



Effect van Elzenhagen Zuid nieuwbouw op windklimaat Molenbiotoop Krijtmoen d'Admiraal

Auteur(s): ir. Ragiël Wildvank
Controlleur: ir. Ashly Berghuizen
Datum: 24/10/2019

AFR - 4843
Versie 1.1
©2019 Actiflow BV

Inhoudsopgave

- 1** Introductie

- 2** Opzet van de studie
 - 2.1 Opzet van de studie
 - 2.2 Geometrie van de verschillende situaties
 - 2.3 Molenbiotoop formule

- 3** Opzet van de simulaties
 - 3.1 Software
 - 3.2 Rekenrooster
 - 3.3 Aannames en randvoorwaarden
 - 3.4 Vegetatie-model

- 4** Resultaten
 - 4.1 Resultaten CFD simulatie
 - 4.2 Vergelijking tussen CFD en meetdata Krijtmolen d'Admiraal

- 5** Conclusie

- A** Situatie close-up
- B** Geometrie details
- C** Maaiveldhoogten

1 Introductie

Dit document beschrijft een studie om te bepalen wat de invloed is van de nieuwbouw in Elzenhagen Zuid op het windklimaat nabij Krijtmolen d'Admiraal.

Krijtmolen d'Admiraal is een rijksmonument gelegen te Amsterdam-Noord aan het Noordhollandsch Kanaal ter hoogte van Buiksloot. Ten oosten van het Noordhollandsch Kanaal ontwikkelt de gemeente Amsterdam de wijk Elzenhagen Zuid. Hierbij wordt de huidige, veelal recreatieve functie van het gebied zoals atletiekbaan, sporthal en volksbond gehandhaafd, daarnaast worden er voorzieningen zoals scholen en 1800 woningen gerealiseerd.

Elzenhagen Zuid is gelegen binnen de zogenaamde Molenbiotoop van Krijtmolen d'Admiraal. Via de vuistregels van de Molenbiotoopformule¹ kan empirisch bepaald worden welke hoogte obstructies op een specifieke afstand van de molen mogen hebben, zodat de invloed op de windvang van de molen minimaal is. Aan de hand van deze formule is in samenspraak tussen de gemeente Amsterdam en Krijtmolen d'Admiraal vastgesteld in het Stedenbouwkundig Plan welke hoogte een deel van de gebouwen binnen Elzenhagen Zuid mogen hebben, dit is weergegeven in figuren 2.3 en 2.4. In een deel van het gebied wordt de molenbiotoopformule gehanteerd als uitgangspunt voor de maximale hoogte van bebouwing en beplanting (paarse zones). In het andere deel is hogere bebouwing mogelijk.

De gemeente Amsterdam wil graag meer inzicht in het effect van de nieuwbouw op het windklimaat nabij Krijtmolen d'Admiraal. Actiflow is gevraagd dit effect als onafhankelijke partij inzichtelijk te maken.

Actiflow is expert op het gebied van stromingsleer met een sterke focus op de

gebouwde omgeving. Onderdeel hiervan is de simulatie van het windklimaat in de gebouwde omgeving. Zo heeft Actiflow het windhinderonderzoek voor Elzenhagen Zuid uitgevoerd in opdracht van Cauberg Huygen. Deze kennis wordt door Actiflow ook ingezet bij het bepalen van het windklimaat en meer specifiek de bepaling van potentiële draaiuren van windmolens.

De simulaties zijn uitgevoerd op basis van Computational Fluid Dynamics (CFD). Daarbij is het model opgezet volgens de uitgangspunten voorgeschreven in NEN 8100:2006 welke inzicht geeft in 'windhinder en windgevaar in de gebouw-omgeving'.

Diverse situaties zijn in onderhavige studie beschouwd. Hierbij worden onder meer de situatie in 2016 voor de ontwikkeling van Elzenhagen Zuid zonder en met bomen, de toekomstige situatie met Elzenhagen Zuid conform de plannen en de situatie met een verhoogd Elzenhagen Zuid gesimuleerd. Daarnaast wordt gevarieerd in de aanwezigheid van bomen teneinde het effect hiervan inzichtelijk te maken.

Deze rapportage beschrijft deze studie en de resultaten hiervan. Hoofdstuk 2 gaat in op de algemene opzet van de studie. De gebruikte geometrie van de gebouwen, de omgeving, het rekendomein en de bijbehorende randvoorwaarden zijn weergegeven in hoofdstuk 3. De resultaten van de berekeningen worden besproken in hoofdstuk 4, waarna de conclusies volgen in hoofdstuk 5.

¹ <https://www.molens.nl/molenbiotoop/biotoopformule/>

2 Opzet van de studie

Deze studie heeft als doel om objectief te bepalen wat de invloed is van de nieuwbouw van Elzenhagen Zuid op het windklimaat en meer specifiek de potentiële draaiuren van Krijtmolen d'Admiraal. Een overzicht van de situatie in 2016 (bij aanvang van de planontwikkeling), met de molen en het plangebied van Elzenhagen Zuid is weergegeven in figuren A1 en A2.

2.1 Opzet van de studie

Simulaties aan de hand van computermodellen maken het mogelijk om zeer gedetailleerde geometrische en statistische data in te voeren, zodat een specifieke locatie tot in detail kan worden beschouwd. Computational Fluid Dynamics (CFD) maakt het mogelijk het windstromingspatroon in een driedimensionaal computermodel te bepalen.

In het computermodel wordt een aantal randvoorwaarden opgelegd betreffende gegevens van de bomen en randvoorwaarden betreffende de wind (zie hoofdstuk 3). Hierbij worden best-practice guidelines² betreffende het bepalen van het windklimaat in de gebouwde omgeving aangehouden. Deze geven onder meer aan hoe het atmosferisch grenslaagprofiel aan de rand van het domein dient te worden opgelegd.

De beschouwing van de in sectie 2.2 genoemde situaties geeft een compleet beeld van de invloed van Elzenhagen Zuid, de invloed van eventuele hogere bouwhoogte van Elzenhagen Zuid en de invloed die de voorgestelde vegetatie op het windklimaat rondom de Krijtmolen d'Admiraal heeft.

2.2 Geometrie van de verschillende situaties

Het plangebied Elzenhagen Zuid ligt in Amsterdam-Noord, ten westen van de Nieuwe Leeuwarderweg. Het plangebied wordt begrensd door de Nieuwe Leeuwarderweg aan de oostkant en de IJdoornlaan aan de noordkant, het Noordhollandsch Kanaal aan de westkant en de Nieuwe Purmerweg aan de zuidkant.

De geometrie van het CFD model is gebaseerd op de verkregen tekeningen en modellen van de opdrachtgever (Stedenbouwkundig Plan Elzenhagen Zuid van de gemeente Amsterdam d.d. 29-11-2017), aangevuld met luchtfoto's (Luchtfoto Beeldmateriaal / PDOK 25 cm RGB 2018) hoogte data (AHN3 d.d. 02-2016) en geografische data (Google maps d.d 03-2018 en Google streetview d.d 07-2014). Een overzicht van het 3D-model is weergegeven in figuur 2.1. Het model omvat alle gebouwen binnen een straal van 400 meter rond het kerngebied bestaande uit Krijtmolen d'Admiraal.

Op basis van de CFD studie zijn de potentiële draaiuren conform de diverse situaties vergeleken. Hiermee kan inzicht worden gegeven in de onderlinge verschillen en dus het effect van de diverse variaties. De verschillende situaties worden hieronder beschreven.

² Franke, Jörg & Baklanov, Alexander. (2007). Best Practice Guideline for the CFD Simulation of Flows in the Urban Environment: COST Action 732 Quality Assurance and Improvement of Microscale Meteorological Models.

Situatie B1

Voor deze situatie is uitgegaan van de situatie in 2016 ten tijde van de start van het opstellen van het Stedenbouwkundig Plan voor Elzenhagen Zuid inclusief bomen en vegetatie. De bestaande situatie voor het maaiveld en de bebouwing is ontleend aan de AHN. De bestaande situatie voor het Stationsgebied Centrumgebied Amsterdam-Noord en Elzenhagen Noord is ontleend aan de gerealiseerde bebouwing en bestemmingsplanmogelijkheden voor nog niet gerealiseerde kavels. Voor de vegetatie (bomen en beplanting) in Elzenhagen Zuid wordt uitgegaan van de bestaande situatie in 2016 aan de hand van een inmeting van gemeente Amsterdam (8317-0006-000 Elzenhagen Zuid nlcs.dgn). Voor de vegetatie in de Banne wordt uitgegaan van de AHN aangevuld met de informatie van <https://maps.amsterdam.nl/bomen/>. De situatie is weergegeven in figuur 2.1a en een overzicht van de maaiveldhoogten is weergegeven in figuur C.2.

Situatie B2

Voor deze situatie is uitgegaan van de situatie in 2016 ten tijde van de start van het opstellen van het Stedenbouwkundig Plan voor Elzenhagen Zuid waarbij geen vegetatie is meegenomen. De bestaande situatie voor het maaiveld en de bebouwing is ontleend aan de AHN. De bestaande situatie voor het Stationsgebied Centrumgebied Amsterdam-Noord en Elzenhagen Noord is ontleend aan de gerealiseerde bebouwing en bestemmingsplanmogelijkheden voor nog niet gerealiseerde kavels. De situatie is weergegeven in figuur 2.1b.

Situatie N1

De nieuwe situatie inclusief de complete ontwikkeling Elzenhagen Zuid, exclusief beplanting. Het doel van dit scenario is inzicht in het effect van de bebouwing van Elzenhagen Zuid op de windvang van de molen exclusief beplanting. De

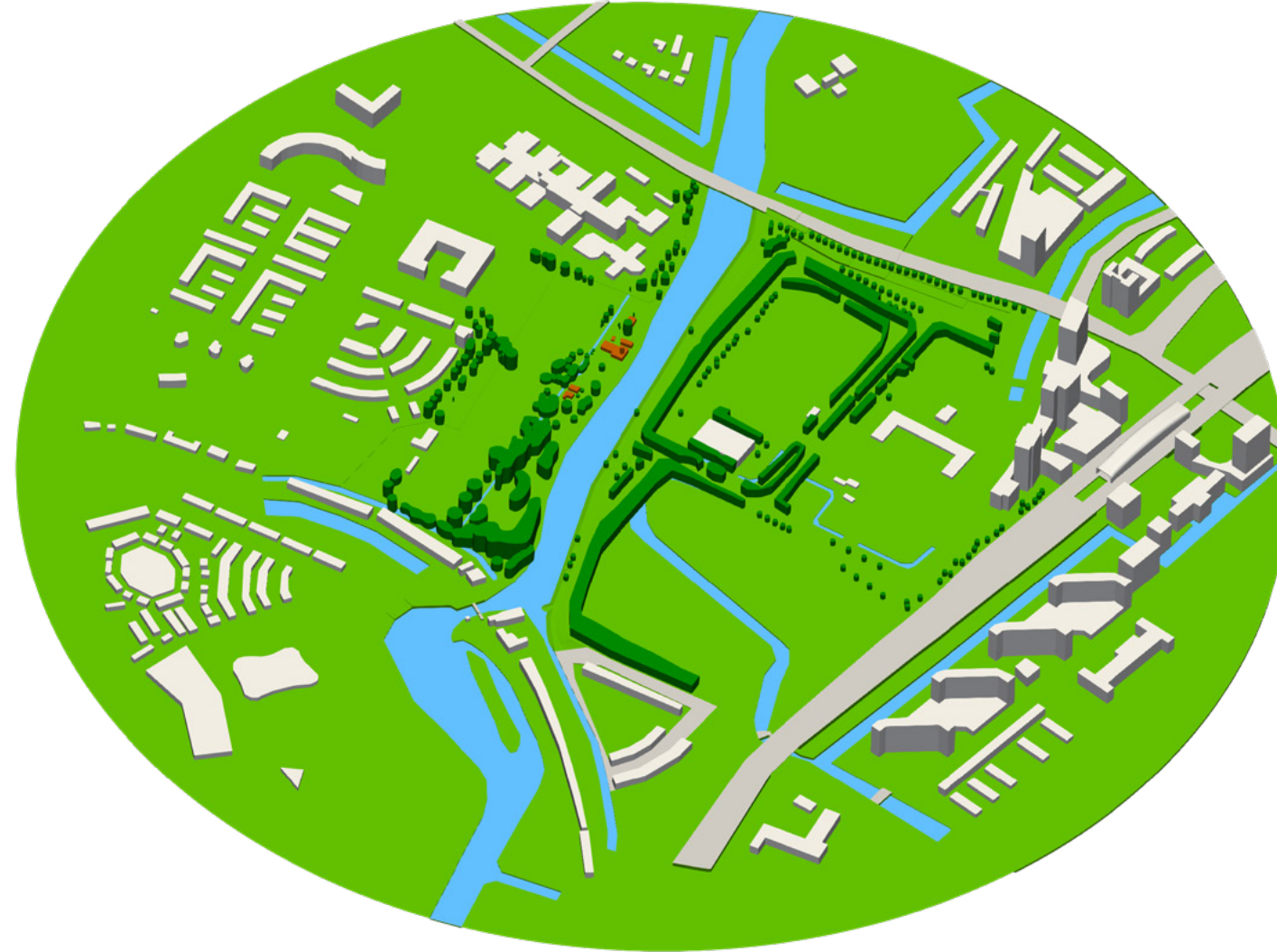
situatie is weergegeven in figuur 2.1c en een overzicht van de maaiveldhoogten is weergegeven in figuur C.1.

Situatie N2

Zoals situatie N1, maar nu inclusief bomen en vegetatie conform VO Maaiveld. Op de westelijke oever is beplanting en bebouwing conform de huidige toestand aangenomen. Voor de vegetatie in de Banne is uitgegaan van de AHN aangevuld met de informatie van <https://maps.amsterdam.nl/bomen/>. In deze situatie steken er circa 40 bomen door de molenbiotoopzones (weergegeven in figuur 2.4) heen in het Dijkpark en de Zuidbuurt. Door deze omvangrijke vegetatie in vol blad mee te nemen zal dit een worst-case scenario zijn. De situatie is weergegeven in figuur 2.1d.

Situatie N3

Nieuwe situatie na realisatie van Elzenhagen Zuid en beplanting. Alle bebouwing in de Noordbuurt (met uitzondering van de hoogteaccenten) en de Zuidbuurt is 2 m hoger dan in situatie N1. De bebouwing in Elzenhagen Zuid buiten de 400m-zone molenbiotoop wordt niet verhoogd (o.a. Singelstrook). Aan de Bannezijde is uitgegaan van de bestaande situatie bebouwing. Het doel van dit scenario is inzicht in de invloed van hogere bebouwing op de windvang van de molen. De situatie is weergegeven in figuur 2.1e.



Figuur 2.1:
Impressie van het
model



(c)
Situatie N1 - Nieuwe
ontwikkeling exclusief
vegetatie



(a)
Situatie B1 - Situatie
2016 inclusief vege-
tatie



(d)
Situatie N2 - Nieuwe
ontwikkeling inclusief
vegetatie

(b)
Situatie B2 - Situatie
2016 exclusief vege-
tatie



Figuur 2.1:
Impressie van het
model

(e)
Situatie N3 - Nieuwe
ontwikkeling, hogere
bouvvolumes, ex-
clusief vegetatie

2.3 Molenbiotoop formule

De molenbiotoop formule is een generieke vergelijking om de maximaal aanvaardbare hoogte van obstakels rond een molen te berekenen, zodat de molen hier geen significante hinder van ondervindt. Details van de omgeving worden in deze vergelijking niet meegenomen. De formule schrijft voor dat de bebouwing en beplanting de eerste 100 meter lager of gelijk dient te zijn aan het laagste punt van de wieken, dit is 2.9 m boven NAP. Daarna geldt onderstaande vergelijking:

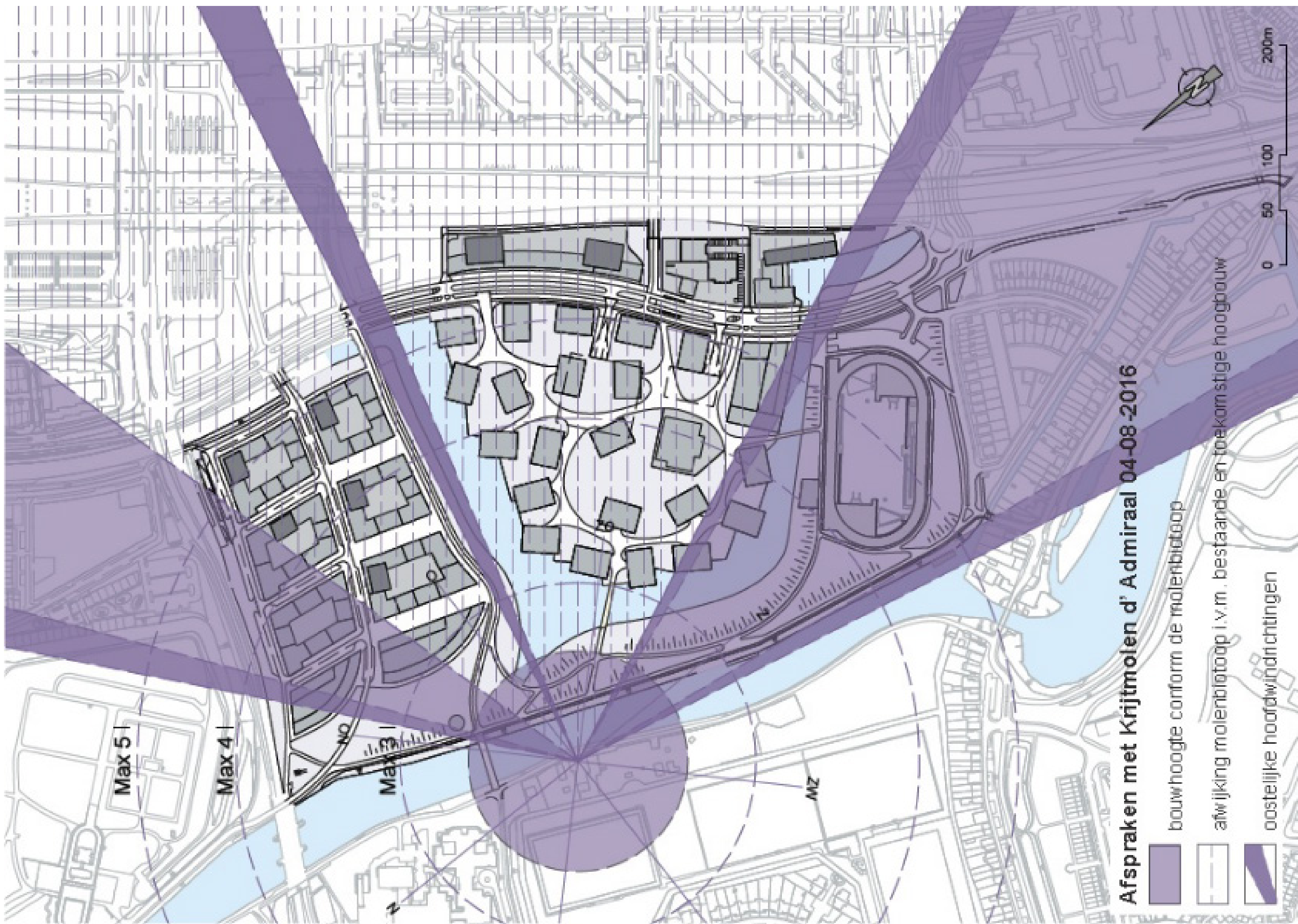
$$H(x) = x/n + c \cdot z \quad (2.1)$$

¹ <https://www.molens.nl/molenbiotoop/biotoopformule/>

Hierin is de is H de maximaal toelaatbare hoogte van obstakels, x de afstand van obstakels tot de molen, c een constante gelijk aan 0,2 en z de askophoogte, welke in het geval van de Krijtmolen een waarde heeft van 12,05 m. De variabele n is een constante die afhankelijk is van de ruwheid van de omgeving. Voor een open omgeving (vlak land met geringe begroeiing) wordt de waarde 140 gebruikt, voor een ruwe omgeving (bouwland met lage en hoge gewassen) 75 en voor een gesloten gebied (bossen en bebouwing) 50. Aangezien er in de richting van Elzenhagen Zuid sprake is van een uitgebreide vegetatie en ruime bebouwing is er sprake van een gesloten gebied. In figuur 2.2 is de afstand van de molen tot de omgeving en het plangebied middels cirkels weergegeven.



Figuur 2.2:
Satelliet foto
van de situatie
in 2016 met een
overlay van
cirkels. Deze
cirkels hebben
als middelpunt de
Krijtmolen en een
radius van 100 m,
200 m, 300 m en
400 m.



Figuur 2.3:
Afspraken Krijtmolen
d'Admiraal en ge-
meente 04-08-2016.
Bron: Gemeente Am-
sterdam



3 Opzet van de simulaties

3.1 Software

De simulaties zijn uitgevoerd met behulp van OpenFOAM 5.x, een softwarepakket dat bedoeld is voor het oplossen van problemen in de continuüm mechanica en thermodynamica. Voor dit project is “simpleFoam” gebruikt. Deze solver is gebaseerd op de incompressibele Reynolds Averaged Navier-Stokes (RANS) vergelijkingen en houdt rekening met turbulentie. Turbulentie is gemodelleerd gebruik makend van het $k-\omega$ SST model.

3.2 Rekenrooster

De omliggende bebouwing is als eenvoudige massa’s weergegeven. Rond dit gebied is een cilindervormig domein geplaatst met een doorsnede van 3 500 m en een hoogte van 500 m, conform de NEN:8100 norm. Het plangebied is centraal in dit domein geplaatst, zodat hier verschillende windrichtingen op kunnen worden toegepast zonder dat het voor- of achtergebied te klein wordt.

De ruwheid van het voorland is afgestemd op de werkelijke situatie. In het model zijn de relevante fysieke elementen opgenomen, zoals watervolumes, de hoogte van het maaiveld, omliggende bebouwing, relevante vegetatie en uiteraard Krijtmolen d’Admiraal.

De bomen zijn gemodelleerd als poreuze volumes, waarbij de invloed op de wind wordt bepaald. De locatie, vorm en omvang van deze bomen zijn ingevoerd conform opgave van de gemeente Amsterdam en beschikbare geografische data.

Het luchtvolume in de hierboven omschreven geometrie is vervolgens opgedeeld in een groot aantal kleine volumecellen. Deze cellen tezamen vormen het rekenrooster voor onderhavige situatie. Dit rooster bestaat uit circa 43 miljoen cellen en varieert beperkt per situatie. Over het grondoppervlak en de bebouwing zijn vijf lagen prisma’s geplaatst. Deze prismalaag zorgt voor een betere berekening van de snelheidsgradiënt in de atmosferische grenslaag.

3.3 Aannames en randvoorwaarden

Om inzicht te krijgen in het windklimaat is de gehele windroos doorgerekend, te weten 12 windrichtingen. Er is aangenomen dat de atmosferische grenslaag een snelheidsprofiel heeft volgens vergelijking 3.1 en 3.2. Hierin is U_n de horizontale windsnelheid, z de hoogte vanaf het maaiveld, en z_0 een ruwheidslengte. De ruwheidslengte is een maat voor de ruwheid van het terrein. Verder geldt dat $\kappa = 0,41$. Deze empirische constante is gerelateerd aan het gebruik van wandfuncties in de simulaties.

Ook de turbulente grootheden k en ω verlopen volgens een voorgeschreven profiel, zoals aangegeven in vergelijking 3.3 en vergelijking 3.4. Hierin heeft C_μ de waarde 0,09. Deze empirische constante komt voort uit het gebruikte turbulentie model (k- ω SST).

$$U_n(z) = \left(\frac{U^*}{\kappa} \right) \ln \left(\frac{(z + z_0)}{z_0} \right) \quad (3.1)$$

$$U^*(z_0, U_{ref}, z_{ref}) = \left(\frac{\kappa U_{ref}}{\ln \frac{z_{ref} + z_0}{z_0}} \right) \quad (3.2)$$

$$k(z) = \left(\frac{U^{*2}}{\sqrt{C_\mu}} \right) \quad (3.3)$$

$$\omega(z) = \left(\frac{U^*}{\kappa (z - z_{ground} + z_0) \sqrt{C_\mu}} \right) \quad (3.4)$$

Voor de berekeningen is een referentie windsnelheid van 5 m/s op een hoogte van 60 m opgegeven. De hoogte van 60 m wordt aangehouden omdat dit de hoogte is waar de KNMI data voor beschikbaar is. Hierbij is een atmosferisch grenslaagprofiel toegepast, zodat dat de windsnelheid op elke hoogte kan worden bepaald. Voor de 12 windrichtingen die in beschouwing zijn genomen wordt een resulterend snelheidsveld bepaald. Hiermee is voor elke locatie per windrichting de versterkingsfactor ten opzichte van de opgelegde windsnelheid vastgelegd.

Vervolgens wordt de lokale windstatistiek gecombineerd met de berekende versterkingsfactor, conform de norm NPR 6097:2006. Gecombineerd met het operationele bereik van de molen (zie hoofdstuk 4), kan per situatie worden bepaald hoeveel potentiële draaiuren er beschikbaar zijn.

Een visualisatie van de lokale windstatistiek als windroos en als frequentieverdeling van de windsnelheid op 60 m hoogte is weergegeven in figuur 3.1. Voor de windstatistiek is de Nederlandse Praktijkrichtlijn NPR 6097:2006 gebruikt, de data van deze bron is gebaseerd op meetgegevens van de windsnelheid en windrichting van KNMI meetstations.

In figuur 3.2 is de windroos gevisualiseerd op het plangebied, hierin is ook de ligging van Elzenhagen Zuid aangegeven. De maximale hoek die het plangebied van Elzenhagen Zuid maakt ten opzichte van de molen is 123 graden. De ligging van het plangebied Elzenhagen Zuid is ten oosten (van ZZO tot en met NO) van de molen. Uit de windstatistiek van richtlijn NPR 6097:2006 blijkt dat deze windrichtingen in 27,0% van de tijd de heersende windrichting is.

Bij gebrek aan specifieke gegevens van Krijtmolen d'Admiraal aangaande de cut-in en cut-out windsnelheid is deze ingeschat op basis van gegevens van andere windmolens. In onderhavige situatie is een operationeel bereik van de windsnelheid tussen 5,5 en 13,9 m/s aangehouden, dit komt overeen met windkracht 4 en 6.

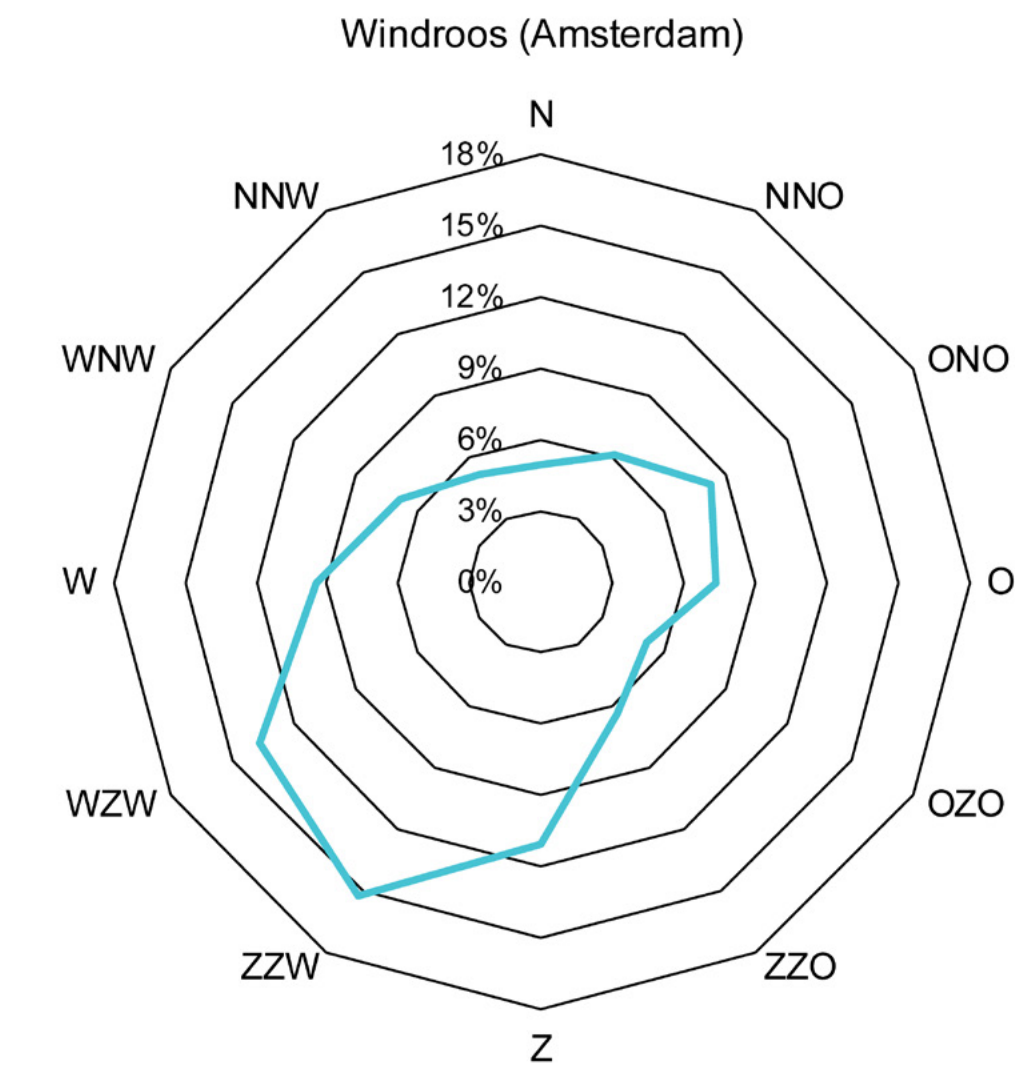
3.4 Vegetatie-model

Het effect van vegetatie, zoals bomen, hagen en struiken op het windstrotingspatroon is geïntroduceerd in een vegetatie-model³. Hierbij worden de luchtdoorlatende delen van de vegetatie (bijvoorbeeld de kroon van de boom) gemodelleerd als separate volumes met een bijbehorend afzonderlijk deel van het rekenrooster. In de rekencellen wordt een bronterm toegevoegd, welke de poreuze eigenschappen van de vegetatie simuleert conform vergelijking 3.5.

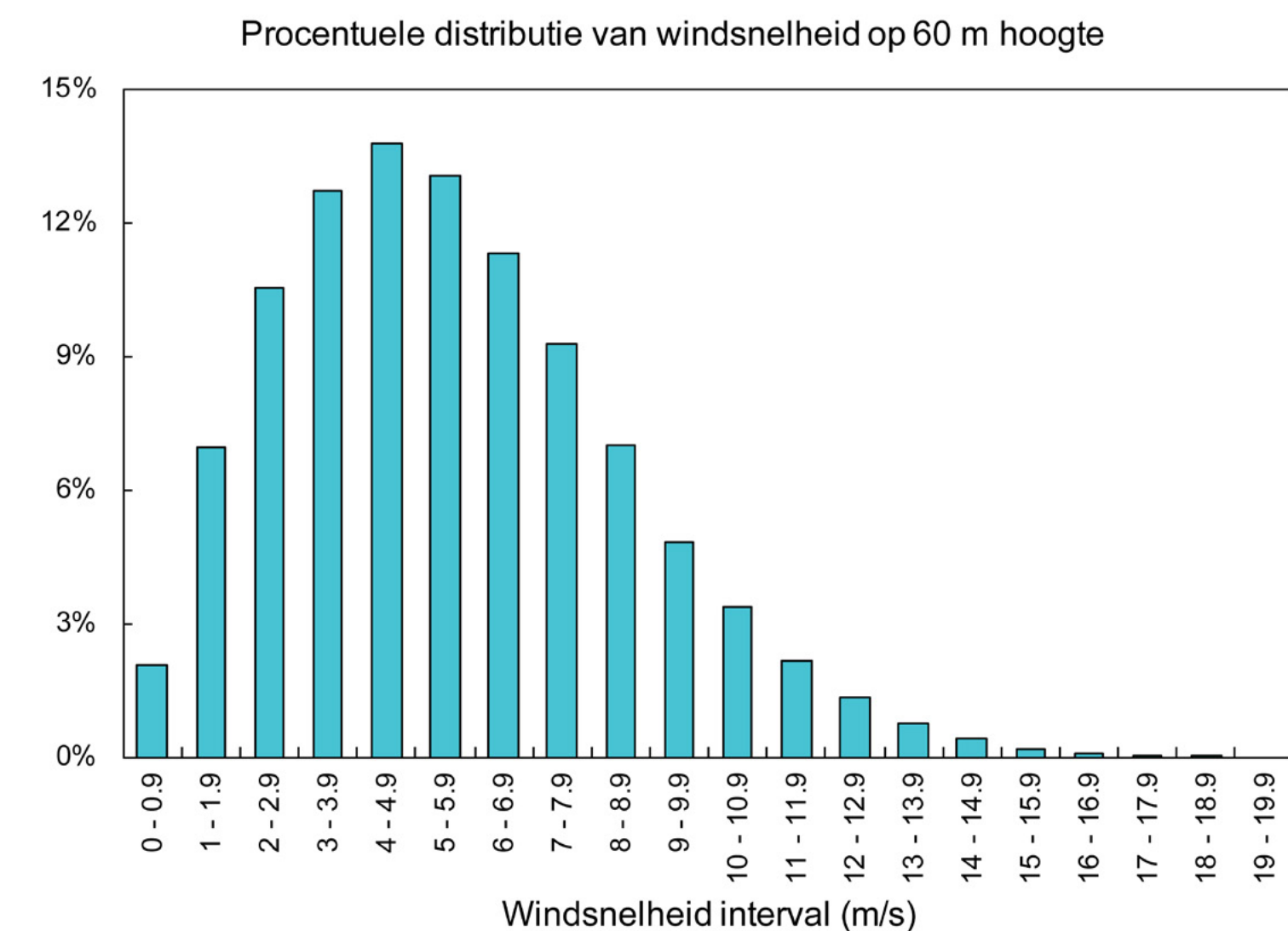
$$S_{U_i} = -\rho C_d LAD U_i U \quad (3.5)$$

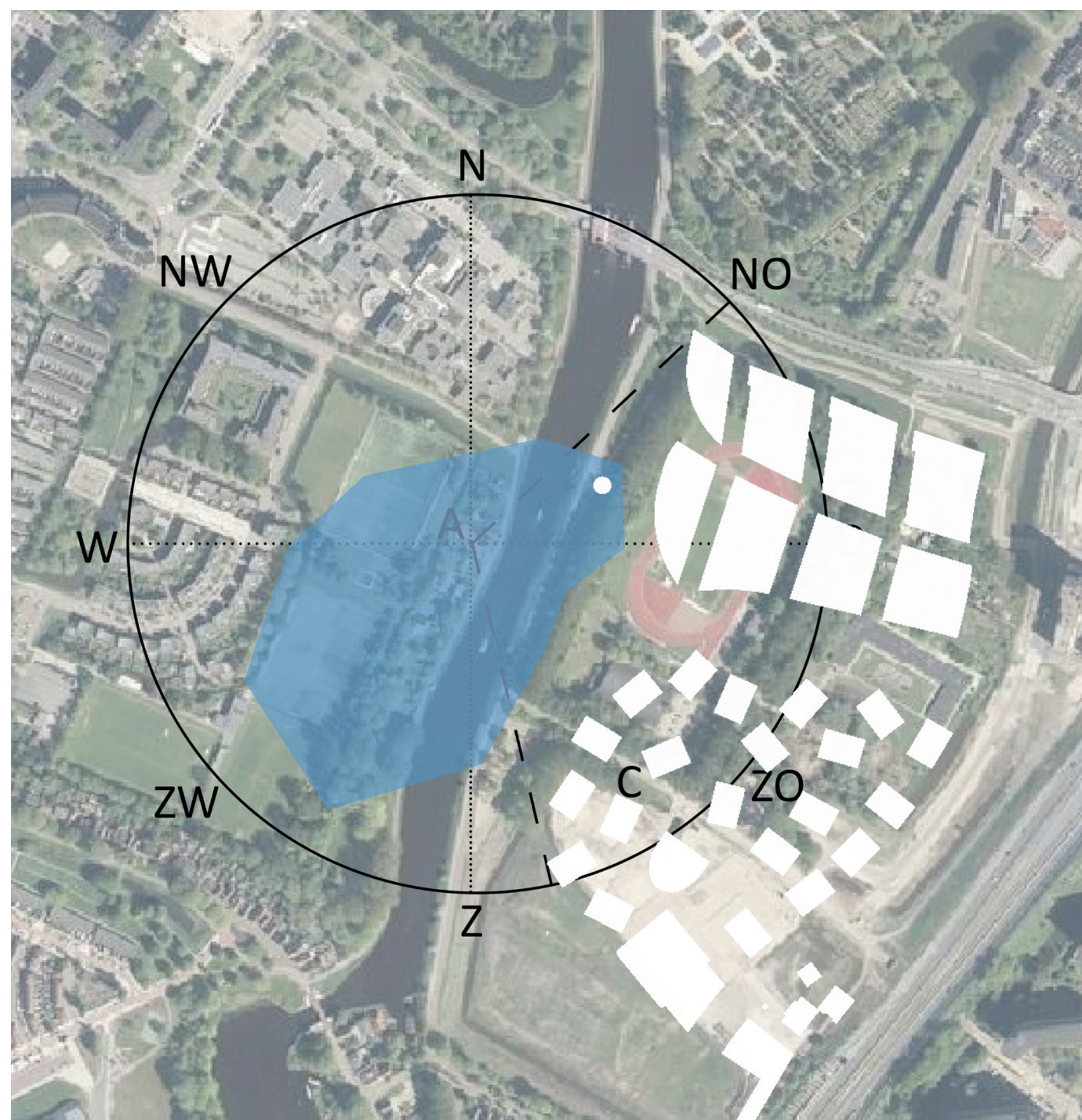
In deze vergelijking is, S_{U_i} de bronterm voor moment, ρ (kg/m³) de dichtheid van lucht, C_d (-) verwijst naar de leaf drag coefficient, LAD (m²/m³) omvat de Leaf Area Density, U_i (m/s) is de component van de lichtsnelheid in de richting i (waarin i gelijk kan zijn aan x , y of z), en U (m/s) is de lichtsnelheid. Deze bronterm zorgt dat de snelheid van de lucht in de vegetatie wordt afgeremd conform de eigenschappen van de vegetatie.

³ Green S.R. (1992) Modelling turbulent air flow in a stand of widely-spaced trees. *Phoenix Journal* 5, p: 294–312.



Figuur 3.1: Visualisatie van de windstatistiek welke is gebruikt bij de bepaling van windhinder en windgevaar





Figuur 3.2:
Satelliet foto van
de situatie in 2016
met een overlay
van de lokale win-
droos.

4 Resultaten

4.1 Resultaten CFD simulatie

Voor elk van de 12 windrichtingen is er bepaald wat het aantal uren is dat de molen per jaar kan draaien met de aangenomen cut-in en cut-out snelheid, de sommatie van deze uren is parameter $T_{\text{operationeel}}$. Een samenvatting van de resultaten is weergegeven in figuur 4.1, hierin is een relatieve vergelijking gemaakt tussen de verschillende situaties.

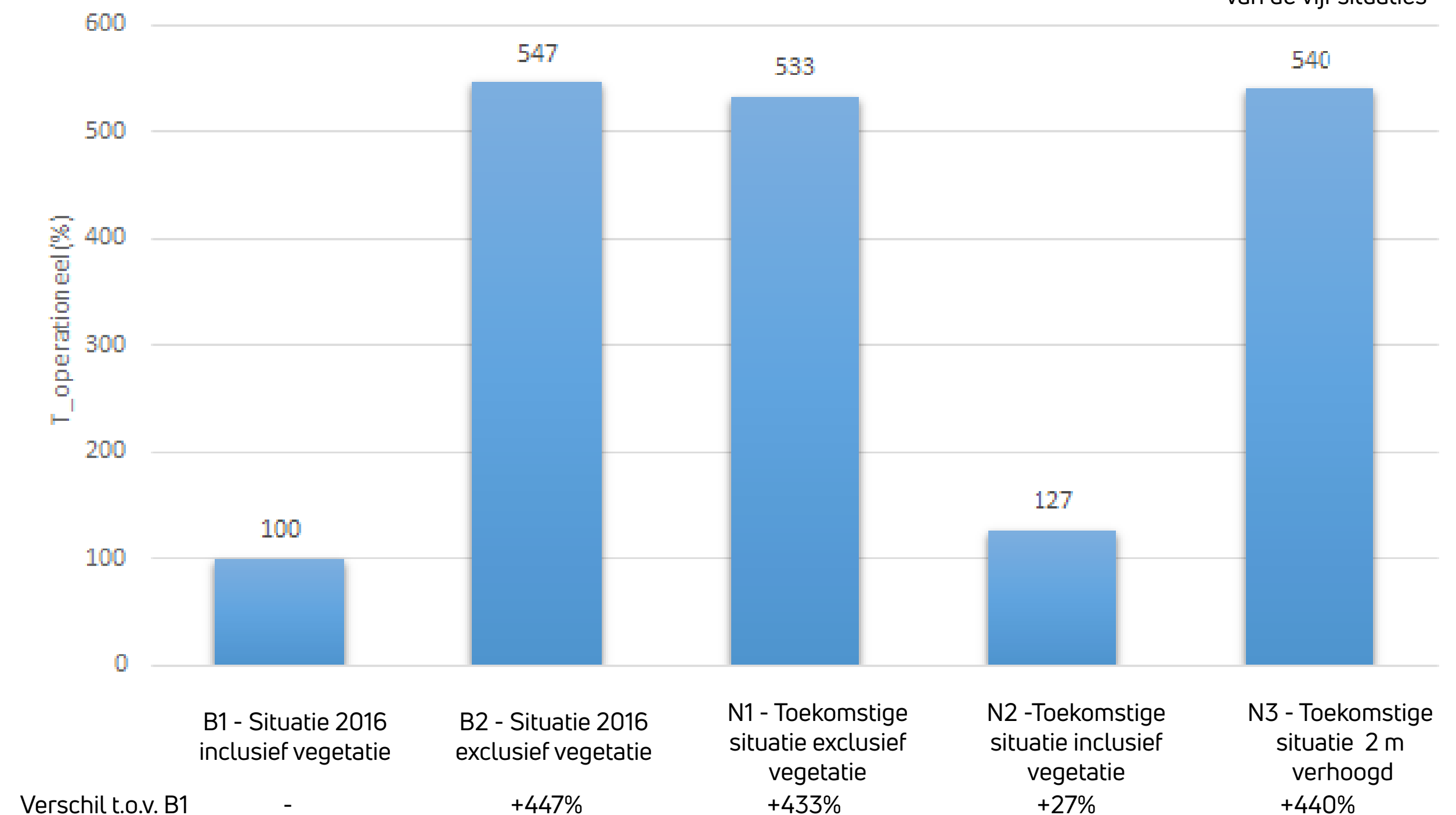
Situaties B1 en N2 zijn de situaties waarin de vegetatie in vol blad voor Elzenhagen Zuid en de nabije omgeving is meegenomen, dit vormt daardoor een worst-case scenario. De operationele uren voor situatie B1 en N2 bedragen respectievelijk 276 en 350 uren, dit is een verschil van 27%. De toename van potentiële draaiuren voor de molen is een gevolg van zowel de bebouwing als de vegetatie in het plangebied.

Uit figuur 4.1 is daarnaast op te maken dat $T_{\text{operationeel}}$ voor situaties B2, N1 en N3 vergelijkbaar zijn. Dit zijn de situaties waarin geen vegetatie is meegenomen. Deze hebben een waarde van respectievelijk 1509, 1471 en 1490 uren. De vergelijking tussen bestaande en nieuwe bebouwing zorgt dus voor een kleine vermindering in potentiële draaiuren. Het relatieve verschil tussen situatie B2 en N1 bedraagt $(1 - (1509/1471)) \times 100\% = 2,6\%$ en tussen B2 en N3 $(1 - (1471/1490)) \times 100\% = 1,3\%$

De meeruren in parameter $T_{\text{operationeel}}$ in situatie N3 ten opzichte van N1 komt door de zuidzuidwest richting, in deze richting wordt er een lager drukgebied gecreëerd ten westen van het plangebied, wat resulteert in een hogere windsnelheid nabij de molen. Dit effect wordt deels teniet gedaan door de windvang uit de andere windrichtingen, waardoor er netto een klein verschil ontstaat.

De grootste verschillen tussen de situaties worden veroorzaakt door het meenemen van de vegetatie en zijn voor alle situaties ruim 400%. De situaties waarin alle bomen volledig blad hebben en alle bomen geen blad hebben zal een beperkt deel van het jaar geldig zijn. Het werkelijk aantal potentiële draaiuren zal dus tussen 350 en 1471 uren liggen.

Figuur 4.1:
 $T_{\text{operationeel}}$ - vergelijking van de vijf situaties

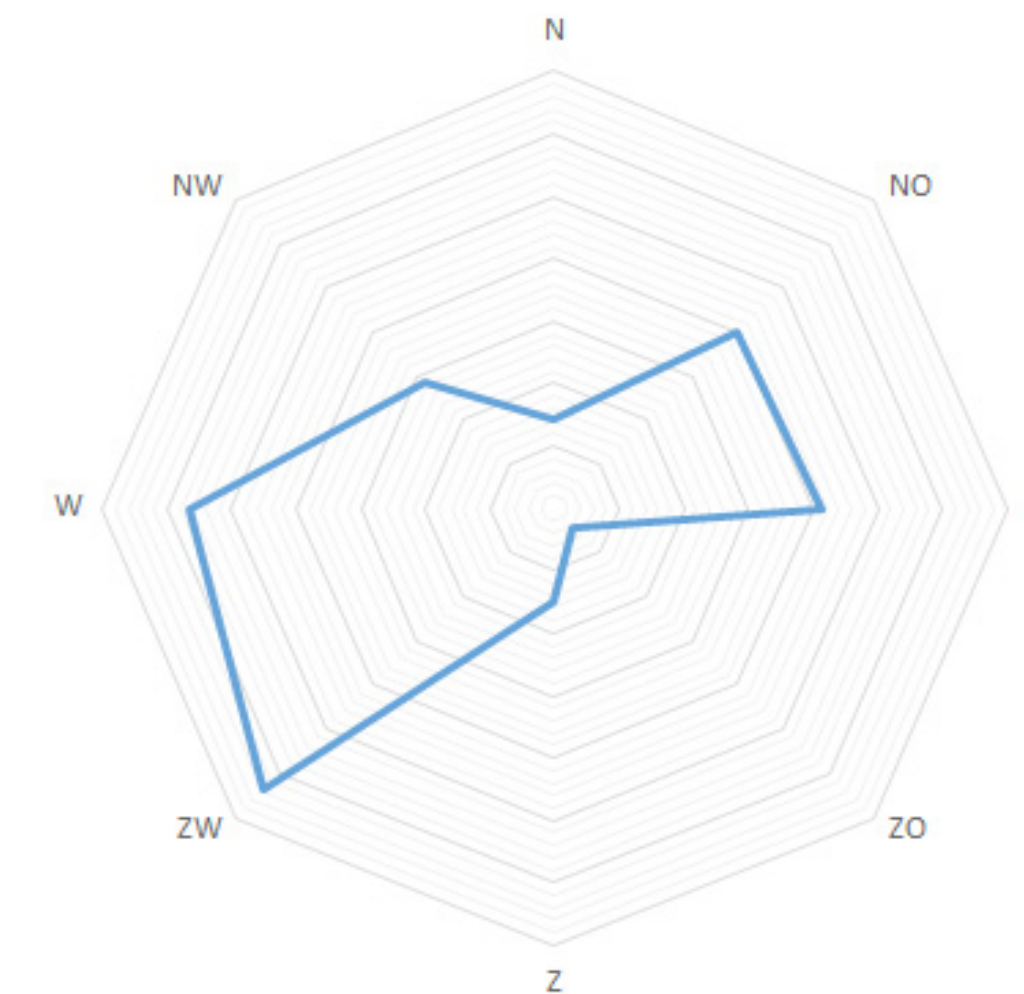


4.2 Vergelijking tussen CFD en meetdata Krijtmolen d'Admiraal

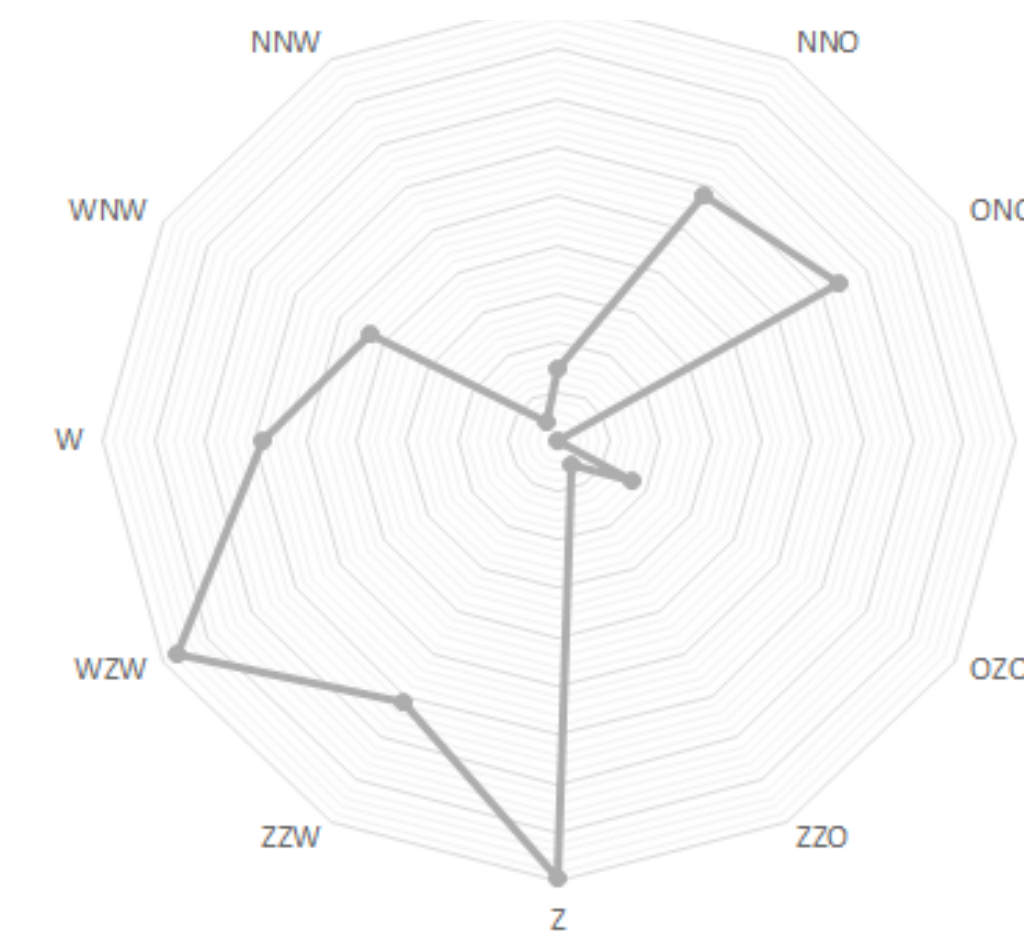
Gedurende de jaren 2015 tot en met 2018 is er door de molenaar van de Krijtmolen d'Admiraal genoteerd wat het aantal draaiuren van de molen waren in een logboek. Daarnaast is er bij gebrek aan een weerstation ook gedocumenteerd wat de geschatte windrichting en windkracht was. Een grafische weergave van al deze metingen samen is gevisualiseerd in figuur 4.2a. De metingen van individuele jaren is weergegeven in figuur 4.2c-f. Data zonder bekende windrichting, windkracht of draaiuren zijn hieruit gefilterd. Op basis van de CFD simulaties is op de locatie van Krijtmolen d'Admiraal een vergelijkbare lokale windroos opgesteld, zie figuur 4.2b van het potentieel aantal draaiuren per windrichting. De basis voor deze windroos is een combinatie van de zomer en winter situatie, dus de situatie uit 2016 met en zonder bomen (situaties B1 en B2), in een 50-50% verhouding. De windroos die vanuit de data uit het logboek van de molenaar gemaakt kan worden lijkt op de windroos op basis van de simulaties.

Belangrijk om op te merken is dat er enkel een kwalitatieve vergelijking gemaakt mag worden tussen de meetdata en de simulaties om onderstaande redenen:

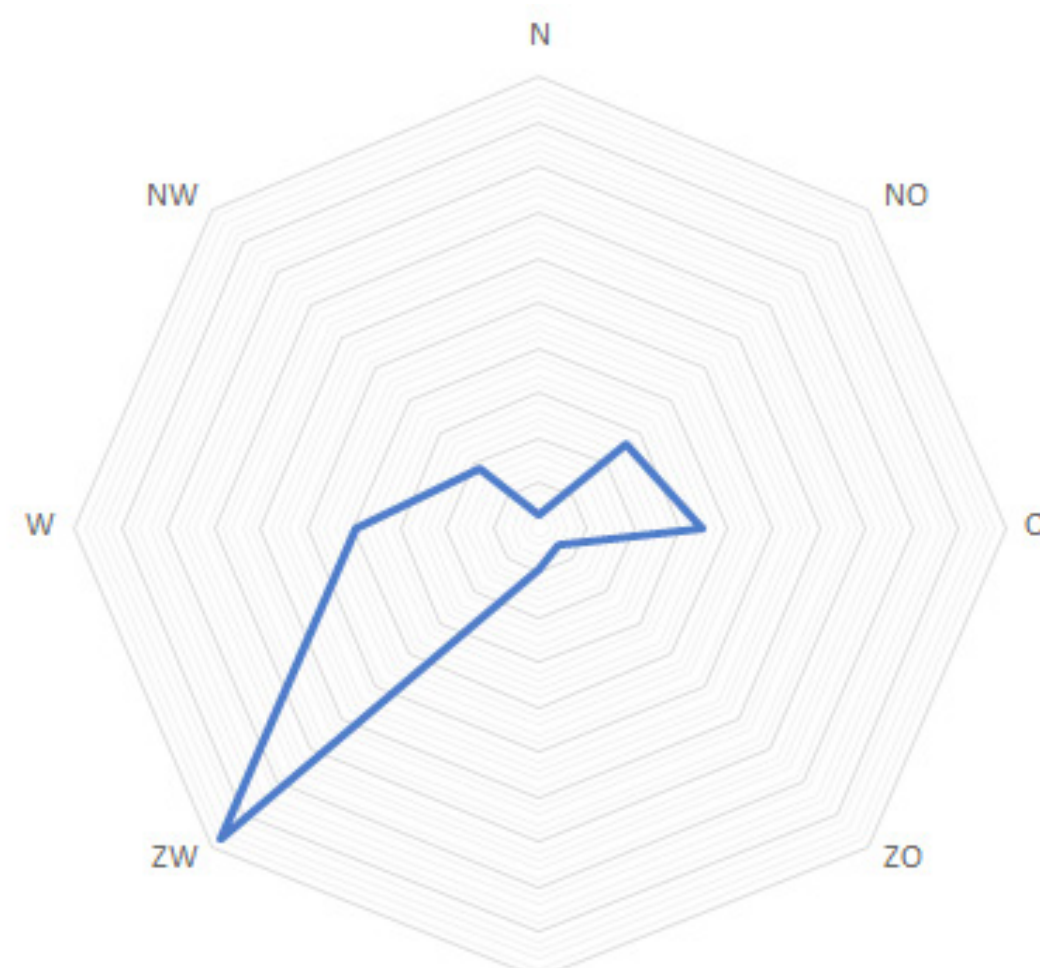
- Volgens het logboek is de minimale windkracht om draaiuren te genereren 2 Beaufort (1,6 m/s). De maximale windkracht met draaiuren was windkracht 7, (17,1 m/s). In de CFD simulaties is een cut-in en cut-out snelheid van 5,5-13,9 m/s (windkracht 4-6) gehanteerd.
- De maand met de meeste draaidagen in 2018 is juni (18x), in deze maand was de NO richting dominant in tegenstelling tot de meest voorkomende windrichting Z/ZW, vandaar dat het jaar 2018 hier een afwijking in heeft t.o.v. de andere jaren.
- De maand met de minste draaidagen in 2018 is december (1x), terwijl juist bekend is dat het in de wintermaanden harder waait dan in de zomermaanden (mede door het effect van vegetatie).
- Er is variatie in de frequentie van het aantal dagen dat de molen operationeel is per jaar, dit resulteert in een verschil in het aantal draaiuren. Het verschil in draaiuren in 2015 en 2018 is bijvoorbeeld 25%.



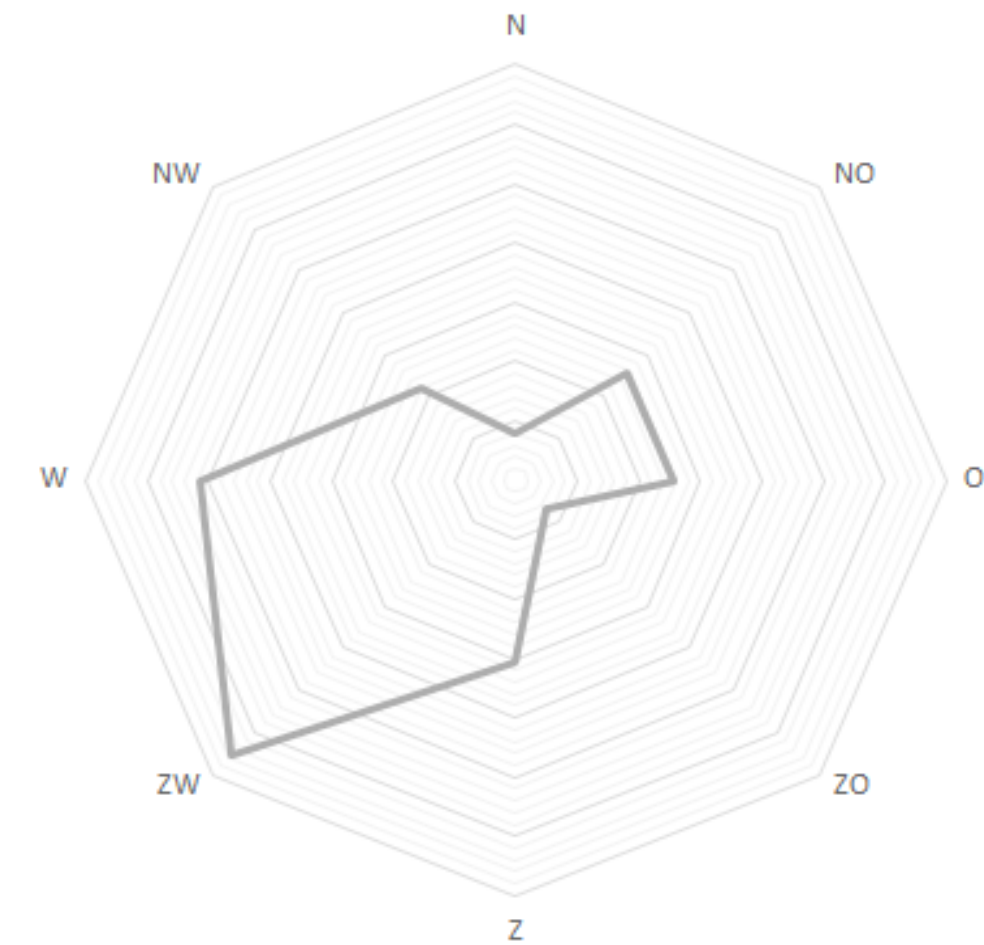
Figuur 4.2:(a)
Windroos op basis
van meting molenaar



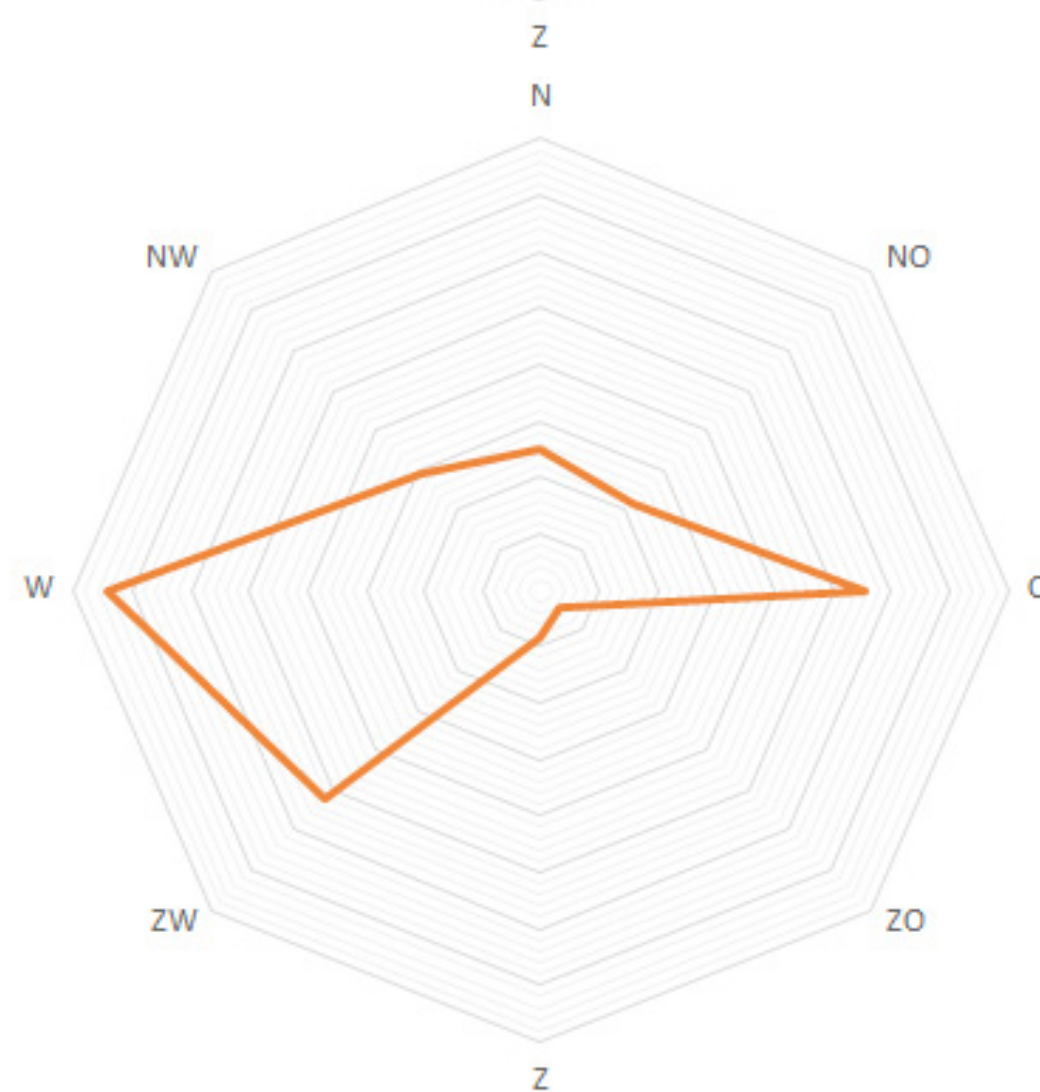
Figuur 4.2:(b)
Windroos op basis
van CFD simulatie



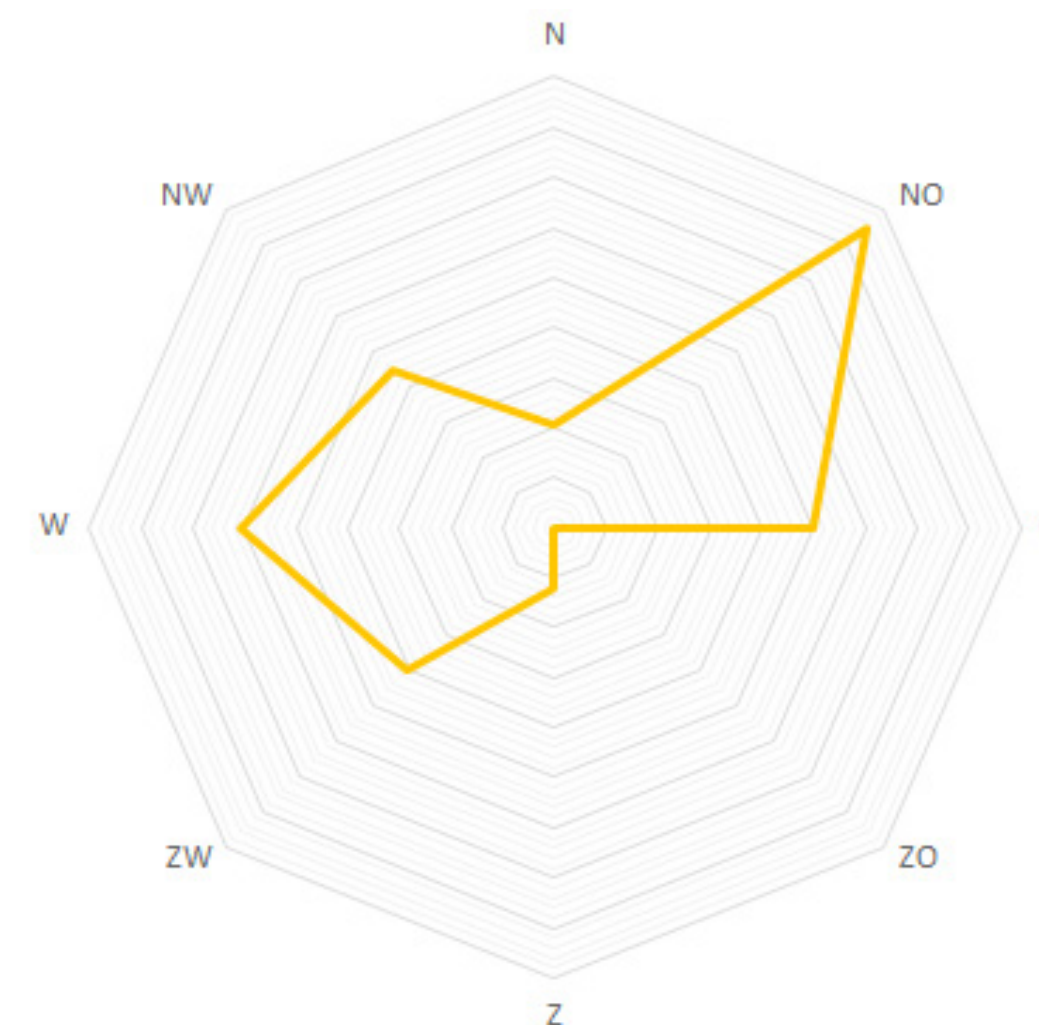
Figuur 4.2:(c)
Windroos op basis
van metingen 2015
van de molenaar



Figuur 4.2:(e)
Windroos op basis
van metingen 2017
van de molenaar



Figuur 4.2:(d)
Windroos op basis
van metingen 2016
van de molenaar



Figuur 4.2:(f)
Windroos op basis
van metingen 2018
van de molenaar

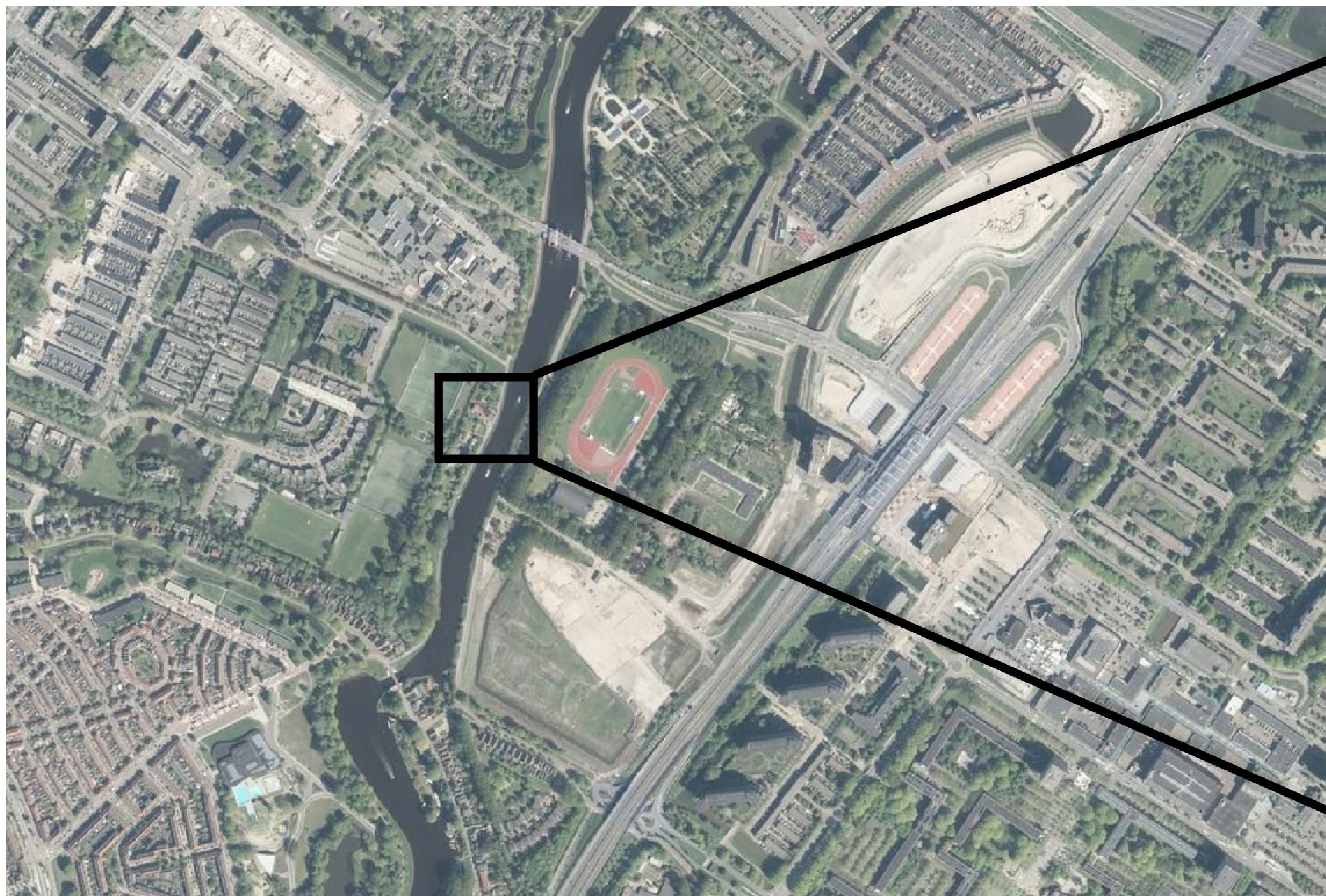
5 Conclusie

Deze studie heeft als doel te bepalen wat het effect is van de nieuwbouw van Elzenhagen Zuid op het windklimaat in de Molenbiotoop van Krijtmolen d'Admiraal. Vijf verschillende scenario's zijn gesimuleerd. Door middel van gedetailleerde driedimensionale simulaties is het effect van de bebouwing in kaart gebracht. Hierbij is bepaald wat de gevolgen zijn voor de tijd dat de molen effectief operationeel is. In de studie is bepaling als worst case scenario gemodelld, waarbij vegetatie het hele jaar blad draagt.

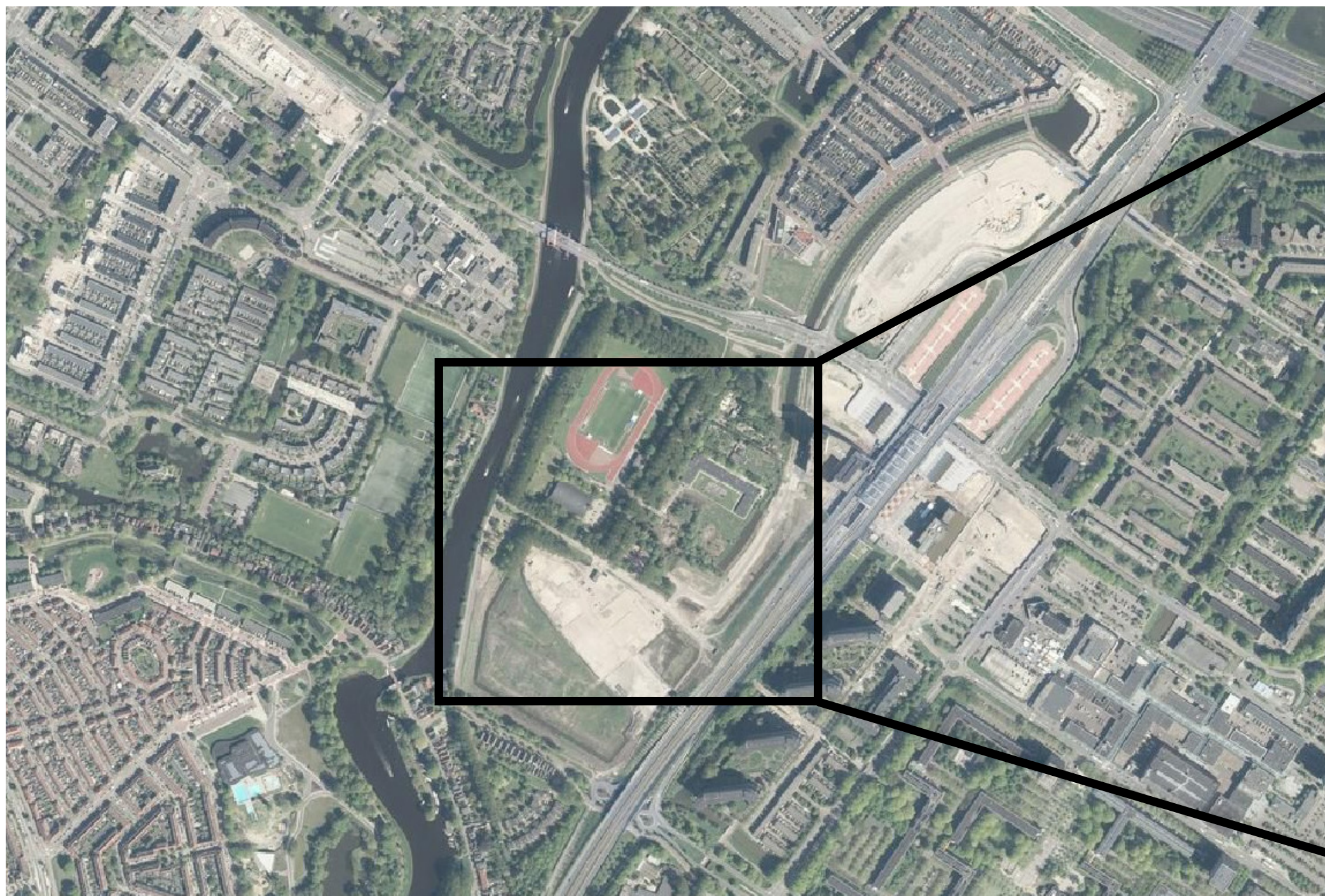
De resultaten van de studie laten het volgende zien:

- Uit analyse van het logboek van de molenaar blijkt dat de molen bij minder en bij meer wind operationeel kan zijn dan er in het CFD onderzoek is aangenomen.
- Het effect van de ontwikkeling van Elzenhagen Zuid (situatie N2) inclusief vegetatie ten opzichte van de situatie in 2016 (B1) resulteert in $(1 - (350/276)) \times 100\%$ 27% meer potentiële draaiuren in de nieuwe situatie.
- Het effect van de ontwikkeling van Elzenhagen Zuid (situatie N1) zonder vegetatie ten opzichte van de situatie in 2016 (B2) resulteert in $(1 - (1509/1471)) \times 100\%$ 2,6% minder potentiële draaiuren.
- Het effect van de ontwikkeling van Elzenhagen Zuid waarin de lagere elementen verhoogd zijn met 2 m (situatie N3) zonder vegetatie ten opzichte van de situatie in 2016 (B2) resulteert in $(1 - (1509/1490)) \times 100\%$ 1,3% minder potentiële draaiuren.
- Uit het onderzoek komt naar voren dat de planten en bomen uit zowel het Elzenhagen plangebied als de vegetatie uit de overige omgeving een grote invloed heeft op de potentiële draaiuren. De verschillen tussen alle situaties met en zonder vegetatie bedraagt meer dan 400%.
- Aangezien er een gedeelte van het jaar wel/geen volledige effect van vegetatie zal zijn op het windklimaat zal de werkelijke hoeveelheid potentiële draaiuren tussen de twee extremen van 350 en 1471 uur in liggen.

A Situatie close-up



Figuur A.1:
Luchtfoto van het
plangebied met een
close-up rondom de
molen

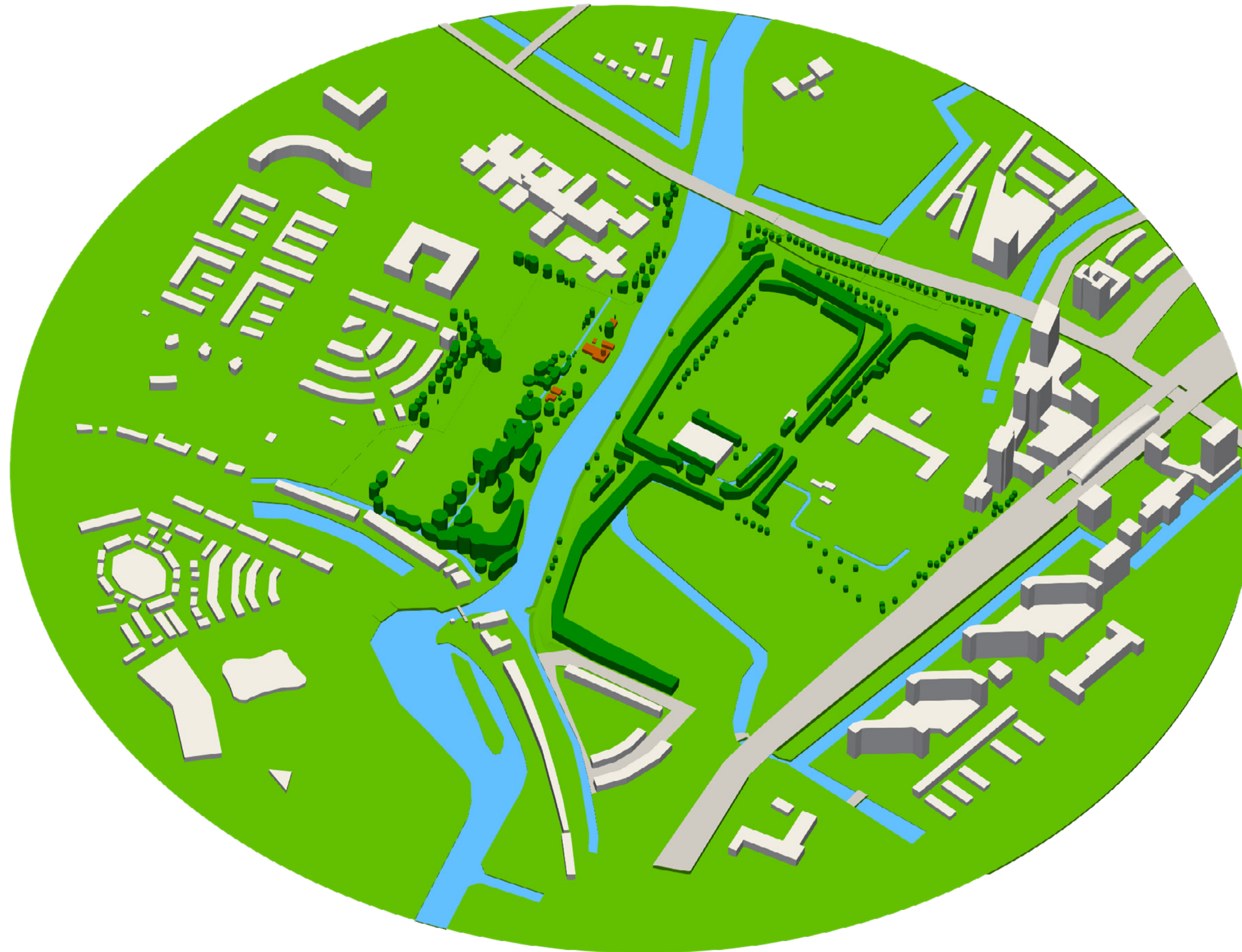


Figuur A.2:
Luchtfoto van het
plangebied met een
close-up rondom het
Elzenhagen Zuid



Figuur A.3:
Recente luchtfoto van
het plangebied. Bron:
Gemeente Amsterdam

B Geometrie details



Figuur B.1:
Situatie B1 - Situatie
2016 inclusief vege-
tatie



Figuur B.2:
Situatie B2 - Situatie
2016 exclusief vege-
tatie



Figuur B.3:
Situatie N1 - Nieuwe
ontwikkeling exclusief
vegetatie

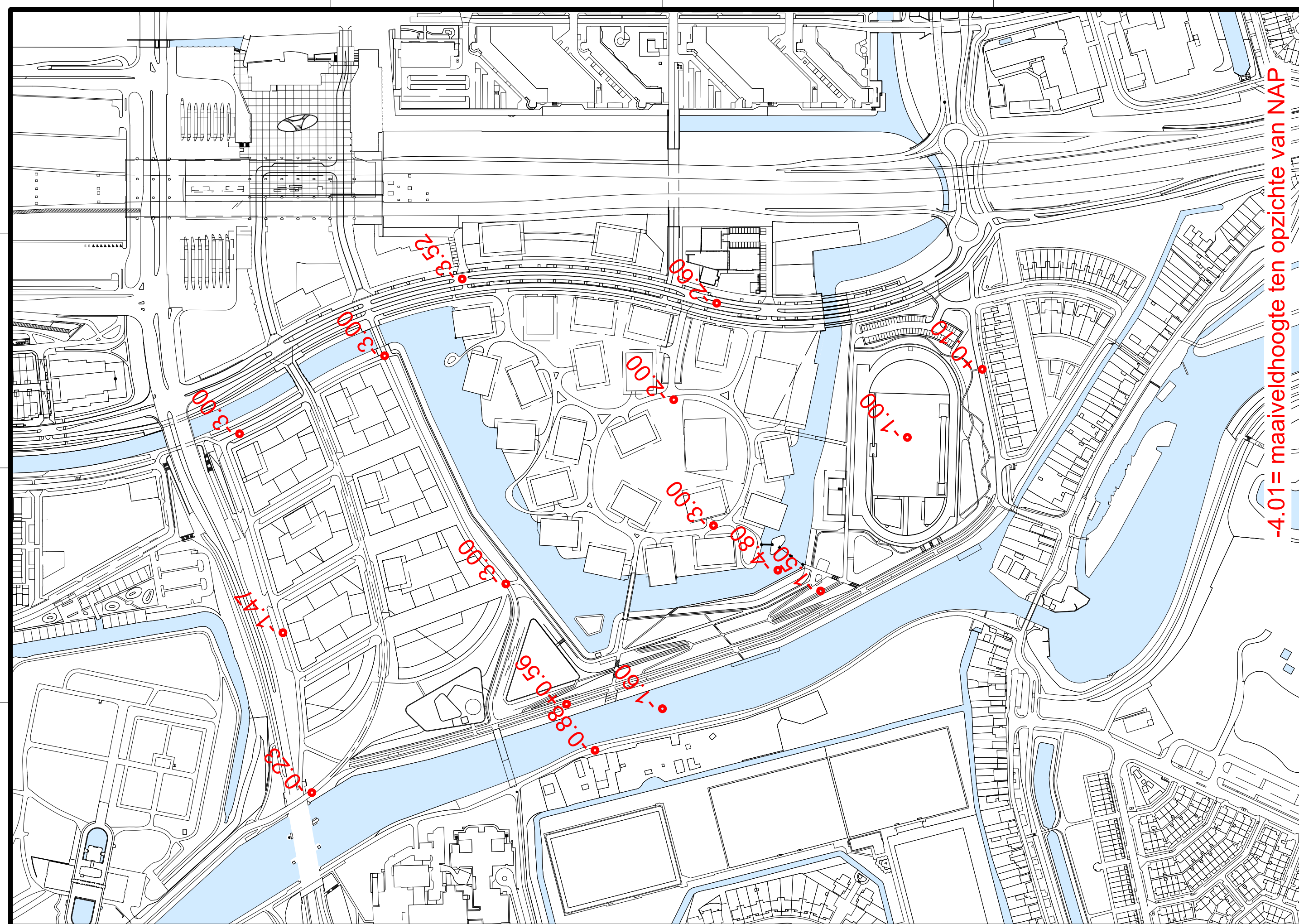


Figuur B.4:
 Situatie N2 - Nieuwe
 ontwikkeling inclusief
 vegetatie



Figuur B.5:
Situatie N3 - Nieuwe
ontwikkeling, hogere
bouvvolumes, ex-
clusief vegetatie

C Maaiveldhoogten



Figuur C.1:
Uiteindelijke
maai­veld­hoogten.
Bron: Gemeente Am-
sterdam



Actiflow BV
Halstraat 31a
4811 HV Breda
+31 (0)76 5422 220
contact@actiflow.com
www.actiflow.nl