

WINDVANGONDERZOEK

RAPPORTAGE: Herinrichting kantorenpark en verbetering biotoop

"DE VIAAN"

Opdrachtgever:

[REDACTED]
[REDACTED] | [REDACTED]@alkmaar.nl

Onderzoeker en auteur:

EAGM te Montfoort
[REDACTED] | [REDACTED]@eagm.nl | 06-[REDACTED]

Datum:

18 december 2024 | versie 1.1

Status: concept

Copyright:

© EAGM B.V., projectnummer: 2024_154

Montfoort, december 2024

Disclaimer:

De inhoud van dit rapport is met uiterste zorg samengesteld. De informatie in dit document wordt aangeboden zonder enige garantie. EAGM sluit alle aansprakelijkheid uit voor enigerlei directe of indirecte schade, van welke aard dan ook, die voortvloeit uit of verband houdt met het gebruik van dit document. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd of openbaar gemaakt door middel van drukwerk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder schriftelijke toestemming van EAGM en de opdrachtgever, noch zonder toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

1. INLEIDING

1.1 Aanleiding

De gemeente Alkmaar is momenteel bezig met de mogelijke transformatie en herinrichting van het kantorenpark gelegen aan de Ohmstraat, Ampèrestraat, James Wattstraat en Voltastraat. Dit kantorenpark bevindt zich tussen twee rijksmonumentale molens: De Viaan en de Sluismolen. Beide molens zijn eigendom van het Hoogheemraadschap Noord-Holland Kwartier (HHNK) en functioneren nog steeds als maalvaardige poldermolens, zij het als reservegemaal.

Omdat de beoogde herinrichting mogelijk gevolgen kan hebben voor de windvang van de molens, wil de gemeente eerst de huidige conditie van de windvang in kaart brengen. Het doel is om te bepalen waar knelpunten zich voordoen en waar verbeteringen mogelijk zijn, bijvoorbeeld door bomenkap of het terugsnoeien van beplanting. Naast het in kaart brengen van de huidige situatie is aanvullend onderzoek uitgevoerd om het effect van de voorgenomen herinrichting en (beperkte) bomenkap op de windvang te berekenen. Hierbij zijn verschillende scenario's opgesteld en doorgerekend om te bepalen welke maatregelen een positief effect kunnen hebben op het behoud en de verbetering van de windvang. Dit onderzoek richt zich niet alleen op de directe belemmeringen door gebouwen en bomen, maar ook op de mogelijke verbeteringen die binnen de ruimtelijke kaders van de herinrichting kunnen worden gerealiseerd.

Het is de intentie van alle betrokken partijen om de molenbiotoop te verbeteren en, in combinatie met de herinrichting van het kantorenpark, een goede oplossing te vinden die recht doet aan zowel de molens als het stedelijke landschap. Hoewel het onderzoek bij aanvang betrekking had op zowel molen De Viaan als de Sluismolen, richt dit specifieke rapport zich uitsluitend op de situatie rondom molen De Viaan.

Met dit rapport wil de gemeente inzicht verkrijgen in zowel de huidige knelpunten als de haalbaarheid van potentiële maatregelen om de windvang van molen De Viaan te optimaliseren en tegelijkertijd de kwaliteit van de herinrichting van het kantorenpark te waarborgen.

1.2 Rapport

In dit onderzoek is gebruik gemaakt van CFD (Computational Fluid Dynamics) om de verschillen tussen meerdere scenario's te analyseren en met elkaar te vergelijken. CFD fungeert als een virtuele windtunnel waarin 3D-modellen worden berekend op basis van de stroming van lucht of wind, bijvoorbeeld in een stedelijke omgeving. Voor deze simulaties spelen tal van parameters en instellingen een cruciale rol. Deze zijn niet alleen van belang om de simulaties zo dicht mogelijk bij de werkelijkheid te brengen, maar ook om een betrouwbare en consistente vergelijking tussen de verschillende scenario's te waarborgen.

EAGM streeft naar een volledig transparante en reproduceerbare onderzoeksmethodiek voor de bepaling van de windvang van molens. Om de leesbaarheid van dit rapport te bevorderen, wordt niet uitgebreid ingegaan op alle parameters. Een overzicht hiervan kan echter op verzoek worden verstrekt.

Correctie: In het eerste resultatenblad zijn de gegevens met betrekking tot de Weibull-verdeling, de 'kwaliteitsfactor' van de windrichtingen en de knelpuntenkaart niet correct. Dit is het gevolg van een onjuiste filterinstelling tijdens de data-analyse. Deze fout is ontdekt voorafgaand aan de verdere data-analyse voor dit definitieve onderzoek en zal in de uiteindelijke resultaten worden gecorrigeerd.

1.3 Het onderzoek

Molen De Viaan, een rijksmonumentale poldermolen gebouwd in 1579, speelt een cruciale rol in het waterbeheer van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (HHNK). Gelegen in Alkmaar, is de molen een belangrijk cultureel erfgoed dat niet alleen functioneel maar ook historisch en educatief van groot belang is. Met een wiekenkruis van 24 meter zorgt De Viaan ervoor dat de polder, indien nodig, op peil kan worden gehouden.

Het behoud van de molenbiotoop, in het bijzonder de windvang, is essentieel voor de efficiënte werking van de molen. De gemeente Alkmaar onderzoekt daarom de huidige condities van de windvang, met als doel knelpunten te identificeren en waar nodig verbeteringen door te voeren, bijvoorbeeld door bomen te snoeien of te verwijderen. Dit rapport beschrijft het uitgevoerde windvangonderzoek van Molen De Viaan, waarin de invloed van de omliggende bebouwing en begroeiing op de windvang van de molen wordt geanalyseerd.

Door middel van CFD-simulaties en nauwkeurige modellering van de omgeving, wordt de luchtstroming rond de molen onderzocht om vast te stellen in hoeverre obstakels de windvang beïnvloeden. De resultaten van dit onderzoek zullen dienen als leidraad voor het behoud en de verbetering van de windvang van Molen De Viaan, waardoor zowel de functionele als historische waarde van de molen behouden blijft.

1.4 Biotoop versus windvang

Het is van belang om het onderscheid tussen een windvangonderzoek en een biotooponderzoek goed te begrijpen. Een windvangonderzoek richt zich uitsluitend op de capaciteit van de molen om wind te vangen en deze om te zetten in mechanische energie. Dit type onderzoek analyseert het effect van obstakels of veranderingen in de directe omgeving van de molen op deze capaciteit.

Een biotooponderzoek daarentegen heeft een breder perspectief en richt zich op de gehele omgeving rondom de molen. Hierbij worden niet alleen de technische aspecten van de windvang meegenomen, maar ook factoren zoals flora, fauna en landschapselementen die van invloed zijn op de beleving, esthetiek en functionaliteit van de molen. Daarnaast omvat een biotooponderzoek ook aspecten zoals het zicht op de molen, de cultuurhistorische waarde en het ambachtelijke malen. Deze bredere context kan worden geëvalueerd in relatie tot het bestemmingsplan, waarbij eventuele inbreuken op de molenbiotoop eerst door belanghebbenden worden besproken.

In dit rapport ligt de focus op een windvangonderzoek.

1.5 Gebruikte software

- OpenFOAM [GUI: RWIND Pro]
- ParaView
- QGIS [OSM, AHN, PDOK] en Google Earth
- Sketchup [3DBAG, AHN, GIS data Alkmaar]
- Blender
- VScode [numpy, scipy, matplotlib(pyplot), seaborn]
- Microsoft Excel, Access en Word

1.6 Bronnen

- KNMI
- AHN

- 3DBAG
- Google Earth
- CADMapper
- Data [REDACTED]
- www.archaeocosmology.org; [REDACTED]
- 'Drag coefficient and frontal area of a solitary mature tree'; [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED]
- 'A Simple Algorithm to Relate Measured Surface Roughness to Equivalent Sand-grain Roughness'; [REDACTED], [REDACTED], [REDACTED]
- 'Windmills in England'; [REDACTED]
- 'Aerodynamics of Wind Turbines'; [REDACTED]
- 'Computational Fluid Dynamics for urban physics: Importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations'; [REDACTED]
- International Journal of Historical Engineering and Technology
- 'Computational Fluid Dynamics: The Basics with Applications'; [REDACTED]
- 'Turbulence Modeling for CFD'; [REDACTED]
- 'An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method'; [REDACTED] en [REDACTED]
- 'Aerodynamic Roughness of Urban Areas'; [REDACTED] en [REDACTED]
- 'Numerical Simulations of Wind Flow in Urban Forests'; [REDACTED] en Ruck
- 'Technische Strömungslehre'; [REDACTED]
- 'Best practice guideline for the CFD simulation of flows in the urban environment'; [REDACTED]
- 'CFD modelling and wind tunnel validation of airflow through plant canopies using 3D canopy architecture'; [REDACTED] e.a.
- OpenFOAM/RWIND handleiding

2. PLANGEBIED EN PLANNEN



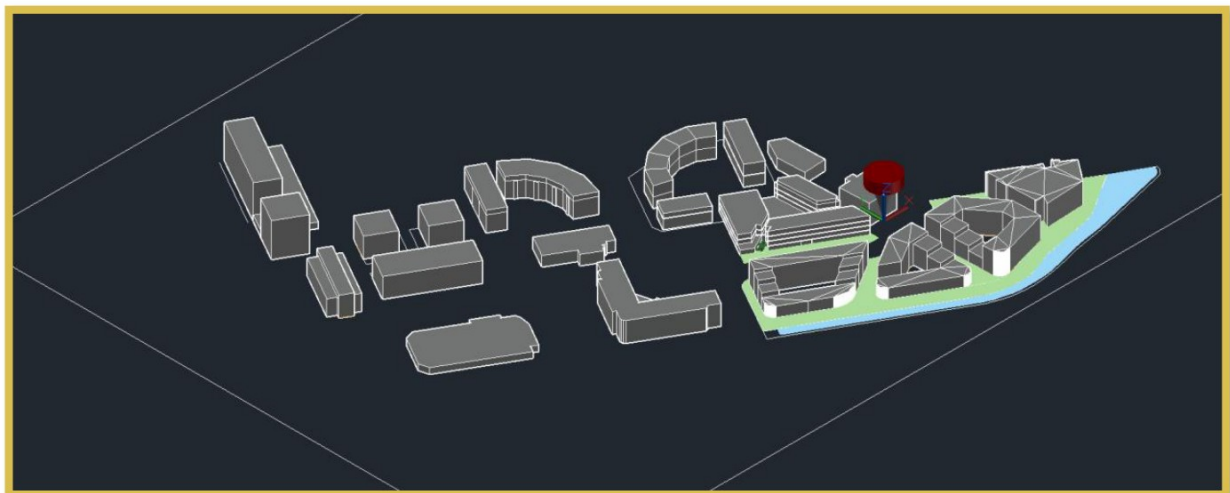
Satellietfoto van de directe omgeving van molen De Viaan, afkomstig uit Google Earth. De weergegeven satellietfoto beslaat een gebied van ongeveer 1.000 x 1.000 meter en is noordelijk georiënteerd. Het kantorenpark is rood gearceerd.

Op de locatie van het kantorenpark staan momenteel relatief grote en hoge gebouwen met diverse vormen. Daarnaast is het gebied rondom de molen behoorlijk dicht begroeid met bomen, vooral ten zuiden en ten noordwesten van de molen. Direct ten zuiden van de molen, binnen een straal van 100 meter, bevinden zich meerdere hoge bomen die mogelijk invloed hebben op de windvang.



Het huidige kantorenpark in relatie tot de molen

Bij de transformatie van het kantorenpark zullen niet alle bestaande gebouwen worden gesloopt. De herinrichting is daardoor niet integraal. Zo blijven onder andere het politiekantoor, de parkeergarage en de boogvormige gebouwen behouden. In het transformatieplan worden de boogvormige gebouwen echter wel verhoogd met één extra bouwlaag.



3D-model van de voorgenomen herinrichting

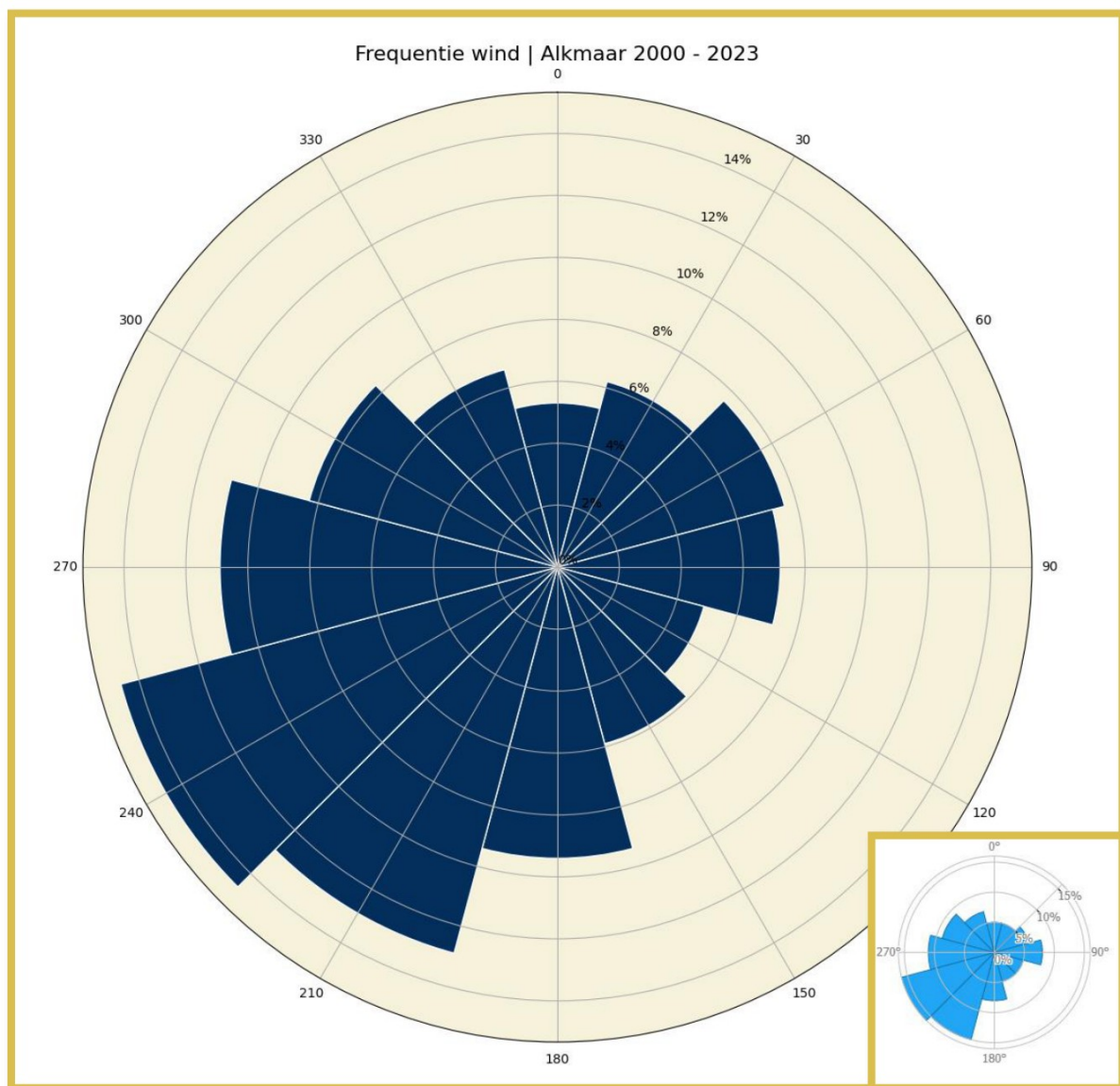
Het model, afkomstig van de gemeente Alkmaar, toont de geplande herinrichting van het kantorenpark. De stedenbouwkundige opzet wijkt niet sterk af van de bestaande situatie, hoewel sommige elementen in het plan hoger zijn dan in de huidige situatie. Alle wijzigingen binnen een straal van 400 meter tot de molen zijn gemodelleerd.

3. ONDERZOEK EN RESULTATEN

3.1 Windregime

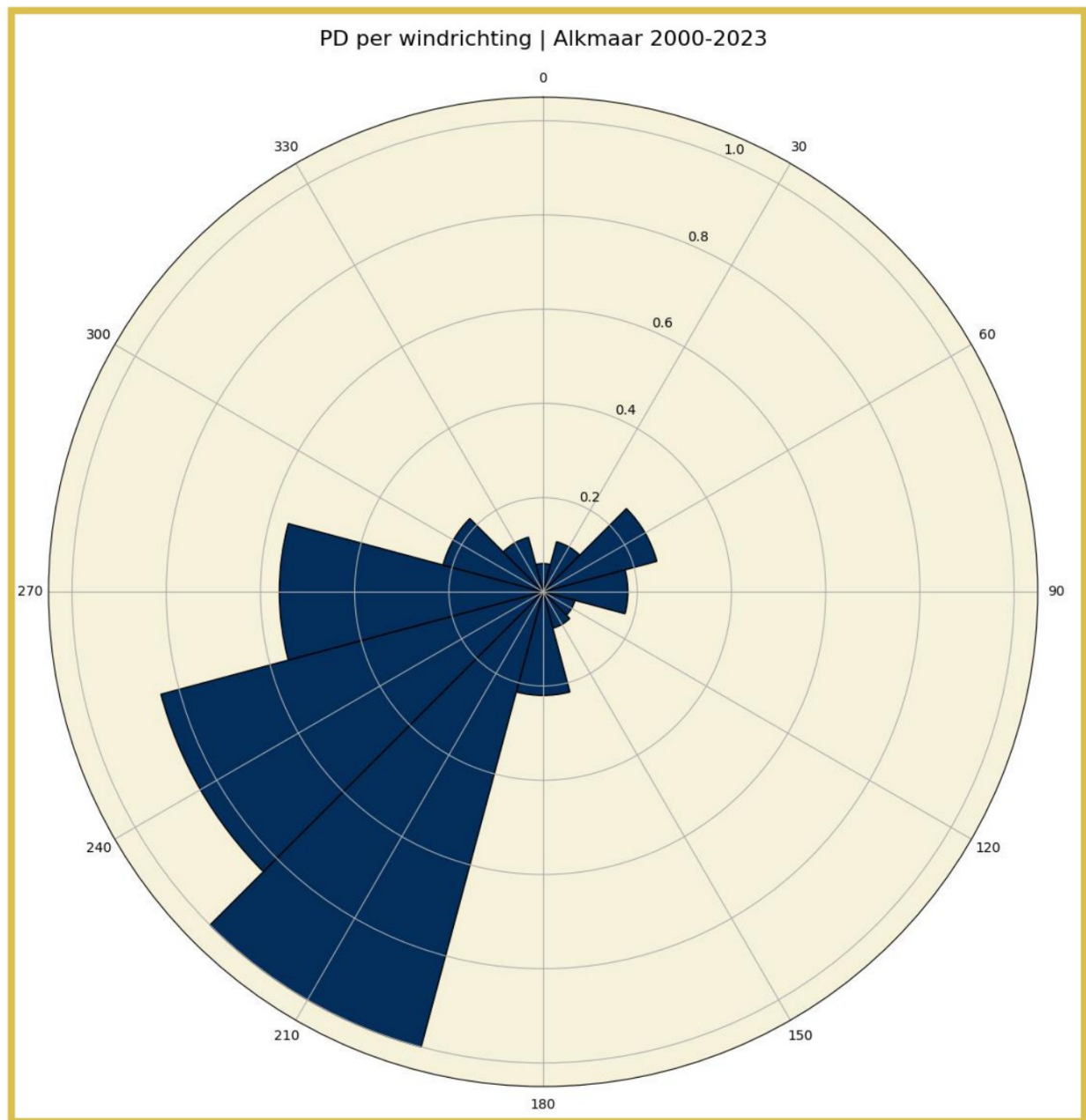
Voor het vaststellen van het windregime is gebruik gemaakt van openbare metadata van het KNMI, specifiek van station De Kooy (235), over de periode 2000-2023. Om de data te verifiëren zijn deze gegevens gevalideerd met behulp van de [REDACTED] Atlas, tot een afstand van maximaal drie kilometer van molen De Viaan. Aangezien het een poldermolen betreft, is voor de analyse de uurdata van 0-24 uur gebruikt.

De windroos is onderverdeeld in 12 onderzoekssectoren van 30°. Op basis van de metadata is de frequentie van de wind per sector berekend. Deze grafiek houdt geen rekening met de windsnelheid of de windkwaliteit, waardoor het uiteindelijke vermogen nog niet kan worden berekend.



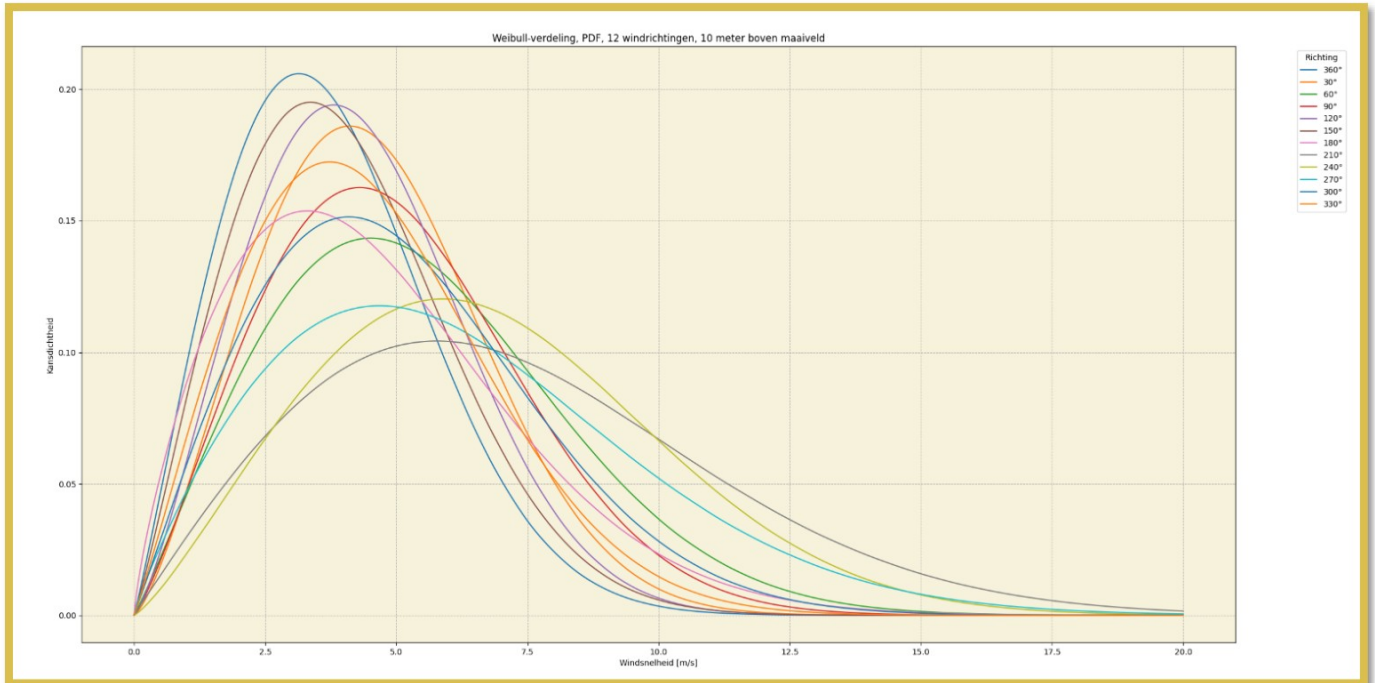
Het grootste windvangpotentieel wordt gevonden in de 240°-richting, met een bijdrage van 14,43% aan het totale windpotentieel. De windroos (frequentie, gemiddeld) ingezet in de hoek rechtsonder is afkomstig van de [REDACTED] Atlas voor een gebied 9km² rondom de molen.

Op basis van de metadata is voor elke onderzoeksrichting de vermogensdichtheid berekend (snelheid en luchtdichtheid per uur). Hierbij is de totale vermogensdichtheid van de wind per richting over de gehele periode in W/m^2 bepaald, oftewel het energiepotentieel per onderzoeksrichting. Deze factor is genormaliseerd op een waarde van 1, waarmee inzicht wordt verkregen in welke windrichting gedurende het jaar het meeste energiepotentieel voor de molen biedt.



Deze windroos vertoont een groot verschil met de frequentieroos, wat aangeeft dat de gemiddelde windsnelheden variëren tussen de verschillende windrichtingen. Windrichting 210° heeft de hoogste vermogensdichtheid (1.00), 360° de laagste (0.06).

Om dit te illustreren, is onderstaand een Weibull-verdelingsgrafiek opgenomen die de verdeling van alle windrichtingen toont. De inputdata voor deze Weibull-verdeling is eveneens de metadata van het KNMI.



De Weibull-verdelingsfunctie (Probability Density Function, PDF) voor 12 verschillende windrichtingen, gemeten op 10 meter boven het maaiveld. De Weibull-verdeling wordt vaak gebruikt om windprofielen en windsnelheden te modelleren, aangezien windgedrag vaak niet normaal verdeeld is.

De x-as van de grafiek geeft de windsnelheid in meters per seconde (m/s) weer, terwijl de y-as de kansdichtheid toont, wat aangeeft hoe waarschijnlijk een bepaalde windsnelheid voorkomt voor een gegeven windrichting.

De kansdichtheid van de windsnelheden in deze verdeling geeft inzicht in de variabiliteit van de windsnelheden per windrichting. Door de curve per windrichting te analyseren, kunnen relevante conclusies worden getrokken met betrekking tot de energieopbrengst. Zo liggen de pieken van de windrichtingen 210° en 240° relatief hoog (snelheid op de x-as), wat aangeeft dat de kansdichtheid voor een specifieke windsnelheid het grootst is. Echter, omdat de pieken minder scherp zijn, wijst dit op een grotere variabiliteit in de windsnelheden voor deze richtingen, ondanks dat de windsnelheden hoger liggen. In tegenstelling hiermee heeft de curve voor 360° een scherpe en hoge piek bij een lage snelheid, wat duidt op een lagere maar constantere windsnelheid. Deze analyse benadrukt de verschillen in windkarakteristieken per richting en biedt waardevolle informatie voor toepassingen zoals windenergieopwekking.

3.2 CFD-onderzoek

Om de invloed van de bomen op de windvang van de molen te bepalen, is het noodzakelijk om verschillende variabelen te controleren. Daarom zijn er drie volledige scenario's doorgerekend om een duidelijk beeld te krijgen van de impact van zowel de begroeiing als de omliggende bebouwing.

Voor het overzicht is het CFD-onderzoek verdeeld in drie delen:

Deel 1:

- In het '0-scenario' is alleen het terrein rondom de molen gemodelleerd, inclusief het juiste reliëf van het terrein, zodat deze variabele kon worden gecontroleerd. Alle 12 onderzoeksrichtingen zijn in dit scenario gesimuleerd. ('referentie')
- In Scenario 1 zijn de gebouwen toegevoegd aan het model, naast het terrein, en is hun invloed op de windvang geanalyseerd. ('gebouwen')
- In Scenario 2 zijn de bomen gemodelleerd in hun zomervorm. ('gebouwen_en_bomen')

Deel 2:

- In Scenario 3A worden de voorgenomen gebouwen op het kantorenparkterrein gemodelleerd en gesimuleerd. Dit scenario is vergelijkbaar met Scenario 1, waarbij er geen bomen zijn gesimuleerd.
- In Scenario 3B zijn de bomen toegevoegd aan Scenario 3A. Dit scenario kan direct worden vergeleken met Scenario 2.

Deel 3:

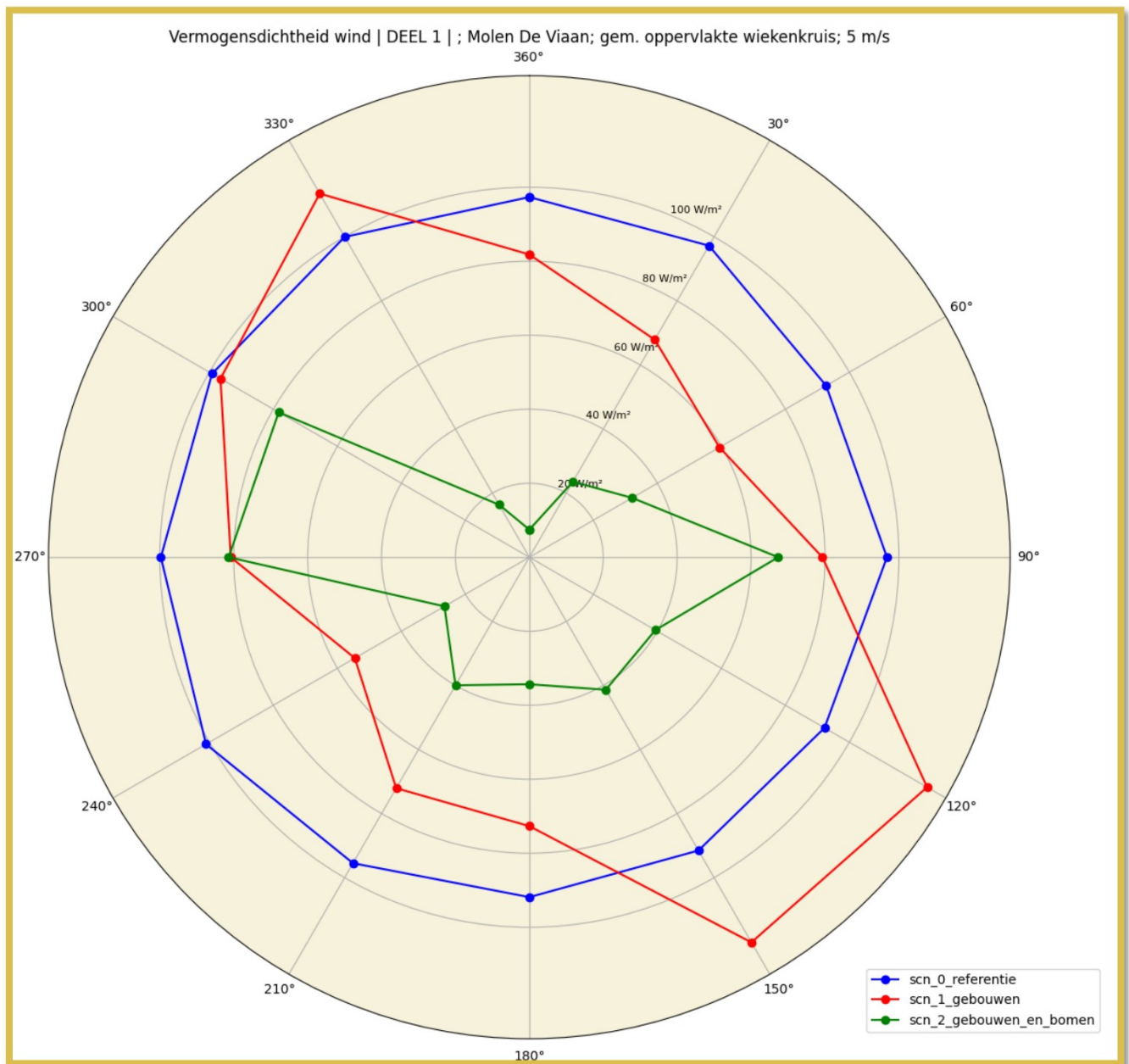
- Scenario 4A is een model waarin de bomen binnen een straal van 100 meter rondom de molen zijn gekapt, evenals de bomen direct aan de noordzijde van de N245.
- Scenario 4B is een model waarin de bomen uit Scenario 4A zijn gekapt, met daarbij ook de bomengroep ten noordwesten van de molen aan de westzijde van de N9, de bomengroep langs de westzijde van de N9, ten zuidwesten van de molen (tegenover de Verdijkstraat, direct ten noorden van de Kamer van Koophandel) en de bomenrij ten zuiden van de N245, tussen de provinciale weg en de woningen aan de Verdijkstraat.
- *Het is uiteraard mogelijk om talloze scenario's door te rekenen voor bomenkap. Voor dit specifieke project is echter besloten om, voor indicatieve doeleinden, slechts twee scenario's door te rekenen.*

Deze aanpak biedt een helder inzicht in de afzonderlijke en gecombineerde effecten van terrein, gebouwen en bomen op de windvang van de molen.

De grafiek op de volgende pagina toont de gemiddelde vermogensdichtheid (W/m^2) over het oppervlak van het wiekenkruis bij een inlaatsnelheid van 5 m/s. De blauwe lijn vertegenwoordigt de referentiemeting, waarbij duidelijk te zien is dat het terrein ook invloed heeft op de vermogensdichtheid. De rode lijn geeft de situatie weer met alleen de gebouwen, en de groene lijn toont de situatie met zowel gebouwen als bomen.

De resultaten worden op de volgende pagina's visueel weergegeven op windroosgrafieken en uitgedrukt in vermogensdichtheid (PD), echter, de analyse strekt verder dan alleen vermogensdichtheid. De analyse van andere aspecten zoals drukverdeling op wiekenkruis worden aanvullend vergeleken in tabellen. Op basis van alle resultaten worden er conclusies getrokken.

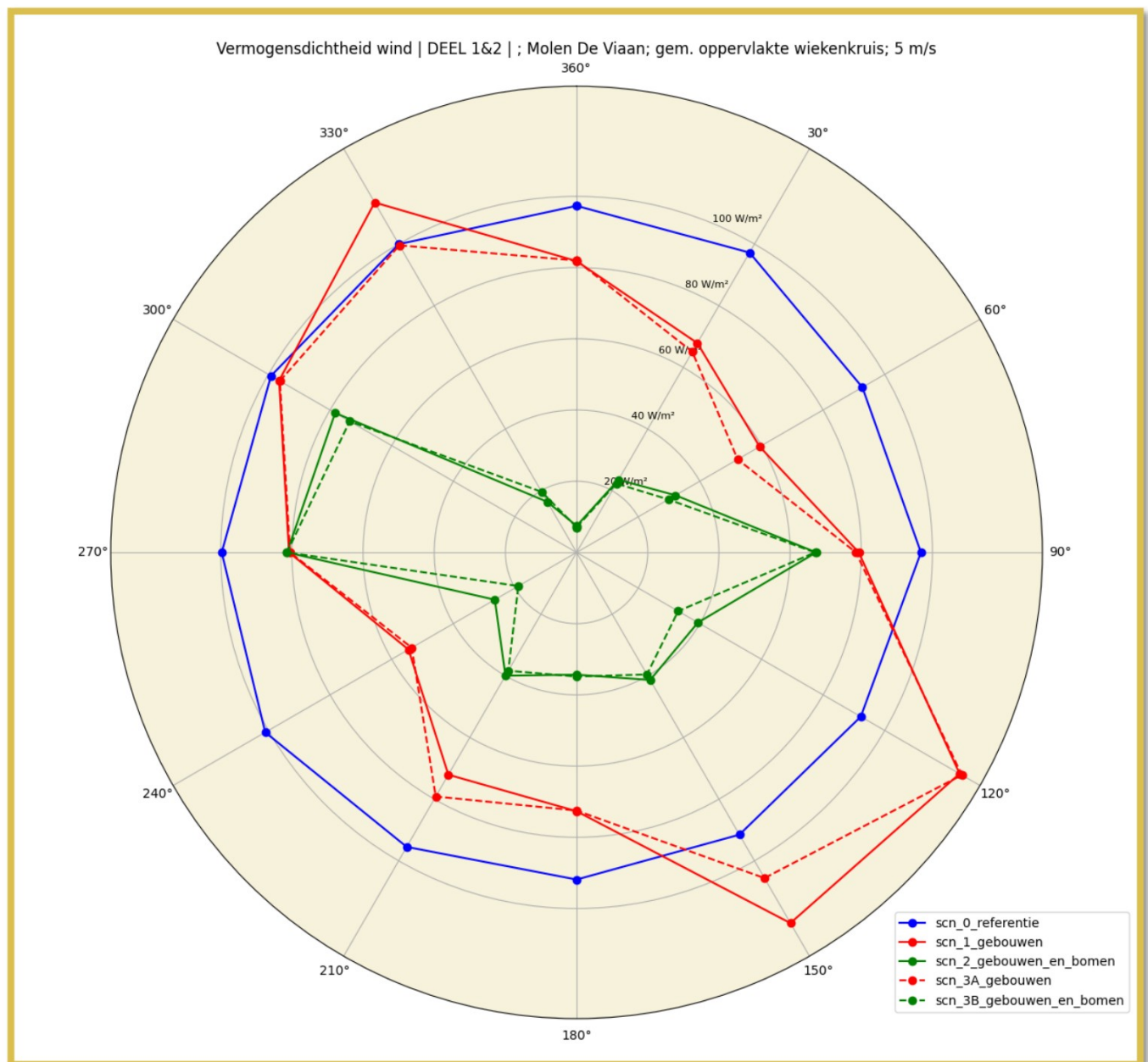
PD-grafiek voor Deel 1:



Het is duidelijk dat de bomen een aanzienlijke invloed hebben op de vermogensdichtheid van de wind ter hoogte van het wiekenkruis. Vooral vanuit de noordwestelijke, noordelijke, zuidoostelijke, zuidelijke en zuidwestelijke richtingen is het negatieve effect aanzienlijk.

De versnelling in het gebouwscenario (rode lijn) bij de hoeken 120°, 150° en 330° wordt waarschijnlijk veroorzaakt door een soort trechtereffect, waarbij de wind wordt gekanaliseerd door de open ruimte tussen de gebouwen.

PD-grafiek voor Deel 1&2:



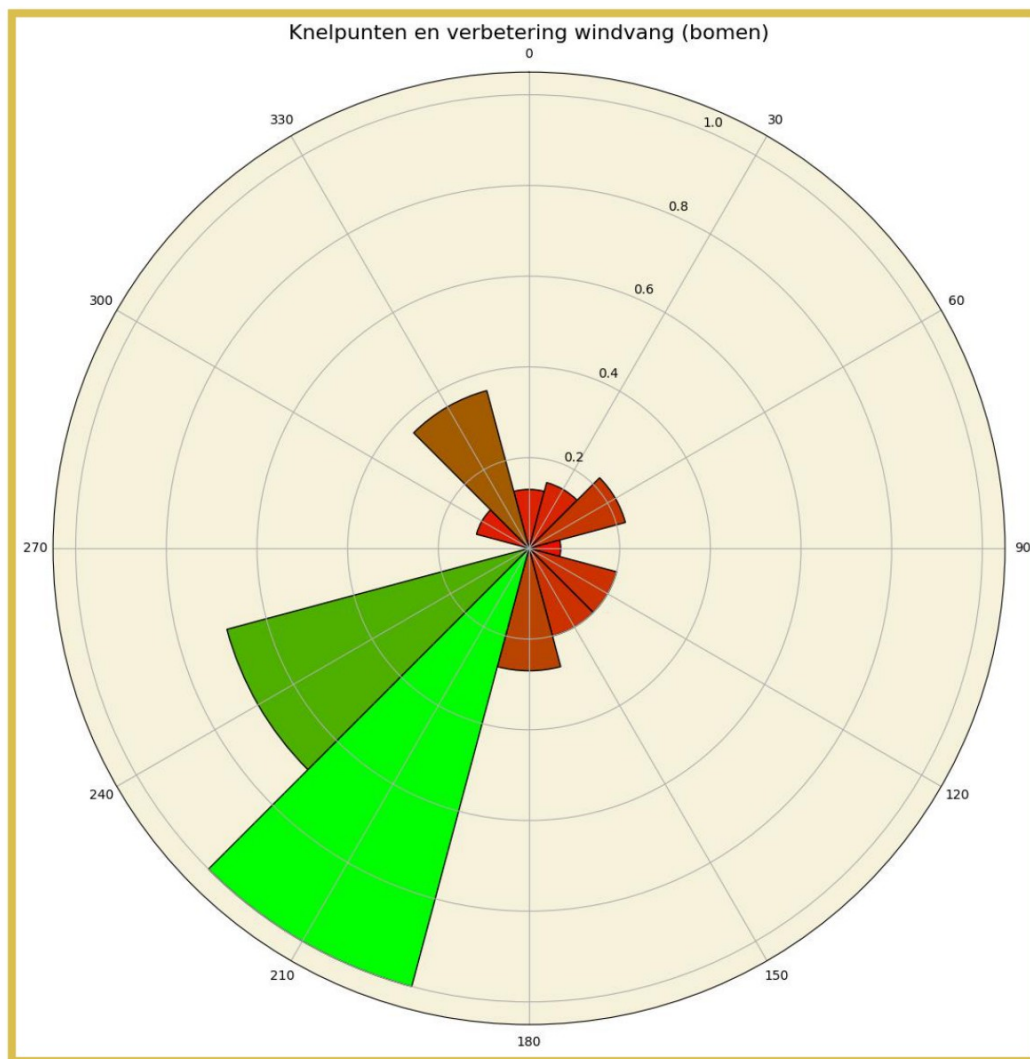
De bovenstaande grafiek toont de resultaten (PD) voor scenario's 3A en 3B, weergegeven op dezelfde grafiek als Deel 1, ter vergelijking. Bij een referentiewindsnelheid van 5 m/s is de gemiddelde PD over de windroos in scenario 3B 5% lager in vergelijking met scenario 2. Wanneer alleen de gebouwen worden vergeleken (3A versus 1), is dit verschil 3,5%. Dit toont aan dat de nieuwe gebouwen, zoals gemodelleerd, een negatief effect hebben op de vermogensdichtheid van de molen. Omdat de PD niet lineair schaal, is de verslechtering sterker bij hogere windsnelheden en minder uitgesproken bij lagere snelheden, maar blijft er in alle gevallen sprake van een afname.

Identificeren van knelpunten

Op basis van het windregime en de belemmeringen veroorzaakt door bomen kunnen gerichte scenario's worden berekend voor bomenkap. Het doel is om knelpunten te identificeren en tegelijkertijd richting te geven aan mogelijke verbeteringen van de windvang. Hierbij worden bomen beschouwd als de variabele factor, aangezien wordt aangenomen dat de gebouwen permanent zijn en niet zullen worden gesloopt of gewijzigd.

Door het windregime te analyseren, kan worden vastgesteld waar bomen de grootste impact hebben op het energiepotentieel van de molen. De data wordt genormaliseerd op een schaal van 0 tot 1, waarbij een waarde van 1 (lichtgroen) aangeeft dat de bomen het grootste relatieve effect hebben op de windvang, en een waarde van 0 (rood of geen kleur) betekent dat de invloed van de bomen verwaarloosbaar is (relatief aan de PD per richting).

Bij verbeteringen, zoals het kappen van bomen in specifieke windrichtingen, is deze analyse echter eendimensionaal. Dit betekent dat er geen rekening wordt gehouden met downstream-effecten die door het kappen van bomen kunnen ontstaan. Om een completer beeld te krijgen van de impact, zullen ook compensatiemaatregelen moeten worden berekend. Ondanks deze beperkingen biedt de eendimensionale benadering een nuttige eerste indicatie van de mogelijke richtingen waarin verbeteringen gerealiseerd kunnen worden.



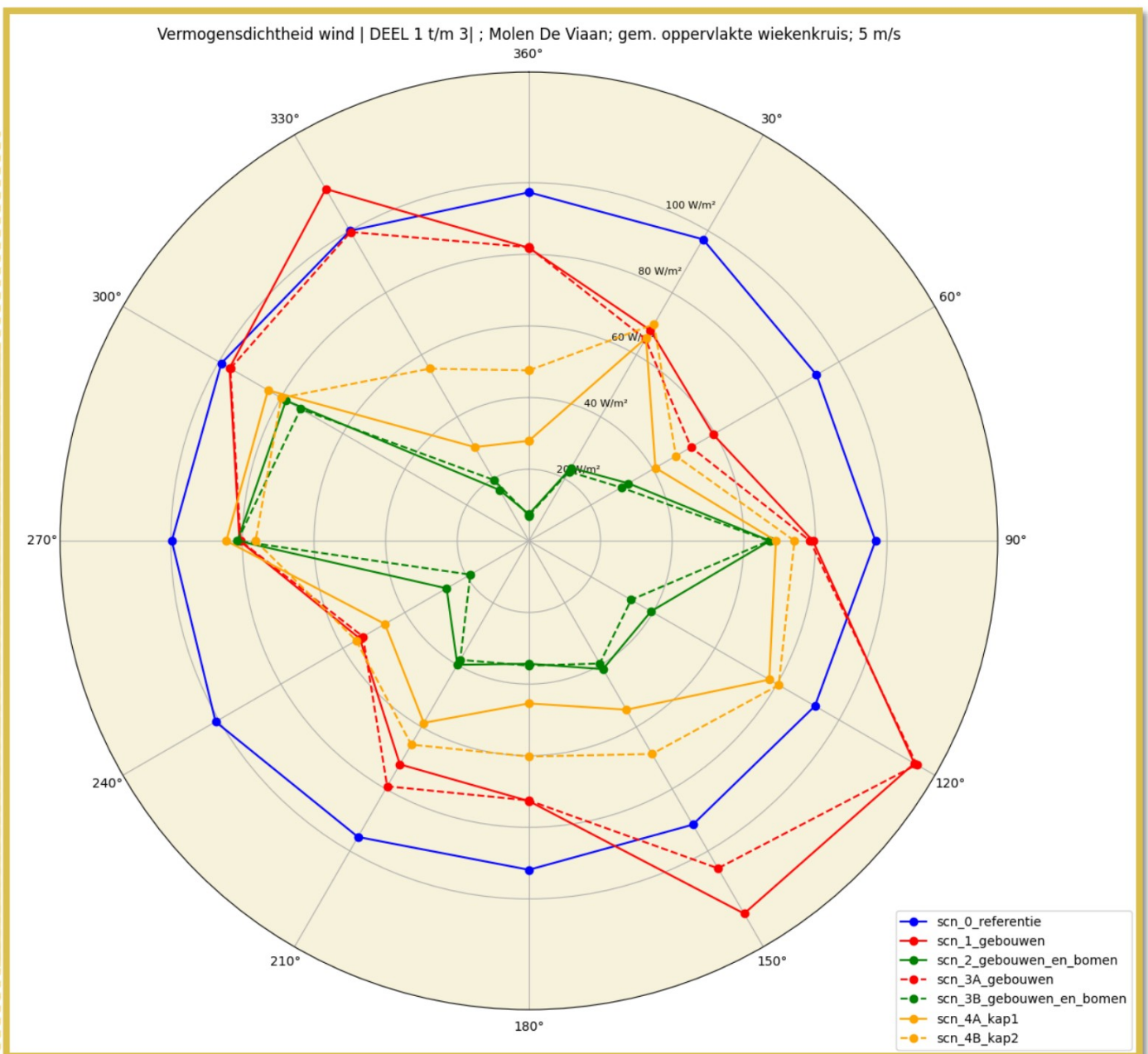
Op basis van de knelpuntengrafiek is de meest logische keuze om bomen te kappen in de richtingen 210°, 240° en 330°. Daarnaast is het essentieel om de eerste 100 meter rondom de molen zoveel mogelijk vrij te houden van obstakels. Op basis van deze uitgangspunten zijn de twee scenario's (4A en 4B) in Deel 3 vastgesteld.



CIRKELS=
100 M
EN
400 M



PD-grafiek voor Deel 1 t/m 3:

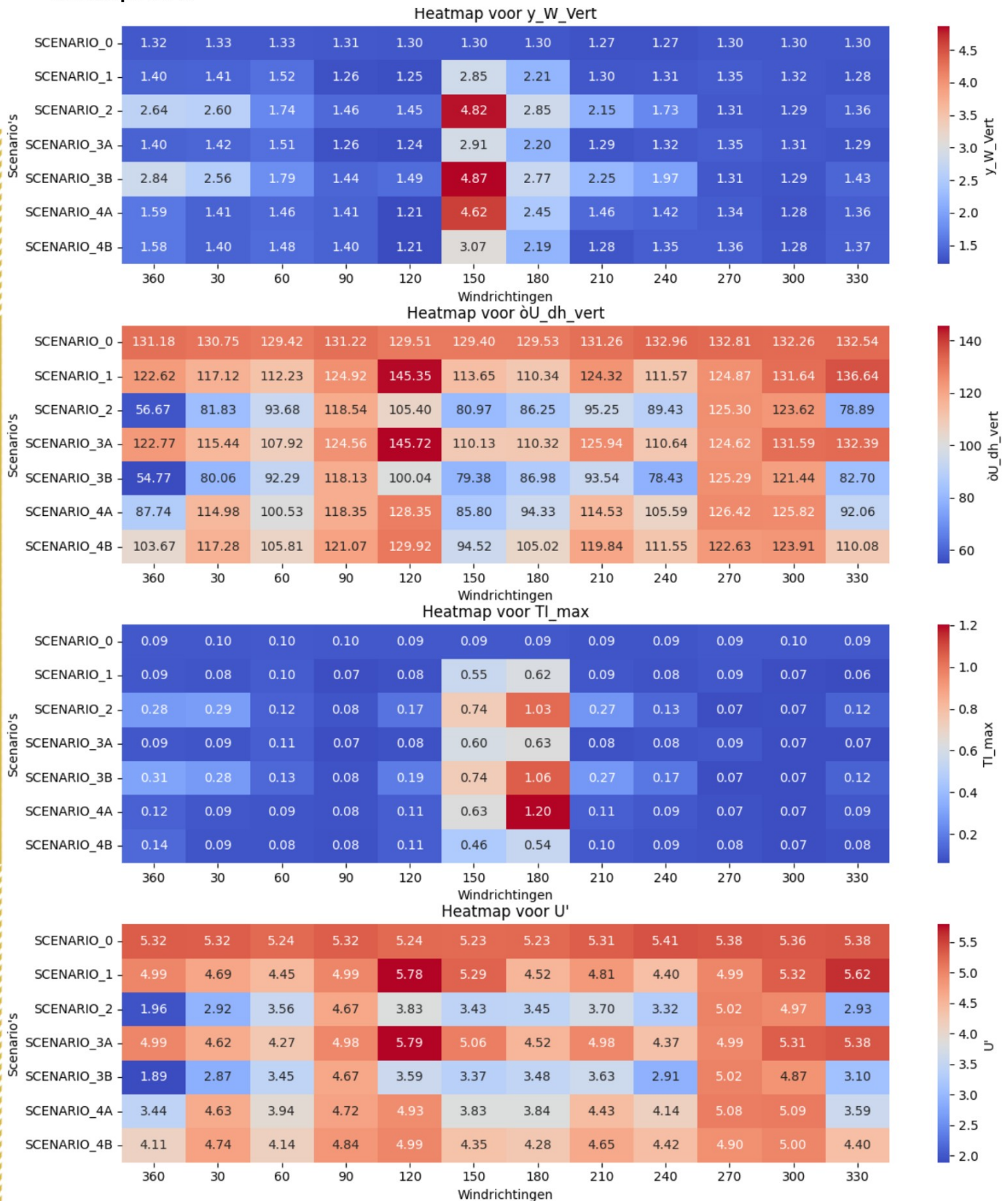


De bovenstaande grafiek laat zien dat het kappen van bomen een significante verbetering kan opleveren in de vermogensdichtheid. De oranje lijnen (4A en 4B) moeten worden vergeleken met de groene lijnen om de verbeteringen duidelijk te illustreren. Het ligt voor de hand dat het verwijderen van meer bomen een positief effect heeft op de windvang van de molen, maar deze resultaten moeten in verhouding worden geëvalueerd ten opzichte van de omvang van de ingreep.

Bij scenario 4A ligt de focus op een relatief beperkte ingreep in de directe omgeving (ongeveer 100 meter en een klein gebied daaromheen), terwijl scenario 4B een veel omvangrijker kapplan betreft. Deze verschillen moeten zorgvuldig worden afgewogen bij het bepalen van de meest efficiënte en effectieve aanpak. De PD-grafieken zijn niet gewogen op de kwaliteit van de windrichting.

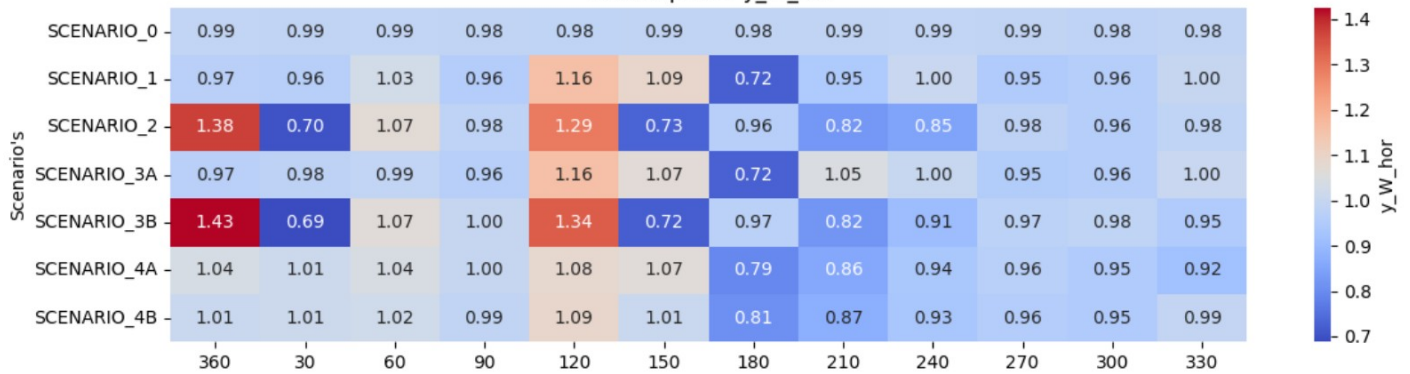
Nogmaals, dit zijn slechts twee van de vele mogelijke kapsценario's. Er zijn uiteraard tal van varianten denkbaar; deze dienen slechts ter indicatie van de mogelijkheden.

Heatmaps set 1:

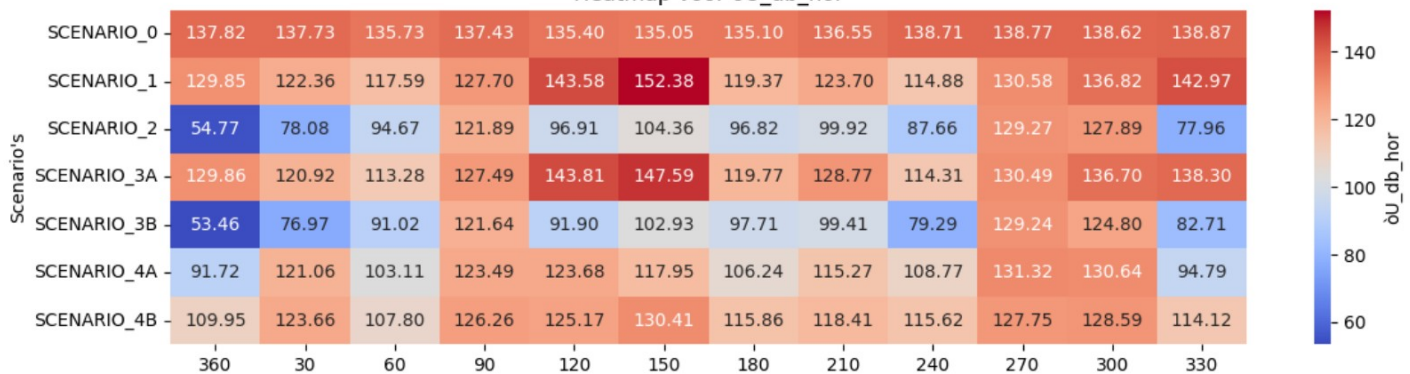


Heatmaps set 2:

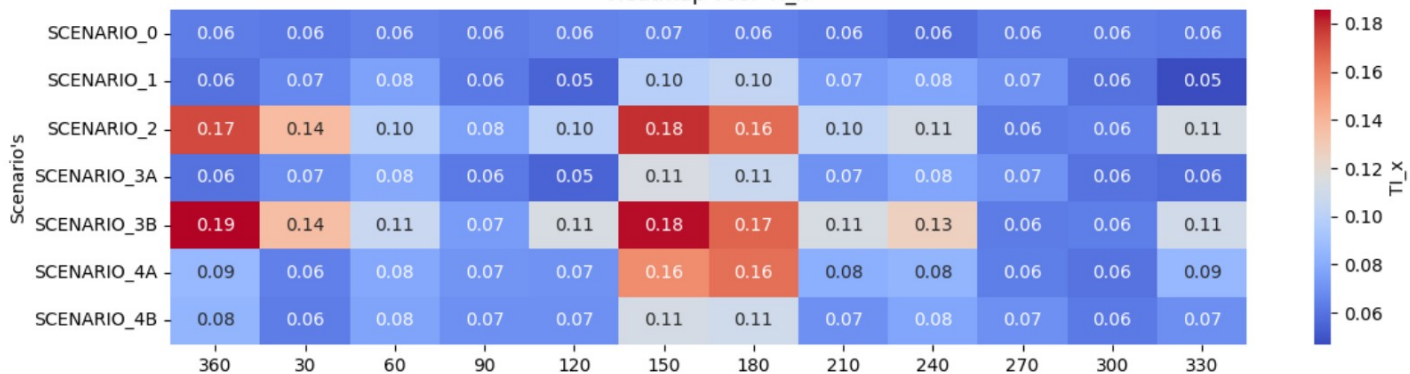
Heatmap voor y_{W_hor}



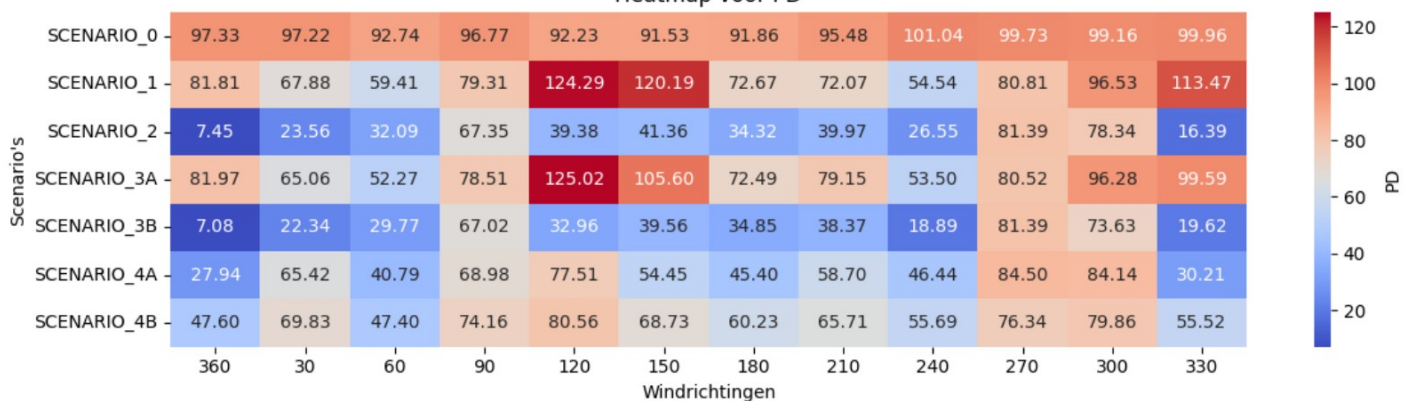
Heatmap voor δU_{db_hor}



Heatmap voor TI_x



Heatmap voor PD



3.3 Interpretatie

De heatmaps op de voorgaande pagina's zijn zo opgebouwd dat ze inzicht bieden in de veranderingen per metriek, uitgesplitst naar scenario en windrichting. Dit maakt het mogelijk om bijvoorbeeld de drukverdeling op de enden van het wiekenkruis, de turbulentie, de windsnelheid en de vermogensdichtheid overzichtelijk te analyseren en te vergelijken tussen de scenario's.

- **y_W_Vert:** Het verschil in snelheid tussen het bovenste en onderste end van het wiekenkruis
- **y_W_hor:** Het verschil in snelheid tussen de keer- en weerzijde van het wiekenkruis
- **oU_dh_Vert:** De geïntegreerde waarde van de windsnelheid over de verticale meetpunten
- **oU_W_hor:** De geïntegreerde waarde van de windsnelheid over de horizontale meetpunten
- **TI_max:** De maximaal gemeten turbulentie
- **TI_x:** De gemiddelde turbulentie
- **U':** De windsnelheid
- **PD:** De vermogensdichtheid

Op basis van de verschillende scenario's en de bijbehorende analyse van windsnelheid, turbulentie, en vermogensdichtheid, kunnen de volgende algemene conclusies worden getrokken met betrekking tot de windvang:

Scenario 0 (referentie):

Dit scenario weerspiegelt de huidige situatie en biedt een stabiele basis voor vergelijking. Het toont over het algemeen lage turbulentie en een evenwichtige verdeling van windsnelheden, wat gunstig is voor een consistente windvang.

Scenario 1 (gebouwen, bestaand):

De aanwezigheid van de bestaande gebouwen veroorzaakt een daling in vermogensdichtheid en een toename in horizontale asymmetrie (op het wiekenkruis). Hoewel de turbulentie relatief beperkt blijft, heeft dit scenario een negatief effect op de windvang.

Scenario 2 (gebouwen en bomen | de werkelijke, bestaande situatie):

Dit scenario laat aanzienlijke nadelige effecten zien, met name door verhoogde turbulentie en verminderde vermogensdichtheid. De interactie tussen de gebouwen en bomen creëert instabiele windomstandigheden, waardoor de windvang aanzienlijk wordt beperkt.

Scenario 3A (gebouwen, bestaand + herinrichting):

Dit scenario toont vergelijkbare kenmerken als scenario 1, met een afname in vermogensdichtheid en windsnelheid. Echter, de turbulentie-intensiteit blijft beheersbaar.

Scenario 3B (gebouwen en bomen, bestaand + herinrichting):

De combinatie van gebouwen en bomen resulteert in hoge turbulentie en een daling in vermogensdichtheid, vergelijkbaar met Scenario 2. Dit scenario heeft de meest negatieve effecten op de windvang.

Scenario 4A (beperkte bomenkap):

Dit scenario toont een verbetering ten opzichte van Scenario 2 en 3B. De strategische bomenkap vermindert turbulentie en verhoogt de vermogensdichtheid, wat de windvang gunstig beïnvloedt. Het behoud van een vrije zone rond de molen is essentieel voor deze verbetering.

Scenario 4B (uitgebreidere bomenkap):

Dit scenario levert de meest significante verbetering in de molenbiotoop. Door extra bomen te kappen, wordt de windvang verder geoptimaliseerd, met een duidelijke daling in turbulentie en een verhoging van de vermogensdichtheid. Dit scenario benadrukt het belang van een open windveld rond de molen.

3.4 Windvangcijfer

Om een overzichtelijk windvangcijfer te berekenen, kunnen weegfactoren worden gekoppeld aan de bovenstaande aspecten:

- Verschil in snelheid tussen het bovenste en onderste einde van het wiekenkruis (15%)
- Verschil in snelheid tussen de keer- en weerszijde van het wiekenkruis (10%)
- Geïntegreerde waarde van de windsnelheid over de verticale meetpunten (15%)
- Geïntegreerde waarde van de windsnelheid over de horizontale meetpunten (15%)
- Maximaal gemeten turbulentie (5%)
- Gemiddelde turbulentie (10%)
- Vermogensdichtheid (30%)

De bovenstaande resultaten worden vervolgens gewogen aan de hand van de PD-analyse per windrichting, waarbij de referentiesituatie op 1 wordt genormeerd, oftewel een biotoopcijfer van 100.

Windvangcijfer per scenario (alle windrichtingen):

scenario	ongewogen	gewogen
SCENARIO_0	100	100
SCENARIO_1	88	86
SCENARIO_2 (werkelijke situatie 2024)	57	62
SCENARIO_3A	87	86
SCENARIO_3B	55	59
SCENARIO_4A	73	77
SCENARIO_4B	80	81

WINDVANGSCHAAL VOLGENS EAGM	
100	Utopie
90-99	Uitstekend
80-89	Zeer goed
75-79	Goed
70-74	Redelijk
60-69	Matig
50-60	Slecht
40-50	Zeer slecht
<40	Onaanvaardbaar

4. CONCLUSIE

Het optimaliseren van de molenbiotoop is essentieel voor het waarborgen van de functionaliteit en efficiëntie van de molen. Dit is sterk afhankelijk van het minimaliseren van obstakels, zoals bomen en gebouwen, binnen een straal van 100 meter van de molen. Uit de analyse blijkt dat strategische ingrepen, zoals het verwijderen van bomen (scenario's 4A en 4B), de windvang en daarmee de efficiëntie van de molen aanzienlijk kunnen verbeteren. Het behoud en herstel van een vrije windzone rond de molen is daarom cruciaal.

4.1 Belangrijkste conclusies:

Bomen als belangrijkste belemmering:

- De grootste belemmering voor de windvang wordt gevormd door de aanwezigheid van bomen. Hoewel gebouwen ook invloed hebben, blijkt uit de scenario's dat de impact van bomen significant is. Dit komt met name door hun hoogte en dichtheid, die turbulentie veroorzaken en de vrije stroming van de wind naar de molen belemmeren.

Impact van alleen herinrichting (scenario 3B):

- Wanneer alleen de herinrichting van het kantorenpark wordt uitgevoerd zonder aanvullende maatregelen, zal de kwaliteit van de windvang achteruitgaan. Het plan leidt tot een wijziging en verhoging van obstakels, wat een negatieve impact heeft op de windvang. Dit onderstreept dat er geen sprake kan zijn van "ongestraft bouwen" zonder rekening te houden met de molenbiotoop.

Effect van strategische bomenkap (scenario's 4A en 4B):

- Het kappen van bomen binnen een straal van 100 meter en direct ten noorden van de N245 heeft al een positieve invloed op de biotoop. Deze maatregelen zouden de windvang verbeteren ten opzichte van de huidige situatie, zelfs zonder de geplande herinrichting.
- Scenario 4b, waarin extra bomen worden verwijderd, biedt de grootste verbetering. Dit scenario laat zien dat het volledig vrijmaken (van bomen) van de belangrijkste windrichtingen een substantiële verhoging van de vermogensdichtheid en een verlaging van turbulentie-intensiteit oplevert.

Algemene verbeteringen en beperkingen:

- Hoewel strategische bomenkap aanzienlijke verbeteringen oplevert, zijn er ook beperkingen. Gebouwen blijven een permanente invloed uitoefenen op de windvang. Hierdoor is het essentieel om bomenkap en andere landschappelijke ingrepen zorgvuldig te plannen om de negatieve effecten van gebouwen te compenseren.

4.2 Aanbevelingen:

Vrijhouden van obstakelvrije zones:

- Het volledig vrijmaken van een straal van 100 meter rond de molen moet prioriteit krijgen. Dit minimaliseert turbulentie en bevordert een constante windvang.

Richtingsspecifieke aanpak:

- Bomenkap kan strategisch worden uitgevoerd op basis van de dominante windrichtingen. Windrichtingen 210, 240 en 330 graden blijken cruciaal te zijn voor een optimale windvang.

Integrale aanpak bij herinrichting:

- Bij de herinrichting van het kantorenpark moet rekening worden gehouden met de molenbiotoop. Dit kan door het combineren van bomenkap met aanvullende maatregelen, zoals het optimaliseren van de positionering en hoogte van nieuwe gebouwen.

Monitoring, evaluatie en beheer:

- Na implementatie van de maatregelen is het belangrijk om de windvang continu te monitoren om de effectiviteit van de maatregelen te evalueren en, indien nodig, bij te sturen.
- Beheersmaatregelen opstellen voor het vrijhouden van de 100 meter zone en/of de belangrijkste windrichtingen.

4.3 Algemene conclusie:

De analyse toont duidelijk aan dat de molenbiotoop kwetsbaar is voor veranderingen in het landschap. Zonder aanvullende maatregelen, zoals strategische bomenkap, zal de herinrichting leiden tot een verslechtering van de windvang. Door gericht obstakels te verwijderen en een vrije windzone te waarborgen, kan echter niet alleen de huidige situatie worden verbeterd, maar ook de impact van de geplande herinrichting worden gecompenseerd. Dit vereist een doordachte en integrale aanpak waarin de belangen van de molen centraal staan.

4.4 Beperkingen binnen dit onderzoek

Hoewel steady-flow simulaties turbulentie kunnen meten, houden ze geen rekening met tijdsafhankelijke factoren en dynamische veranderingen in windrichting en -snelheid die op kortere tijdschalen optreden. Zo kunnen fluctuaties in windvlaagintensiteit en downstream-effecten van scherpe randen, zoals wervelingen en Kármán-vortexstraten, in deze opzet niet volledig worden gemodelleerd. Het uitvoeren van een transient-flow model zou hiervoor noodzakelijk zijn.

Gezien de complexiteit en de verhouding tot de schaal van het project is echter beoordeeld dat een steady-flow benadering voldoende inzicht biedt in de effecten van het bouwplan ten opzichte van de huidige situatie. Deze benadering biedt een geschikt vergelijkend inzicht tussen de huidige en de geplande situatie, zonder de uitgebreide rekenkracht en complexiteit die een transient-flow model zou vereisen.

Daarnaast zijn er verschillende andere beperkingen die de interpretatie en nauwkeurigheid van de resultaten beïnvloeden. Zo kan de simulatie de volledige complexiteit van de omgeving niet vastleggen.

Ook biedt de KNMI-winddata slechts een algemeen beeld van het windregime, zonder rekening te houden met specifieke lokale variaties of eventuele toekomstige veranderingen in de omgeving. De data is niet fijnmazig genoeg om variaties binnen het lokale terrein en effecten nauwkeurig weer te geven, wat belangrijk kan zijn voor molenbiotopen. Dit betekent dat de resultaten slechts indicatief zijn en niet als volledige representatie van de lokale windomstandigheden mogen worden beschouwd.