

BIJLAGE 4 WINDVANGONDERZOEK



RAPPORT

Johannusmolen

Onderzoek invloed nieuwbouw op windvang

Klant: Ordito B.V.

Referentie: BH8599IBRP2109131305

Status: 01/Definitief

Datum: 20-Sep-21

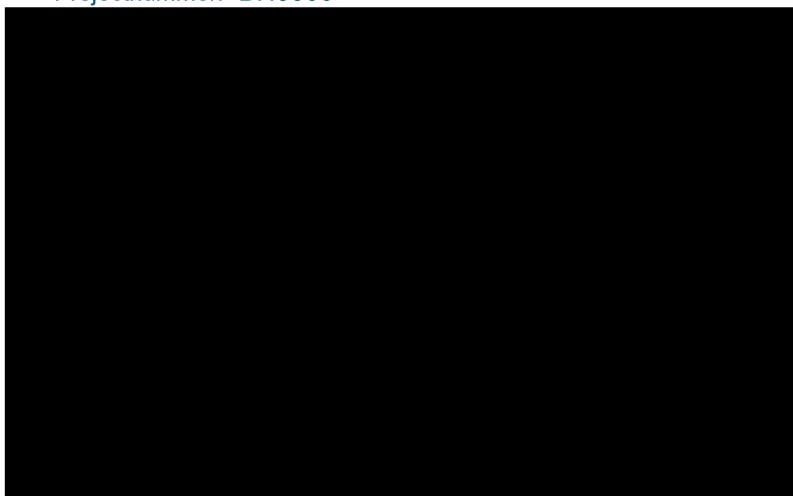
HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Postbus 8520
3009 AM Rotterdam
Industry & Buildings
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**
+31 10 209 44 26 **F**
info@rhdhv.com **E**
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Johannusmolen

Ondertitel: Onderzoek invloed nieuwbouw op windvang
Referentie: BH8599IBRP2109131305
Status: 01/Definitief
Datum: 20-Sep-21
Projectnaam: Windvangonderzoek Johannusmolen
Projectnummer: BH8599



Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden vervoelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Samenvatting	1
1 Inleiding	2
2 Uitgangspunten	3
2.1 Situering	3
2.2 Windvang	3
3 Onderzoek	4
3.1 Programmatuur	4
3.2 Ingevoerde objecten	4
3.3 Windstatistiek	5
3.4 Berekeningen	6
4 Resultaten	10
4.1 Methodiek	10
4.2 Resultaten	11
5 Conclusies	13
Bijlage A. Projectgegevens	
Bijlage B. Projectresultaten	

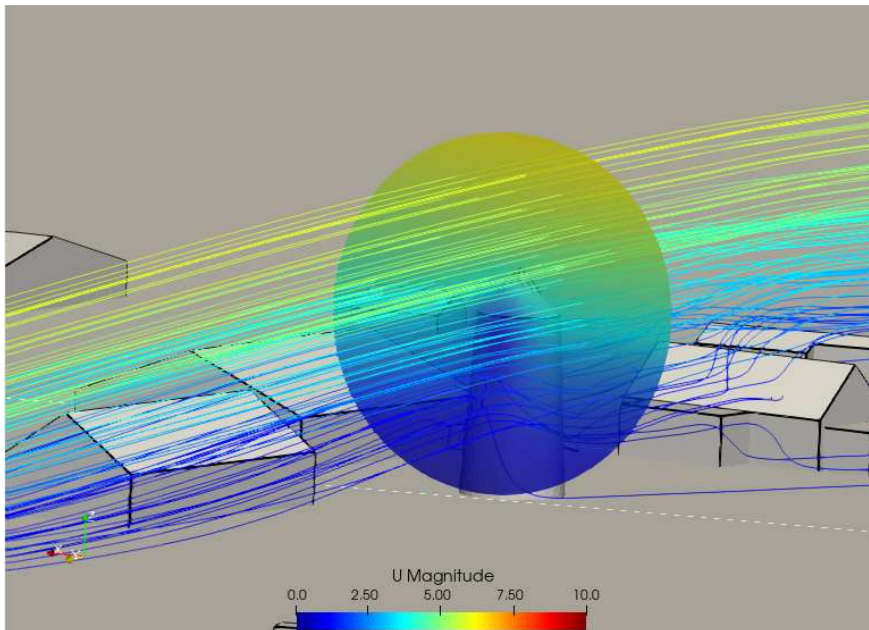
Samenvatting

In opdracht van Ordito B.V. is een onderzoek uitgevoerd naar de invloed van de geplande nieuwbouw gelegen aan de Vosseneindseweg 46 op de molenbiotop van de klassieke windmolen 'Johannusmolen', gelegen aan de Vosseneindseweg 44 te Heumen.

Doel van het onderzoek is de impact te bepalen van de nieuwbouw op de windvang van de molen. Hiertoe zijn met behulp van het CFD-programma SimScale twee numerieke modellen opgezet van de windmolen en zijn omgeving. Eén model voor de huidige situatie en één model van de situatie met de geplande nieuwbouw. De numerieke modellen zijn doorgerekend voor de windrichtingen west, westnoordwest, noordnoordwest en noord. Bij wind uit deze richtingen wordt de windvang van de molen door de nieuwe situatie mogelijk belemmerd. Bij de andere windrichtingen gaat de wind naar de molen niet over het plangebied en is er sprake van een ongewijzigde situatie, daarom zijn de modellen niet doorgerekend vanuit deze richtingen.

Het onderzoek heeft geresulteerd in de totale windvang van de molenwieken voor de verschillende situaties en windrichtingen.

In dit onderzoek is een zeer beperkt verschil geconstateerd in de windvang van de molen tussen de huidige situatie en de mogelijke nieuwbouw. Dit geldt voor de richtingen westnoordwest en noordnoordwest. Op basis van deze onderzoeksresultaten concluderen wij dat de totale afname van de windvang zeer beperkt zal zijn.



Afbeelding 1: stroomlijnen richting de wieken van de molen

1 Inleiding

De geplande nieuwbouw aan de Vosseneindseweg 46 te Heumen ligt 130 meter vanaf de klassieke windmolen “Johannusmolen” te Heumen. De molen is een grondzeiler gesitueerd in een deels door bomen besloten veld.

Bij het bouwen in de omgeving van een klassieke windmolen, zoals hier het geval is, moet er rekening worden gehouden met de zogenaamde molenbiotoop. Nieuwbouw in de omgeving van een molen wordt daarom onder andere getoetst op nadelige gevolgen voor de windvang van de molen.

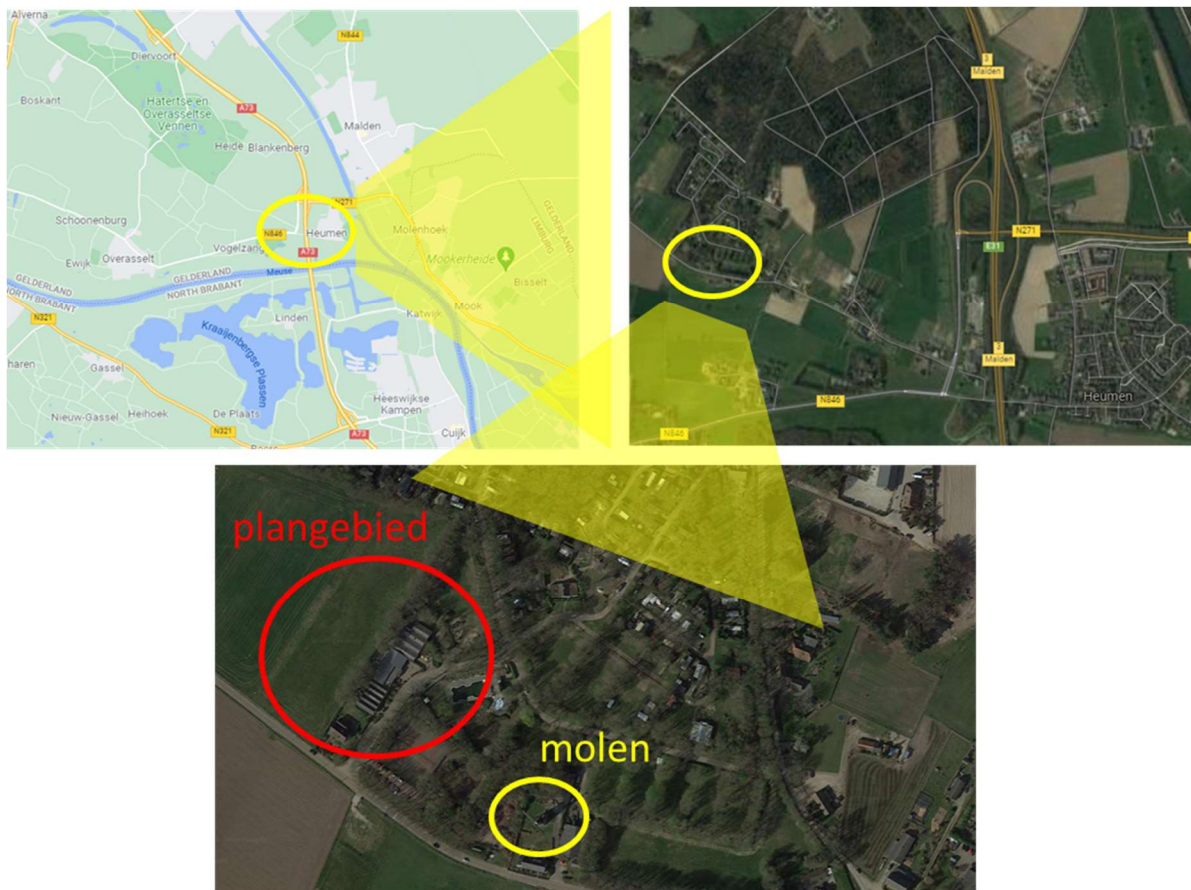
Ordito B.V. heeft Royal HaskoningDHV opdracht gegeven nader te onderzoeken welke gevolgen de bouw van het nieuw hoofdgebouw heeft op het windklimaat nabij de molen “Johannusmolen”. Doel van het onderzoek is te bepalen welke veranderingen in het windklimaat rond de molen optreden.

Het onderzoek is uitgevoerd met behulp van Computational Fluid Dynamics software. Hierbij worden digitale modellen van de molen en de bebouwde omgeving voor het huidige en de toekomstige situatie opgezet in de virtuele windtunnel van het CFD-programma. Vervolgens wordt de windsnelheid rond de ingevoerde objecten berekend. Aan de hand van de resultaten van CFD-berekeningen zijn de verschillen in windvang bepaald.

2 Uitgangspunten

2.1 Situering

De nieuwbouw wordt gepland aan de Vosseneindseweg 46 te Heumen, in het Recreatiecentrum Heumens Bos (zie afbeelding 2-1). Ten zuidoosten van het plangebied ligt de klassieke windmolen “Johannusmolen”.



Afbeelding 2-1: Ligging plangebied (bron: Google Earth)

2.2 Windvang

Voor het functioneren van een molen is een goede windvang (de mate waarin de molen met zijn wieken wind kan onderscheppen) van cruciaal belang. Dit komt voornamelijk door de relatie tussen de windsnelheid en het vermogen van de molen. Het vermogen van een molen is evenredig met de derdemacht van de windsnelheid, waardoor een geringe afname van de wind kan leiden tot een groot verlies aan vermogen. Obstakels hebben een remmend effect op de wind en kunnen daarom de windvang van een molen beïnvloeden. Hoe groter de afstand is tussen de molen en het obstakel, des te kleiner het effect op de windvang.

De omgeving rond een klassieke molen wordt de molenbiotop genoemd. Een goede molenbiotop is van fundamenteel belang voor de werking en het behoud van de molen. De molenbiotop is een landelijke standaard, die criteria biedt waarmee kan worden beoordeeld of de functie van een molen, als werktuig en monument, behouden blijft als gevolg van ingrepen in de omgeving.

3 Onderzoek

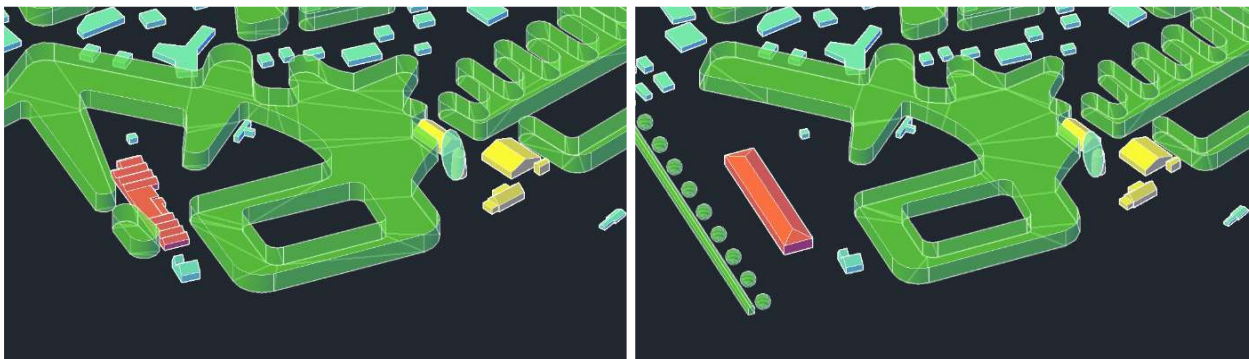
3.1 Programmatuur

Ter bepaling van de verschillen in windvang tussen de bestaande- en nieuwe situatie zijn berekeningen gemaakt met behulp een virtuele windtunnel binnen stromingsprogrammatuur (Computational Fluid Dynamics, CFD). Het gebruikte rekenpakket is SimScale, versie 2021. Voor de technisch-inhoudelijke informatie over de CFD-berekening wordt verwezen naar Tabel A-1 (Bijlage A).

3.2 Ingevoerde objecten

Bij de invoer van de objecten en de terreinhoogte is gebruik gemaakt van de hoogtekaart AHN3 van Nederland (<https://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>), luchtfoto's en de door de opdrachtgever aangeleverde nieuwbouwtekeningen. Voor de molengegevens is gebruikt gemaakt van de molen database (<https://www.molendatabase.nl/nederland/molen.php?tenbruggencatenummer=01228>). De nauwkeurigheid van de maatvoering en het detailniveau van de ingevoerde geometrie zijn afgestemd op het belang daarvan voor een waarheidsgetrouwe simulatie van de rond de molen optredende luchtstroming. Details die geen invloed op de luchtstroming richting de molen (schoorstenen, tuinmeubilair, etc.) zijn derhalve niet gemodelleerd.

Voor de berekening van de verschillen in windvang zijn twee situaties (bestaande en toekomstige) gemodelleerd waarin de gebouwen in een straal van 400 meter rond de molen zijn meegenomen. Een plattegrond van het model van de huidige en toekomstige situatie met de nieuwbouw is weergegeven in afbeelding 3-1.



Afbeelding 3-1: Detail van de ingevoerde geometrie voor de huidige (links) en toekomstige situatie (rechts). De bestaande gebouwen zijn in lichtblauw afgebeeld. Het hoofdgebouw (huidige en toekomstige situatie) is in rood afgebeeld. De molen en de gebouwen rond de molen zijn in geel afgebeeld. De aanwezige bomen zijn in het groen afgebeeld.

Een detail van de geometrie van de molen is weergegeven in afbeelding 3-2. De vlucht van de wieken is 24.10 m.



Afbeelding 3-2: Overzicht van de ingevoerde molen (links, de wieken als transparant vlak) en foto van de molen (rechts, bron: www.molendatabase.nl).

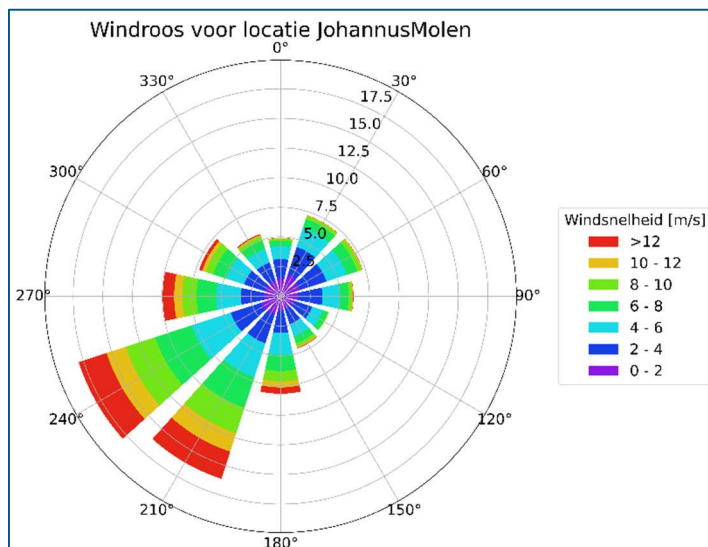
Voor de simulatie van de wind uit de verschillende richtingen, worden de wieken in het model naar de wind gedraaid.

3.3 Windstatistiek

De gebruikte windstatistiek is afkomstig van het KNMI. In dit geval is gebruik gemaakt van de gegevens berekend met behulp van de rekenmethodiek NPR6097:2006 “toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden van Nederland”.

Om de windstatistiek van de gewenste locatie te kunnen genereren, worden als basis de windgegevens van de KNMI-meetstations in Nederland gebruikt. Uit deze gegevens, samen met de landgebruikskaart van Nederland, wordt de ruwheid van het terrein berekend. Als laatste stap wordt de windstatistiek op de gewenste locatie bepaald met behulp van het meteorologische model. De windstatistiek is weergegeven in Tabel A-2 (Bijlage A).

De windstatistiek geeft een overzicht van de te verwachten windsterkte en -richting. Uit de windstatistiek kan een windroos worden afgeleid, welke is weergegeven in afbeelding 3-3. De windroos vermeldt voor 12 windrichtingen de kans dat een bepaalde windsnelheid optreedt. Uit de windroos blijkt dat wind met een hoge snelheid meestal uit het zuidwesten waait. Lagere windsnelheden waaieren uit alle richtingen. De windroos van Heumen laat zien dat de wind waait uit het noorden in 5.14% van de totale uren van het jaar, uit het westen in 9.92% van de totale uren van het jaar, uit het westnoordwesten in 7.32% van de totale uren van het jaar en uit het noordnoordwesten in 5.70% van de totale uren van het jaar. In totaal waait de wind uit de berekende windrichtingen voor bijna 30% van de tijd van het jaar. Bij de andere windrichtingen gaat de wind naar de molen niet over het plangebied en is er sprake van een ongewijzigde situatie. Er is daarom in de resterende 70% van de totale uren van het jaar geen vermogensverlies voor de molen te verwachten.

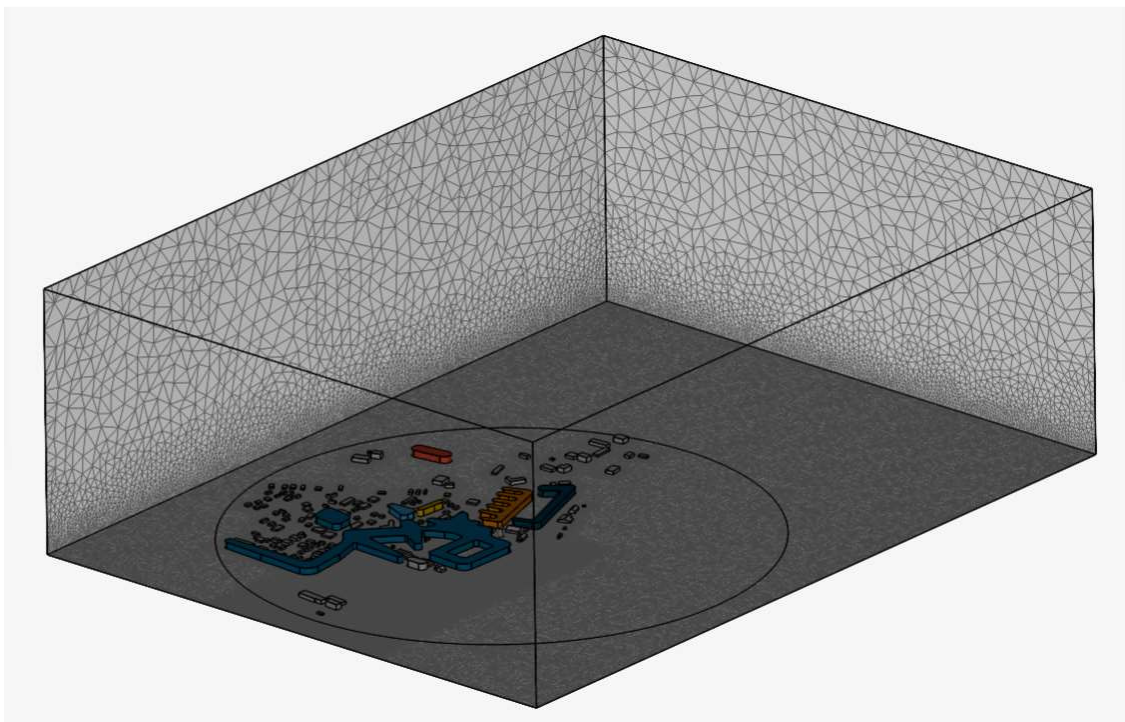


Afbeelding 3-3: De windroos voor de locatie "Johannusmolen" (Heumen)

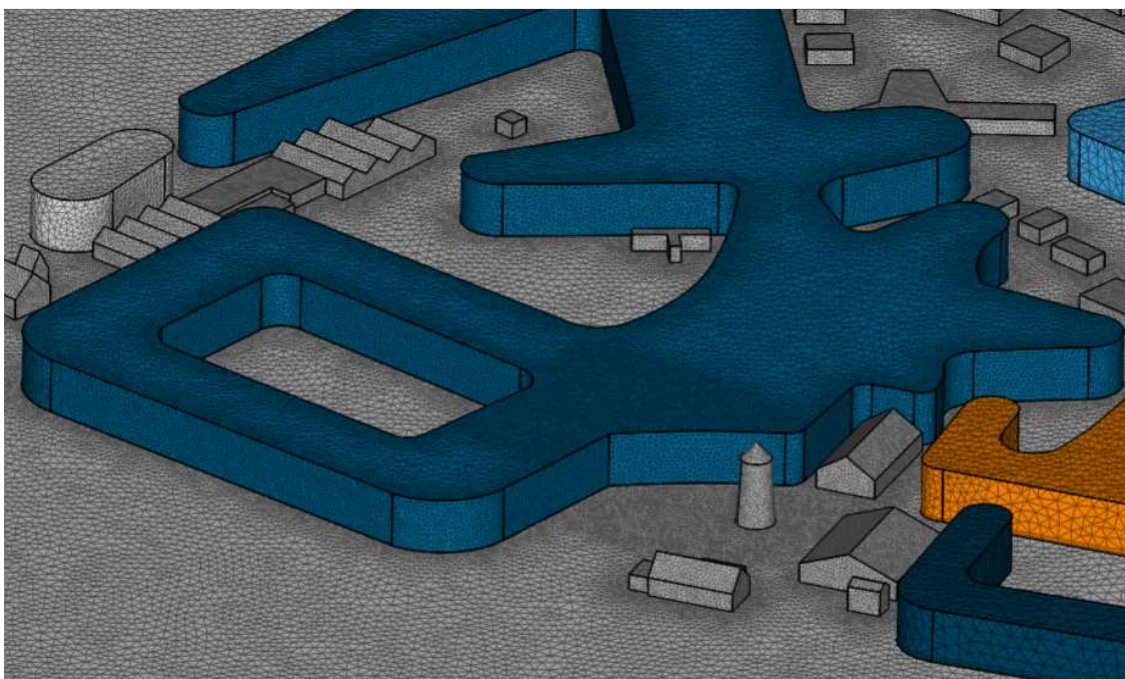
3.4 Berekeningen

Rondom de ingevoerde geometrie wordt een gedetailleerd raster van rekenpunten gemodelleerd welke afhankelijk van de modelgeometrie en het interessegebied (molen) verdichtingen kent in het aantal rekenpunten.

Het rekenrooster is weergegeven in afbeelding 3-4, waarbij het onderscheid tussen de kleinere elementen rond de molen en de nieuwbouw en de grotere elementen in het achterland goed te zien is, afbeelding 3-5 toont de details van de rekenrooster vanaf de zuidoostkant van het bestaande hoofdgebouw, waarbij een impressie wordt gegeven van de hoeveelheid elementen die in zijn opgenomen (circa 9.5 miljoen). Er is voor een tetragonale vorm van de elementen gekozen omdat hiermee de vorm van de gebouwen nauwkeurig gevolgd kan worden in combinatie met hexaëders in het midden van het luchtvolume. Aan de wanden bevinden zich 3 prismatische elementen (boundary layers).

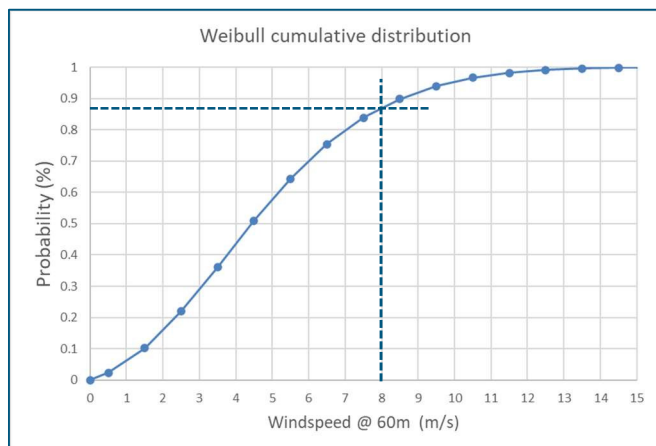


Afbeelding 3-4 Rekenrooster overzicht



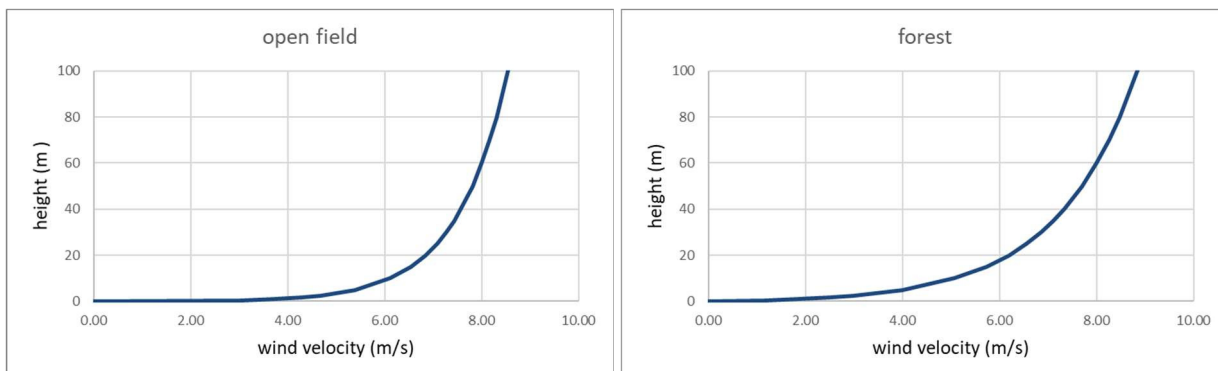
Afbeelding 3-5 Detail van de rekenrooster rond de molen voor de huidige situatie (zuidoostkant)

Voor het bepalen van het bovenwindse snelheids- en turbulentieprofiel dat gebruikt wordt voor de berekeningen is gekeken naar de Weibull-verdeling van de windsnelheden. Hieruit kan worden afgelezen dat er een 87% kans is dat de windsnelheid lager is dan 8 m/s. De helft (50%) van de tijd is de windsnelheid lager dan 4.5 m/s.



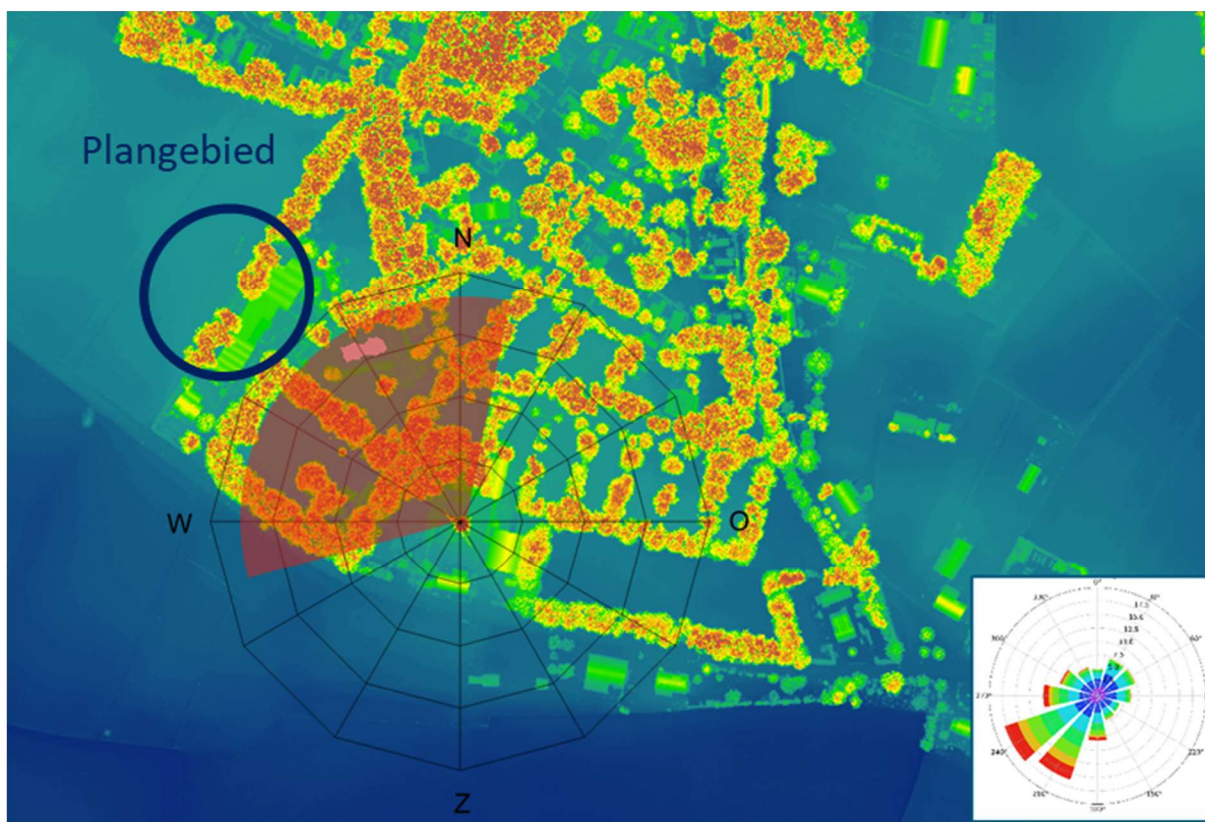
Afbeelding 3-6: De cumulatieve Weibull distributie van de windsnelheid voor de locatie “Johannusmolen” (Heumen)

Het gebruikte windprofiel van de atmosferische grenslaag is getoond in afbeelding 3-7. Hierbij is een referentiesnelheid van 10 m/s op 60 m hoogte aangehouden, met een terreinruwheid van “open land ($y_0 = 0,03\text{m}$)” voor de richting westnoordwest (300°) en noordnoordwest (330°), en een terreinruwheid van “bos ($y_0 = 0,5\text{m}$)” voor de richtingen noord (0°) en west (270°).



Afbeelding 3-7 Gebruikt windprofielen (links: open land, rechts: buiten stedelijk)

De situatie waarin de windvang van de molen het meest wordt belemmerd is bepalend voor de afname van het molenvermogen. Gezien de hoogte en positionering van de nieuw te realiseren gebouwen zullen er mogelijke effecten op de windvang van de molen zijn bij wind uit de richtingen in het kwadrant tussen west en noord (W, WNW, NNW, N). Bij deze windrichtingen staat de nieuwbouw in het pad van de wind naar de molen. De berekende windrichtingen zijn aangegeven in afbeelding 3-8 (inclusief de windroos).



Afbeelding 3-8 Berekende windrichtingen aangegeven bij de locatie van de nieuwbouw (incl. windroos van de locatie)

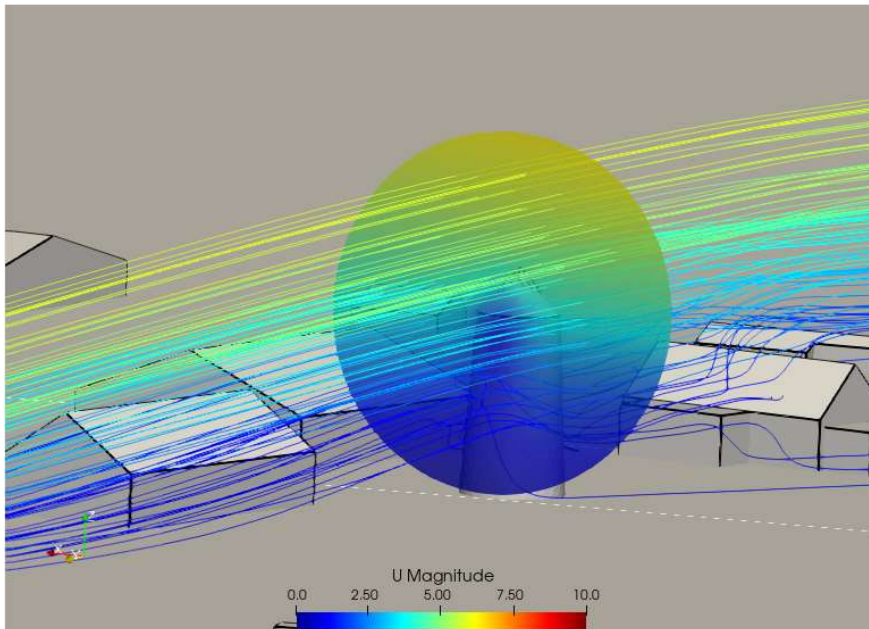
Bij de overige windrichtingen is er sprake van een ongewijzigde situatie en is er geen effect te verwachten door de nieuwbouw op de windvang van de molen.

4 Resultaten

4.1 Methodiek

Op basis van de berekende lokale windsnelheden is het mogelijk om de windvang van de molen te bepalen. Hiervoor is het wiekenvlak gedefinieerd, zie Afbeelding 4-1, waarna het luchtdebiet kan worden bepaald dóór dit vlak door middel van numerieke integratie van de windsnelheden. Het resultaat is de windvang in m³/s. Voor een bepaalde richting kan deze waarde worden vergeleken voor de oude en nieuwe situatie. In deze afbeelding is ook goed te zien dat de hoge windsnelheden, welke een grote bijdrage hebben tot de totale windvang, zich vooral aan de bovenzijde van het wiekenvlak bevinden. Het verschil in de windvang wordt berekend via de formule:

$$\text{verschil windvang} = \frac{\text{windvang nieuwbouw} - \text{windvang bestaande situatie}}{\text{windvang bestaande situatie}} \%$$



Afbeelding 4-1 Windsnelheden door het wiekenvlak en visualisatie van stroomlijnen rondom de molen. Hierbij zijn de bomen rond de molen niet afgebeeld.

De verkregen verschillen worden daarna vermenigvuldigd met de kans dat de wind uit die bepaalde richting waait, waarmee de effectieve af- of toename van de windvang bepaald kan worden. Deze windkans is berekend aan de hand van de windroos van Afbeelding 3-3.

4.2 Resultaten

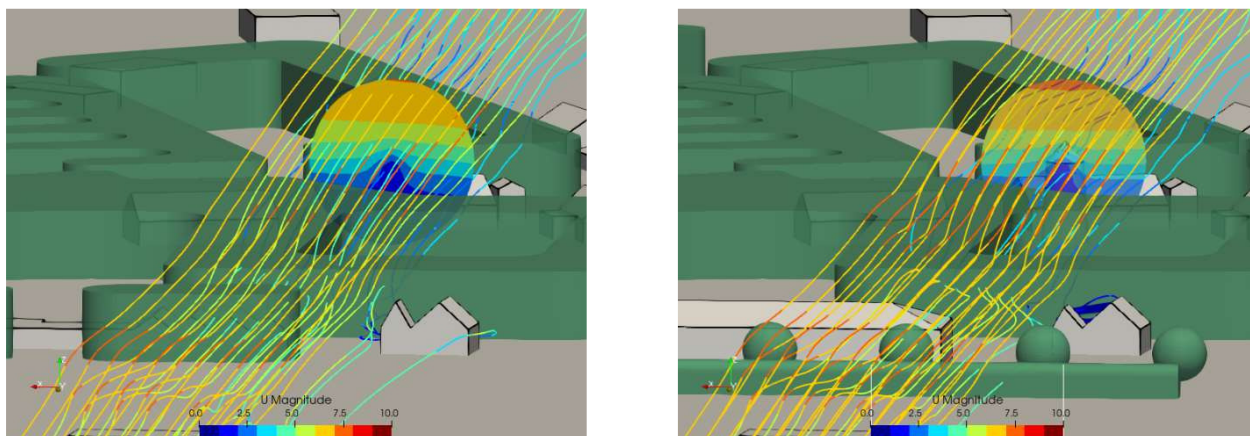
In Tabel 4-1 staat het overzicht van de berekende debieten voor de verschillende windrichtingen bij de huidige en nieuwe situatie. Het windvang verschil is het verschil tussen het huidige en nieuwe debiet (negatieve waarde is afname, positieve waarde is toename van de windvang). Om het effectieve verschil in een bepaalde windrichting te berekenen is het absolute verschil vermenigvuldigd met de kans dat de wind uit die betreffende richting waait.

Tabel 4-1 Resultaat overzicht

Windrichting (graden)	Windrichting (naam)	Debiet huidig (m3/s)	Debiet nieuw (m3/s)	Windvang verschil (%)	Windkans (%)	Effectief verschil (%)
270	W	1686	1638	-2.8%	9.91%	-0.28%
300	WNW	1665	1750	+5.1%	7.33%	+0.37%
330	NNW	1439	1502	+4.40%	5.1%	+0.25%
0	N	1526	1519	-0.5%	5.14%	-0.02%

Het modelleren door middel van CFD (Computational Fluid Dynamics) simulaties of metingen in de windtunnel heeft altijd een onzekerheidsmarge. Dit heeft onder andere te maken met kleine verschillen in meshing, numerieke nauwkeurigheid van de solver en computer tolerantie. Dit is typisch rond de 2-3%. Dat wil zeggen dat voor zeer kleine verschillen van de windvang (rond de 2%) het exacte verschil niet aantoonbaar is. Dit is de situatie voor de wind uit het noorden en westen.

Voor de windrichtingen westnoordwest (300 graden) en noordnoordwest (330 graden) wordt een zeer kleine toename in de windvang verwacht. Dit heeft te maken met het schuine dak in de windrichting van het nieuw hoofdgebouw t.o.v. de huidige situatie, en het afkappen van de bomen direct achter het huidige hoofdgebouw. Dit resulteert in een kleine toename van de windsnelheid op de bovenste deel van de wieken (zie **Error! Reference source not found.**).



Afbeelding 4-2 stroomlijnen voor de huidige (links) en nieuwe situatie (rechts), wind uit westnoordwest (300 graden ten opzichte van noord)

Uit de berekende verschillen kunnen we concluderen dat de windvang van de molen in beperkte mate beïnvloed wordt door eventuele nieuwbouw. Dit heeft te maken met de aanwezigheid van de bomen en vegetatie rond de molen, en de beperkte omvang en hoogte van hoofdgebouw tussen de oude en nieuwe situatie.

In Bijlage B is een overzicht van de resultaten van de verschillende berekeningen, te weten de stroomlijnen rondom de molen en een doorsnede van de snelheden op 12 m hoogte (de hoogte van het middelpunt van de wieken).

5 Conclusies

Een windonderzoek is uitgevoerd met als doel het bepalen van de invloed van de nieuwbouw aan de Vosseneindseweg 46 te Heumen op de molenbiotoop van de klassieke windmolen “Johannusmolen”, gelegen aan de Vosseneindseweg 44 te Heumen.

Uit de resultaten van de CFD simulaties is het windvang verschil voor elke windrichting bepaald. Door het vermenigvuldigen van het windvang verschil in een bepaalde windrichting met de kans dat de wind uit die betreffende richting waait wordt het effectief verschil voor deze windrichting bepaald. In tabel 5-1 staat het overzicht van de berekende effectieve verschillen voor alle berekende windrichtingen.

Tabel 5-1 Effectief verschil windvang per windrichting.

Windrichting (graden)	Windrichting (naam)	Effectief verschil (%)
270	W	-0.28%
300	WNW	+0.37%
330	NNW	+0.25%
0	N	-0.02%

Voor de richtingen west en noord is er een zeer beperkte toename van de windvang te verwachten. Dit valt binnen de onzekerheidsmarge van de CFD simulaties. Deze richtingen komen voor in 15% van de totale uren van het jaar.

Voor de windrichtingen westnoordwest en noordnoordwest is er een kleine toename van de windvang te verwachten, deze is gerelateerd aan het afkappen van de bomen direct achter het hoofdgebouw. Deze richtingen komen voor in bijna 14% van de totale uren van het jaar.

Voor de andere 71% van de totale uren van het jaar is ook geen afname van de windvang van de molen te verwachten.

Het betekend totaal verschil van de windvang voor alle windrichtingen en over het hele jaar kleiner is dan 1%.

Op basis van de resultaten van het windvangonderzoek kan geconcludeerd worden dat de nieuwbouw een zeer beperkt effect heeft op de windvang van de molen.

Bijlage A. Projectgegevens

Tabel A-1 Technische bijlage project

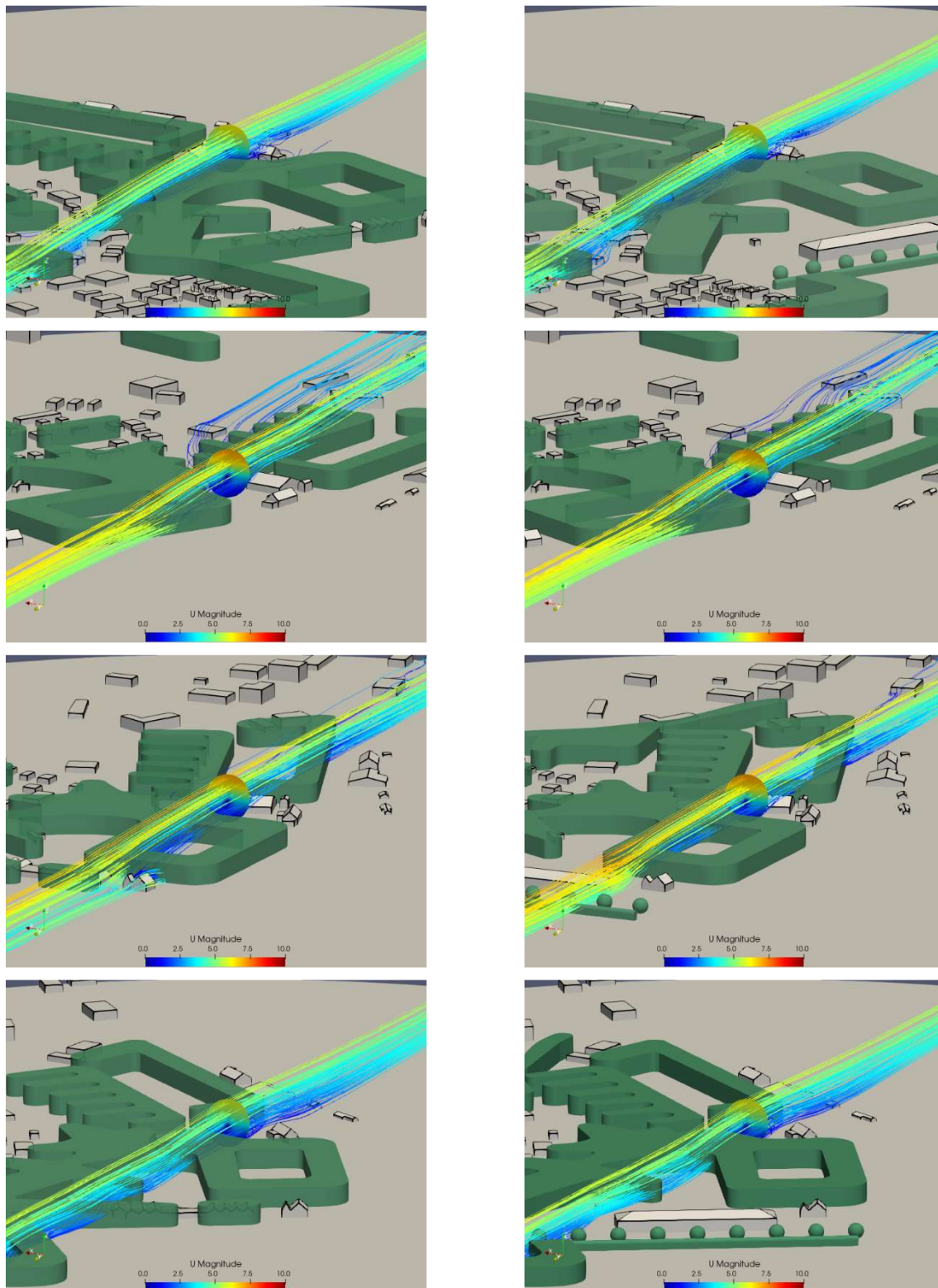
Projectnaam	Molen “Johannusmolen” Onderzoek effect van nieuwbouw op de windvang van de molen
Opdrachtgever	
Projectleider	
Datum	15 september 2021
Model	Algemene gegevens van het model
Omvang gemodelleerd gebied	
Kerngebied	Ø 400 m × 400 m
Omgeving	1250 × 900 × 400 m
Blokkeringsgraad	< 3%
Gemodelleerd groen	In de nabijheid van de molen aanwezige bomen en vegetatie
Onderzochte windrichtingen	4
Onderzochte configuraties	2
Computeropstelling	Specifieke gegevens van gebruikte programmatuur
Programmatuur	☒ FVM (eindige volume methode) ☐ anders ☐ FEM (eindige elementen methode) Programmatuur: SimScale Versie: 2021
Algemeen	☒ driedimensionaal ☒ tijdsafhankelijk ☒ isothermisch ☐ passieve scalars ☐ tweedimensionaal ☐ tijdsafhankelijk ☐ thermisch ☐ actieve scalars
Rekenrooster	Niet-gestructureerd; $\pm 9.5 \times 10^6$ elementen
Turbulentiemodellering	k ω -SST model
Connectieve schema's	Snelheidscomponenten: SIMPLE Turbulentiegrootheden: SIMPLE Scalaire variabelen: n.v.t.
Randvoorwaarden	Gebruikte randvoorwaarden
Instroomprofiel	Atmosferische grenslaag “open land” omgeving voor de richtingen west en westnoordwest, “bos” voor de richtingen noord en noordnoordwest
Uitlaat	Standaard uitstroomrandvoorwaarde
Boven-/zijwanden	Symmetrie
Vloer/bodem	Wandruwheid 0.5m voor bos, 0.03 voor open land
Overige	Wand
Gegevensverwerking en -beoordeling	
Amersfoortse coördinaten van de locatie	(X185015, Y420145)
Gepresenteerde resultaten	Integraal van windsnelheden op wiekenblad (debiet windvang); sliceplot bovenaanzicht; stroomlijnen rondom molen
Opmerkingen en eventuele conclusies van proefoverschrijdend belang	-

Tabel A-2 Windstatistiek van Heumen

FREQUENTIETABEL VAN DE 60 METER WINDSNELHEID DISTRIBUTIEF ABSOLUUT													

Bijlage B. Projectresultaten

Tabel B-1 Overzicht resultaten stroomlijnen (links huidige situatie, rechts nieuwe situatie; van boven naar onder uit richting: 0; 270; 300; 330)



Tabel B-2 Overzicht resultaten snelheid, doorsnede op 12m hoogte (midden van wieken) (links huidige situatie, rechts nieuwe situatie; van boven naar onder uit richting: 0; 270; 300; 330)

