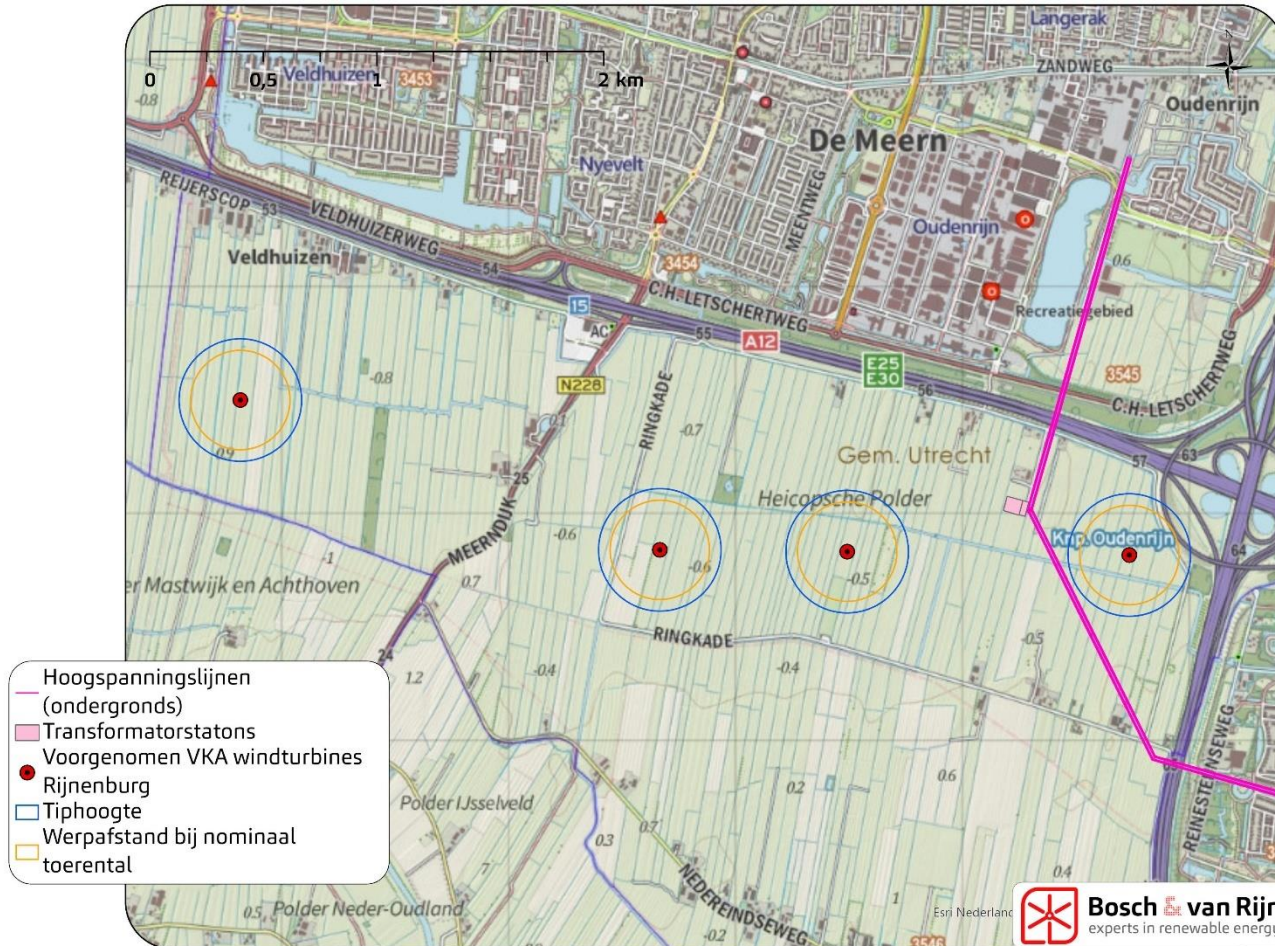


Voorkeursalternatief











Bijlage B 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]

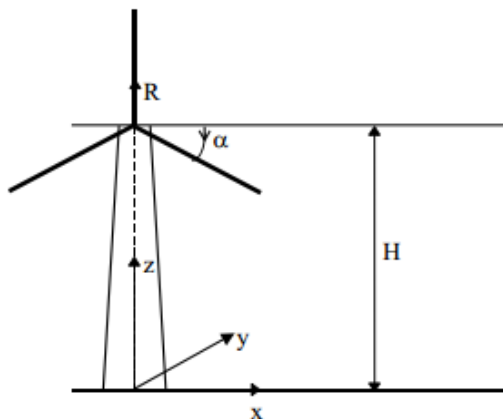
Ω : toerental van de rotor [rad/s]

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

α : azimuthoek [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 terecht komt 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 terecht komt, 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 C (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;

Bijlage D IPR / MR berekening Rarro- zones



Bosch & van Rijn
experts in duurzame energie

Franz-Lisztplantsoen 220
3533 JG Utrecht
www.boschenvanrijn.nl

