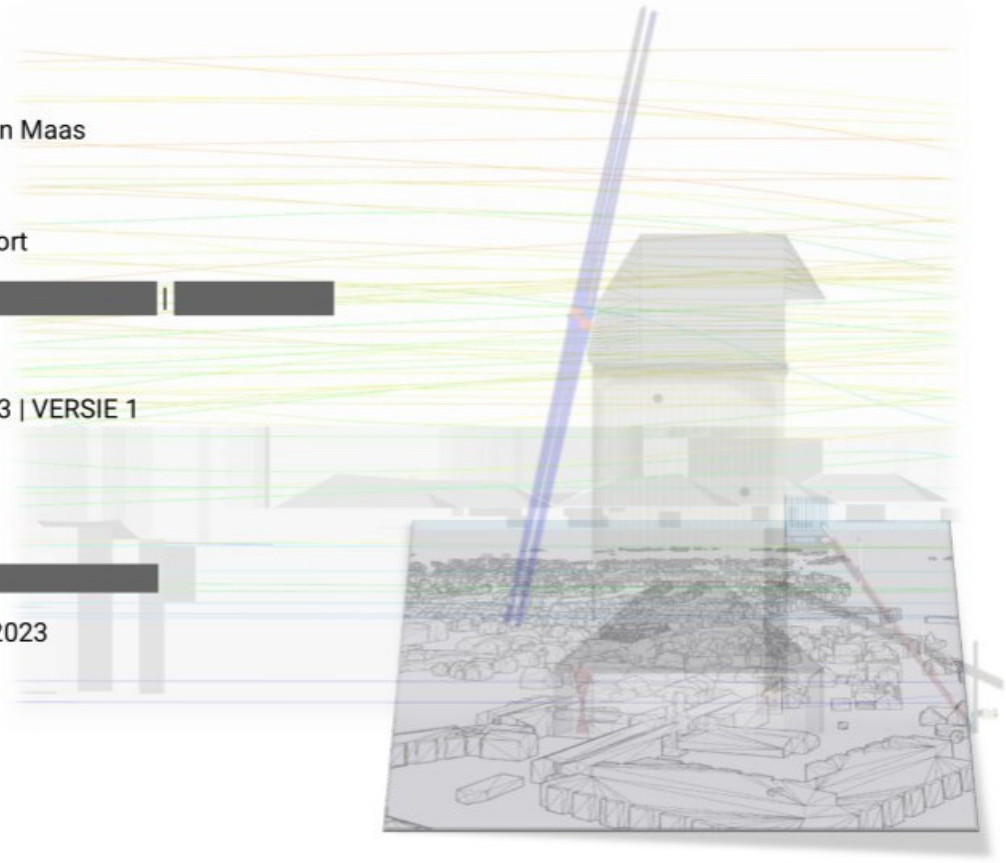
RAPPORT WINDONDERZOEK

VERPLAATSING SINT ANTHONIUSMOLEN MOLEN | KESSEL

"SINT ANTHONIUSMOLEN"

ROODE EGGEWEG 4 (HUIDIGE LOCATIE)

5995 PH KESSEL



Opdrachtgever:

Gemeente Peel en Maas

Onderzoeker en auteur:

EAGM te Montfoort

[redacted] | [redacted] | [redacted]

Datum:

17 augustus 2023 | VERSIE 1

Copyright:

© EAGM B.V.,[redacted]

Montfoort, 17 augustus 2023

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.

Model van de Sint Anthoniusmolen op te kaft:
'Theo' https://3dwarehouse.sketchup.com/model/b1ff4931edc8ecab845ce9e24a24f6f/Sint-Anthonius-molen

1. Inleiding

Historische bouwwerken zoals molens vertegenwoordigen niet alleen functionele maar ook symbolische waarde voor hun respectievelijke gemeenschappen. De Sint Anthoniusmolen, gelegen in de gemeente Peel en Maas, is zo'n monumentaal erfgoed. In het licht van recente overwegingen voor een mogelijke verplaatsing, is het van essentieel belang om te onderzoeken hoe een dergelijke actie de windvang van de molen – en daarmee zijn functionele capaciteit – kan beïnvloeden.

Op verzoek van de Gemeente Peel en Maas en in lijn met aanbevelingen van de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed (RCE) heeft EAGM in augustus 2023 de taak op zich genomen om een integrale windvangststudie uit te voeren voor de St. Anthoniusmolen. De RCE heeft de gemeente geadviseerd om dergelijk onderzoek uit te voeren om een grondige evaluatie te verzekeren van de potentiële impact op het cultureel erfgoed. Het voornaamste doel van deze studie is om objectief te evalueren welke impact een potentiële verplaatsing zou hebben op de windvang en, in het verlengde daarvan, de functionaliteit en historische waarde van de molen.

De Sint Anthoniusmolen, gevestigd nabij de dorpskern, is niet alleen een monumentaal erfstuk maar functioneert ook als een draai- en maalvaardige molen. Het is cruciaal te begrijpen dat veranderingen in de directe omgeving, zoals de voorgestelde verplaatsing, gevolgen kunnen hebben voor de windvang en efficiënte en veilige werking van de molen.

Deze studie omvat een gedetailleerde evaluatie, gericht op:

- **Windsnelheid:** Analyse van mogelijke veranderingen in windsnelheid rond de molen na de verplaatsing.
- **Oppervlaktedruk:** Evaluatie van drukverschillen en -patronen rondom de molen en hoe een verplaatsing deze kan beïnvloeden.
- **Energieverlies als gevolg van turbulentie:** Onderzoek naar de mate van turbulentie en de mogelijke impact van de verplaatsing hierop.
- **Vermogen en energieopwekking:** Beoordeling van hoe de verplaatsing de energie- en vermogensopwekking van de molen kan beïnvloeden.

Met dit onderzoek wordt getracht duidelijkheid te verschaffen over de potentiële voordelen of nadelen van de verplaatsing van de Sint Anthoniusmolen. De bevindingen zullen de Gemeente Peel en Maas vervolgens helpen bij het nemen van een gefundeerde beslissing, met het oog op het behoud van zowel de functionele als de culturele waarde van deze historische molen.

Dit onderzoek staat niet op zichzelf, maar maakt deel uit van een groter kader van studies naar de Sint Anthoniusmolen. Parallel aan deze windvangststudie heeft EAGM, in samenwerking met de historica Dr. A. Gosliga, een bouwhistorisch onderzoek uitgevoerd. Beide onderzoeken vullen elkaar aan en bieden samen een totaal inzicht in de historische, functionele en omgevingsgebonden aspecten van de molen. Het is essentieel om deze studies in hun onderlinge samenhang te bekijken om een compleet beeld te krijgen van de mogelijke implicaties van de voorgenomen verplaatsing van de Sint Anthoniusmolen.

2. Windvangonderzoek

2.1 Beoordelingscriteria

Het opstellen van beoordelingscriteria voor windvangonderzoeken blijft een ingewikkelde en complexe taak, niet alleen voor de gemeente Peel en Maas maar ook voor tal van andere Nederlandse gemeenten. De uitdaging zit hem in het ontbreken van een uniforme landelijke standaard voor deze criteria. Door het gemis van een dergelijke nationale richtlijn zien diverse gemeenten zich genoodzaakt

om hun eigen normen en criteria te ontwikkelen, wat grote variaties en onduidelijkheden in de beoordelingen kan veroorzaken.

Hoewel sommige gemeenten ervoor kiezen om de biotoopformule als hulpmiddel toe te passen, is het belangrijk om te benadrukken dat deze formule zijn beperkingen kent, vooral in een complexe stedelijke omgeving. Binnen de context van Peel en Maas, en specifiek voor het integraal of verplaatsingsonderzoek van de Sint Anthoniusmolen, wordt deze formule niet toegepast, gezien de noodzaak voor een gedetailleerder en specifieker inzicht.

Beoordelingscriteria voor windvangonderzoeken zoals in het kader van de Sint Anthoniusmolen kunnen variëren. Deze kunnen onder andere betrekking hebben op de potentiële effecten van de geplande verplaatsing op de windsnelheid, windrichting, turbulentie en de functionaliteit van de molen zelf. Ook aspecten zoals visuele impact en mogelijke veranderingen in het karakter van het landschap horen integraal onderdeel te zijn van de beoordeling stelt de RCE.

Voor gemeenten als Peel en Maas is het essentieel om in het kader van dergelijke onderzoeken nauw samen te werken met deskundigen uit verschillende vakgebieden, zoals landschapsarchitectuur, cultuurhistorie en ruimtelijke ordening. Door een beroep te doen op multidisciplinaire teams wordt een grondige en onderbouwde evaluatie van windvangstonderzoeken gewaarborgd. Dit draagt bij aan onderbouwde en duurzame beslissingen die het behoud van ons waardevolle culturele erfgoed vooropstellen.

2.2 Overige belangen

De uitdaging om het behoud van cultureel erfgoed met de eisen van hedendaagse stedelijke ontwikkelingen wordt nijpend zichtbaar bij de overweging om historische molens te verplaatsen. Deze molens, die een onlosmakelijk deel uitmaken van onze nationale identiteit en cultuurhistorie, staan soms letterlijk in de schaduw van moderne constructies, waardoor hun windrecht in het geding komt.

Het windrecht van deze molens, dat hen het onbelemmerde recht verleent op windvang voor hun traditionele maalfuncties, is van cruciaal belang voor hun authentieke bestaan. Door verstedelijking en nieuwe bouwprojecten kan dit recht onder druk komen te staan, waardoor de gedachte aan verplaatsing van deze molens naar een gunstigere locatie opkomt. Het daadwerkelijk verplaatsen is echter een complex proces, waarbij respect voor het verleden en erkenning van huidige behoeften hand in hand moeten gaan.

Deze afweging tussen het beschermen van geschiedenis en het tegemoet komen aan de wens tot de stedelijke ontwikkeling vraagt om een nauwe samenwerking tussen gemeenten, erfgoedorganisaties, beleidsmakers en de lokale gemeenschap. Het is essentieel dat deze samenwerking wordt ondersteund door moderne technologieën, zoals CFD-simulaties, die de potentiële impact van de nieuwe locatie op de windvang van de molen analyseren.

Daarnaast dient men kritisch te kijken naar beschikbare tools en formules. Hoewel bijvoorbeeld de biotoopformule in sommige contexten relevant kan zijn, kan deze in complexe stedelijke scenario's beperkingen hebben. Daarom is een overkoepelende aanpak, met inzet van multidisciplinaire teams, essentieel om tot de juiste beslissingen te komen.

De mogelijke verplaatsing van historische molens is niet slechts een praktische overweging; het raakt aan diepere vragen over hoe wij onze geschiedenis waarderen en hoe we deze willen overdragen aan toekomstige generaties. Terwijl we streven naar een balans tussen onze historische waarden en moderne behoeften, is het essentieel om elk besluit met zorg, respect en vooruitziendheid te nemen.

3. Onderzoeksmethodiek

3.1 Aanpak

Bij de verplaatsing van waardevol cultureel erfgoed, zoals de Sint Anthoniusmolen, is het van belang om een gedegen analyse uit te voeren om het behoud van het windrecht te waarborgen. Dit zorgt ervoor dat de molen zijn traditionele functie kan blijven uitvoeren in zijn nieuwe omgeving. Voor dit doel maken we gebruik van moderne technologieën zoals Computational Fluid Dynamics (CFD).

CFD-software stelt ons in staat om gedetailleerde simulaties uit te voeren van de luchtstroming rondom de molen. Met nauwkeurige invoer van variabelen zoals terreinprofiel, terreinruwheid, windsnelheden, wrijvingsfactoren, porositeit en hoogtevariaties, krijgen we een uitgebreid beeld van de biotoop van de Sint Anthoniusmolen onder verschillende scenario's.

De impact van de verplaatsing van de molen op zijn windrecht, gezien het ontwikkelingsplan van de gemeente Peel en Maas, wordt hiermee duidelijk. Aspecten zoals windsnelheden, drukvariaties, energieverliezen door turbulentie, en de potentie voor energieopwekking van de molen worden gedetailleerd in kaart gebracht door deze analyses.

De resultaten van de CFD-simulaties worden vervolgens gevalideerd met KNMI-metadata. Dit waarborgt dat de voorspelde scenario's overeenkomen met werkelijke, historische winddata. Zo verkrijgen we een diepgaand inzicht in hoe de verplaatsing de luchtstroming rond de Sint Anthoniusmolen kan beïnvloeden.

Op basis van deze analyses en data-evaluaties is de gemeente Peel en Maas volledig geïnformeerde en kan een weloverwogen beslissing nemen over de verplaatsing van de molen. Hierbij wordt zowel rekening gehouden met de culturele waarde van de molen als met de hedendaagse behoeften en ontwikkelingen van de gemeente. Het is essentieel dat de molen, als onschatbaar onderdeel van ons cultureel erfgoed, behouden blijft voor toekomstige generaties, terwijl ook ruimte wordt geboden voor maatschappelijke ontwikkeling en vooruitgang.

3.2 Software

Bij het simuleren van de luchtstroming rondom de Sint Anthoniusmolen wordt gebruik gemaakt van software gebaseerd op OPENFOAM. OPENFOAM is een open-source CFD-software waarmee complexe stromingen geanalyseerd kunnen worden. Door de open-source aard van OPENFOAM is het mogelijk om de software te personaliseren en te optimaliseren voor specifieke projectbehoeften, wat zorgt voor een hoge mate van flexibiliteit en nauwkeurigheid in de simulaties.

Binnen de CFD-analyses maken we onderscheid tussen twee voornaamste stromingstypes: steady flow en transient flow.

Steady flow (stationaire stroming): Hierbij veranderen de stromingsparameters (zoals snelheid, druk, temperatuur) niet met de tijd op een specifiek punt in de stroming. Dit type analyse is nuttig voor situaties waarbij veranderingen in de stroming over langere tijdsperioden plaatsvinden of kunnen worden verwaarloosd, wat resulteert in een eenvoudiger en sneller rekenproces. Echter, het kan mogelijk niet alle realistische fluctuaties en turbulenties in de stroming vangen, vooral in de omgeving van een complex object zoals een molen.

Transient flow (transitoire stroming): Bij deze stroming veranderen de stromingsparameters continu met de tijd op een bepaald punt. Transient flow analyses zijn doorgaans intensiever qua rekenkracht en nemen meer tijd in beslag, maar leveren een gedetailleerder en realistischer beeld van de stromingsdynamiek rondom bepaalde objecten.

Voor dit specifieke onderzoek is gekozen om een steady flow simulatie uit te voeren. Bij steady flow veranderen de stromingsparameters, zoals snelheid, druk en temperatuur, niet met de tijd op een specifiek punt in de stroming. Dit type analyse biedt een overzicht van het gemiddelde gedrag van de

luchtstroming rond de molen. Het voordeel van een steady flow analyse is dat het een eenvoudiger en sneller rekenproces biedt. Echter, het is belangrijk te erkennen dat deze methode mogelijk niet alle realistische fluctuaties en turbulenties in de stroming vangt.

Hoewel transient flow simulaties een diepgaand en tijdsafhankelijk beeld kunnen bieden van de stromingsdynamiek rondom objecten zoals de Sint Anthoniusmolen, vormt de complexiteit en tijdsduur van dergelijke simulaties vaak een uitdaging. In een uitgebreid en complex integraal onderzoek kan het gebruik van transient flow simulaties resulteren in berekeningen die aanzienlijk langer duren, vooral wanneer er rekening gehouden wordt met de hoeveelheid aan variabelen en interacties.

Daarentegen biedt een steady flow simulatie een reeks voordelen die het geschikt maken voor dit type onderzoek. Ten eerste geeft het een betrouwbaar en overzichtelijk beeld van de gemiddelde stromingscondities rondom de molen, wat vaak voldoende is voor de meeste praktische toepassingen en besluitvormingstrajecten. Bovendien zijn steady flow simulaties efficiënter qua rekenkracht, waardoor we sneller resultaten kunnen verkrijgen zonder een grote afname in nauwkeurigheid.

Door te kiezen voor een steady flow simulatie in dit onderzoek is het mogelijk om op een effectieve manier de impact van de omgeving op de molen beoordelen. Deze keuze waarborgt een optimale combinatie van nauwkeurigheid, haalbaarheid en doeltreffendheid, waarmee we de nodige inzichten kunnen verschaffen voor het behoud van dit waardevolle culturele erfgoed.

3.3 Turbulentie

Voor de simulatie van de luchtstroming rondom de Sint Anthoniusmolen is het essentieel om een geschikt model voor de turbulentieberekening te kiezen. Dit is cruciaal om een realistisch en nauwkeurig beeld te krijgen van de windomstandigheden waaraan de molen kan worden blootgesteld.

RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stokes)

RANS berekeningen baseren zich op het gemiddelde van de stromingsvariabelen over de tijd, onderscheid makend tussen de gemiddelde en fluctuerende componenten van deze variabelen.

Gezien de doelstellingen van dit onderzoek en de behoefte aan efficiënte en duidelijke resultaten, is gekozen voor een steady flow simulatie met gebruikmaking van het RANS-model. Dit model biedt een tijds-gemiddeld overzicht van het stromingsgedrag rondom de molen, wat geschikt is voor het vaststellen van de algemene windomstandigheden en windvang potentieel.

De keuze voor RANS binnen een steady flow simulatie biedt een effectieve balans tussen rekentijd en nauwkeurigheid. Voor de context van de Sint Anthoniusmolen, waar het doel is een overkoepelend inzicht te verkrijgen in het windgedrag zonder de noodzaak van gedetailleerde tijdsafhankelijke turbulentievoorspellingen, is RANS een optimale keuze.

Hoewel er andere methodes zoals LES (Large Eddy Simulation) bestaan die gedetailleerdere inzichten kunnen bieden in transient flow en turbulentie, zou dit voor ons huidige onderzoek een aanzienlijk grotere rekenbelasting en tijdsduur met zich meebrengen. Bovendien zou LES in deze context een meerwaarde kunnen bieden die niet essentieel is voor de primaire doelstellingen van dit rapport.

Samengevat, voor de specifieke eisen en context van dit onderzoek rondom de Sint Anthoniusmolen, biedt de steady flow simulatie met gebruikmaking van het RANS-model een effectieve en geschikte methode om de luchtstroming rondom de molen nauwkeurig te simuleren.

3.4 Opzet voor het onderzoek

Binnen het kader van dit onderzoek is het vaststellen van zowel de huidige als de nieuwe locatie van de molen van essentieel belang. De gemeente heeft aangegeven dat het kadastrale perceel voor de beoogde verplaatsing van de molen correspondeert met Kessel F 226. Op dit perceel is echter geen

specifieke locatie voor de molen aangeduid. Bovendien is het relevant om te vermelden dat dit perceel nog niet officieel in handen is van de gemeente; er zijn namelijk nog onderhandelingen bezig met de huidige eigenaar.

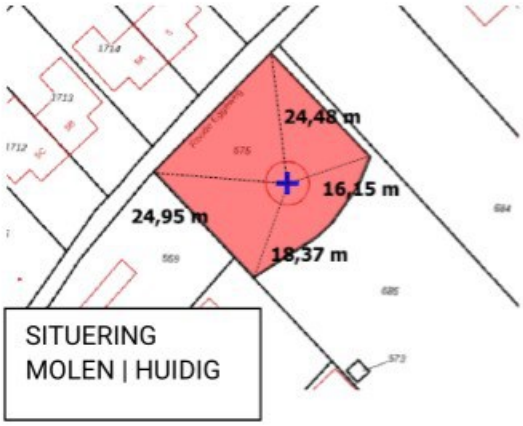
Gezien de noodzaak van een specifieke locatie voor de effectiviteit van het onderzoek, zijn diverse posities op het perceel geëvalueerd. Met inachtneming van de huidige locatie van de molen en zijn verhouding tot het perceel, zijn twee mogelijke opties geselecteerd op perceel Kessel F 226:

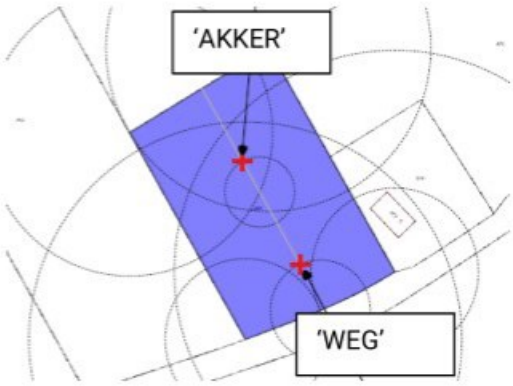
1. De molen plaatsen op een locatie die in lijn ligt met zijn huidige positie ten aanzien van de weg;
2. De molen positioneren op een locatie die overeenkomt met zijn actuele plaatsing binnen de perceelsgrenzen.

In de context van dit onderzoek wordt naar de eerste optie gerefereerd als 'Weg' en de tweede optie als 'Akker'.

Derhalve zijn er in totaal drie integrale studies uitgevoerd: een voor de huidige locatie aan de Roode Eggeweg, een voor optie 'Weg', en een voor optie 'Akker'.







4. Situering van de molen

4.1 Huidige locatie

Voor een gedetailleerde beschrijving van de huidige locatie en geschiedenis van de molen wordt verwezen naar het bouwhistorisch onderzoek. Dit windvangrapport richt zich specifiek op de geografische positie van de molen in relatie tot naburige objecten.



Situering van de molen in de huidige context. De twee concentrische cirkels geven een straal van 100 en 400 meter weer, met de molen als middelpunt. De locatie van de molen is weergegeven op de kadastrale kaart van het gebied rond de molen. De coördinaten van de molen zijn: 51.29382371,6.04738579.

De molen is gelegen aan de Roode Eggeweg 4 en wordt omringd door diverse woningen, voornamelijk laagbouw. Aan de zuidoostelijke zijde bevindt zich bebouwing die aanzienlijk dichter op elkaar staat in vergelijking met de noordwestelijke zijde van de molen. De bebouwing is nauw rondom de molen gesitueerd, waardoor er beperkte vrije ruimte is voor een ongehinderde windtoevoer. Bovendien bevinden zich talrijke bomen in de nabije omgeving.

Doordat de molen niet verhoogd is ten opzichte van de omgeving, hebben alle nabijgelegen objecten invloed op de windvang van de molen.



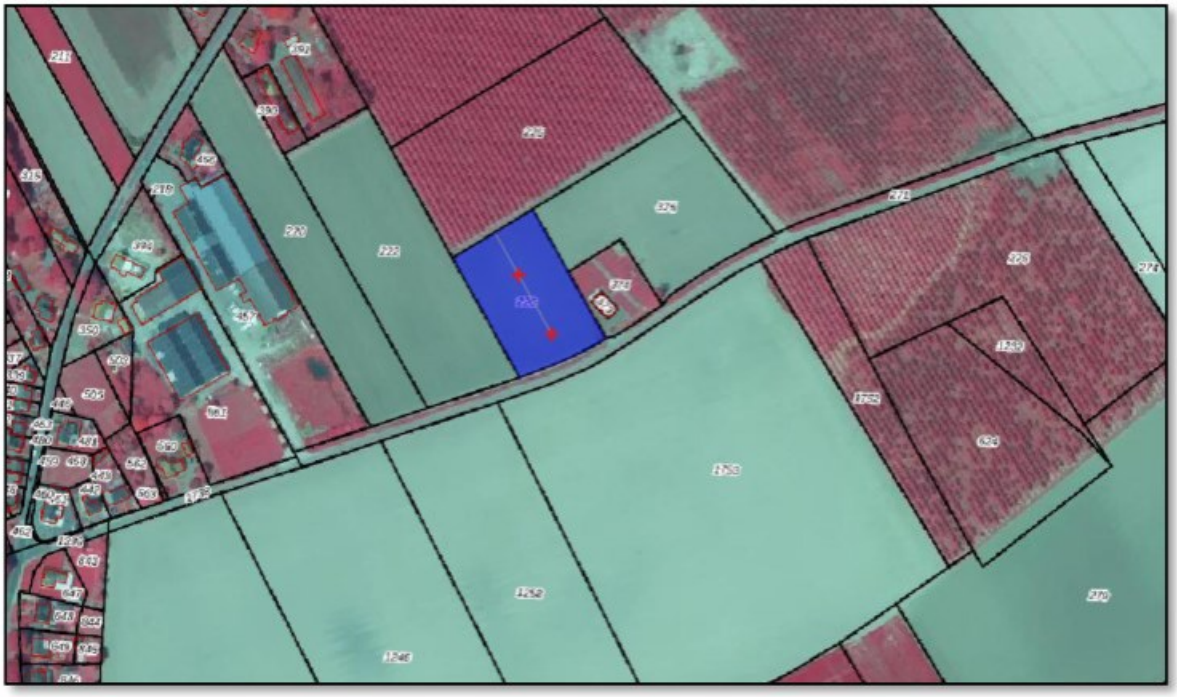
Infrarood luchtopname van het gebied binnen een straal van ca. 100 meter rondom de molen. De bomen dichtbij de molen zijn duidelijk te onderscheiden.



De molen gezien vanuit het noordwesten. (Google Street View)

4.2 Nieuwe locatie

Zoals eerder vermeld, zijn er voor de nieuwe locatie (Kessel F 226) twee mogelijke posities voor de molen: de optie nabij de weg (Weg) en de optie verder van de weg af (Akker):



Infrarood luchtopname van de nieuwe locatie toont de twee mogelijke posities, aangeduid met kruizen, binnen de gearceerde grenzen van Kessel F 226.

Hoewel de twee potentiële locaties slechts ongeveer 50 meter uit elkaar liggen, kan hun relatie tot de omliggende gebouwen, vooral de nabijgelegen, aanzienlijke invloed hebben op de windvang van de molen.



De beoogde locatie (Kessel F 226) heeft aan de oostelijke zijde een bestaand pand, genaamd 'de Witmaeker'.

Het perceel is momenteel in gebruik als aspergeakker. Aan de noord- en oostzijde van deze locatie zijn recentelijk nieuwe rijen bomen aangeplant. Voor de berekeningen in dit onderzoek is rekening gehouden met de huidige hoogte van deze bomen, welke ca. 4 meter bedraagt.

5. Windregime

5.1 Data

Voor het bepalen van het windregime is de triangulatiemethode toegepast, waarbij de weerstations van Arcen, Ell en Volkel als referentiepunten dienden. Hun invloed op het windregime is gewogen met 43%, 38% en 19%, respectievelijk. De onderzochte periode beslaat de jaren 2011 tot 2020. Hierbij zijn specifiek de dagelijkse gegevens van 08:00 uur tot 18:00 uur genomen, resulterend in 40.183 meetmomenten per station.

Het beoordelen van windregimes op basis van avonddata kan een vertekening opleveren. De condities van de wind verschillen namelijk vaak tussen dag en nacht. Historisch gezien waren windmolens voornamelijk tijdens daglichturen operationeel. Daarom is het essentieel de winddata te baseren op de actieve uren van de molen.

Er is echter een opmerkelijke uitzondering, te weten poldermolens. Deze speelden een cruciale rol in de waterbeheersing en moesten soms ook gedurende de nacht malen.

Dankzij KNMI-data over temperatuur en luchtdruk kon voor elk uur de luchtdichtheid worden vastgesteld. Hierdoor kan het vermogen per vierkante meter windoppervlak worden berekend. De triangulatiemethode staat bekend als een betrouwbare en nauwkeurige benadering voor het vaststellen van het windregime, wat fundamenteel is voor verdere analyses en besluiten binnen dit onderzoek.

Het hanteren van korte meetintervallen is cruciaal, aangezien de windsnelheid een aanzienlijke impact heeft op het windvermogen, dat toeneemt met de derde macht van de windsnelheid. Daarom kunnen zelfs minimale fluctuaties in windsnelheid leiden tot significante verschillen in energieopwekking.

Het windregime en de windsnelheid op het wiekenkruis worden afgeleid uit het log windprofiel. Dit concept in windenergie beschrijft hoe de windsnelheid verandert met de hoogte. Omdat wrijvingskrachten tussen de lucht en het aardoppervlak de windsnelheid dichtbij de grond verminderen, neemt deze snelheid toe met de hoogte. Dit log windprofiel wordt ook gebruikt binnen CFD software om een nauwkeurige simulatie van de luchtstroming rondom en door structuren, zoals windmolens, te kunnen uitvoeren.

Voor het schatten van het windregime op het wiekenkruis zijn meetdata op 10 meter hoogte (afkomstig van het KNMI) gebruikt. Hieruit kan, geëxtrapoleerd naar de hoogte van het wiekenkruis, de daar heersende windsnelheid worden afgeleid.

Het nauwgezet vaststellen van het windregime op het wiekenkruis is van belang. De daar gemeten windsnelheid heeft directe gevolgen voor de opgewekte energie: hoe hoger de snelheid op de wieken, hoe groter de energieopbrengst.

5.2 Basis parameters en randvoorwaarden

Een CFD onderzoek is een complexe simulatie die de stromingsdynamica van vloeistoffen, zoals lucht, modelleert en analyseert. Hierbij zijn er enkele fundamentele parameters die van invloed zijn op de nauwkeurigheid van het onderzoek. Een uiteenzetting van de basisparameters voor een CFD-onderzoek omvat:

Domeingrootte en -vorm: Dit definieert het gebied waarbinnen de simulatie plaatsvindt. Het is essentieel om ervoor te zorgen dat het domein groot genoeg is om de randeffecten te minimaliseren.

- De domeingrootte wordt automatisch aangepast zodat deze geen invloed heeft op de simulatie.

Mesh-resolutie: De mesh is een netwerk van cellen waarbinnen de berekeningen worden uitgevoerd. Een fijnmazig netwerk zal meer gedetailleerde resultaten opleveren.

Randvoorwaarden: Dit zijn de initiële en grenscondities voor de simulatie, zoals inlaatwindprofielen, turbulentiemodellen en oppervlakteruwheid.

- Inlaatwindprofielen zijn windrichting en scenario specifiek. Voor deze berekening is een gemiddelde inlaatwaarde van 6,45 m/s aangehouden;
- De gemiddelde luchtdichtheid is vastgesteld op 1,23 kg/m^3;
- Z_0 terrein = 0.01; C = 0,5
- Bomen met blad = 0.05; C = 1; Φ=0,01
- Bomen zonder blad = 0.02; C = 1; Φ=0,66

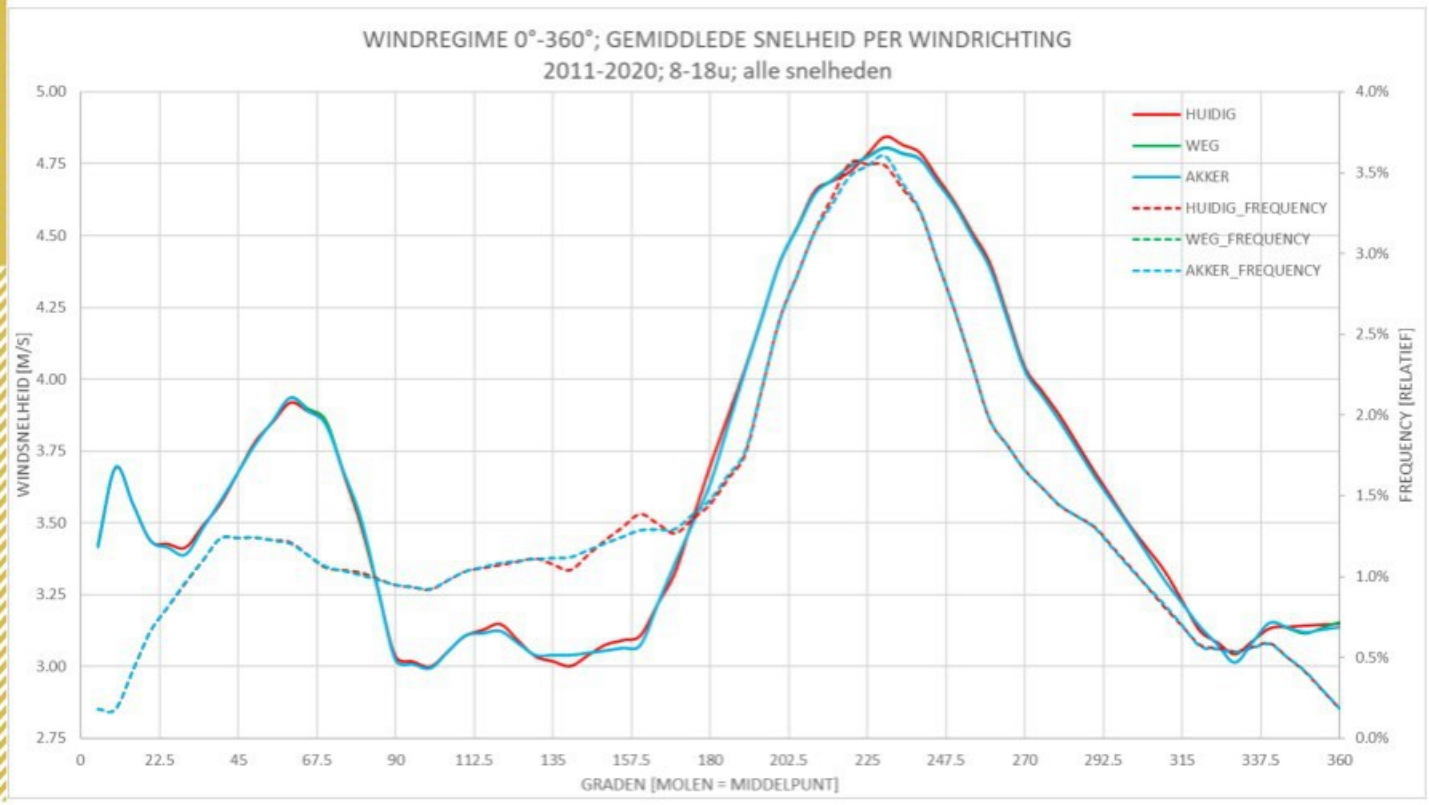
Turbulentiemodel: Gezien de complexe en chaotische aard van luchtstromingen, wordt een turbulentiemodel gebruikt om deze effecten te modelleren. Er zijn verschillende modellen beschikbaar, elk met zijn eigen voor- en nadelen, afhankelijk van het specifieke toepassingsgebied. *Zie 3.3.*

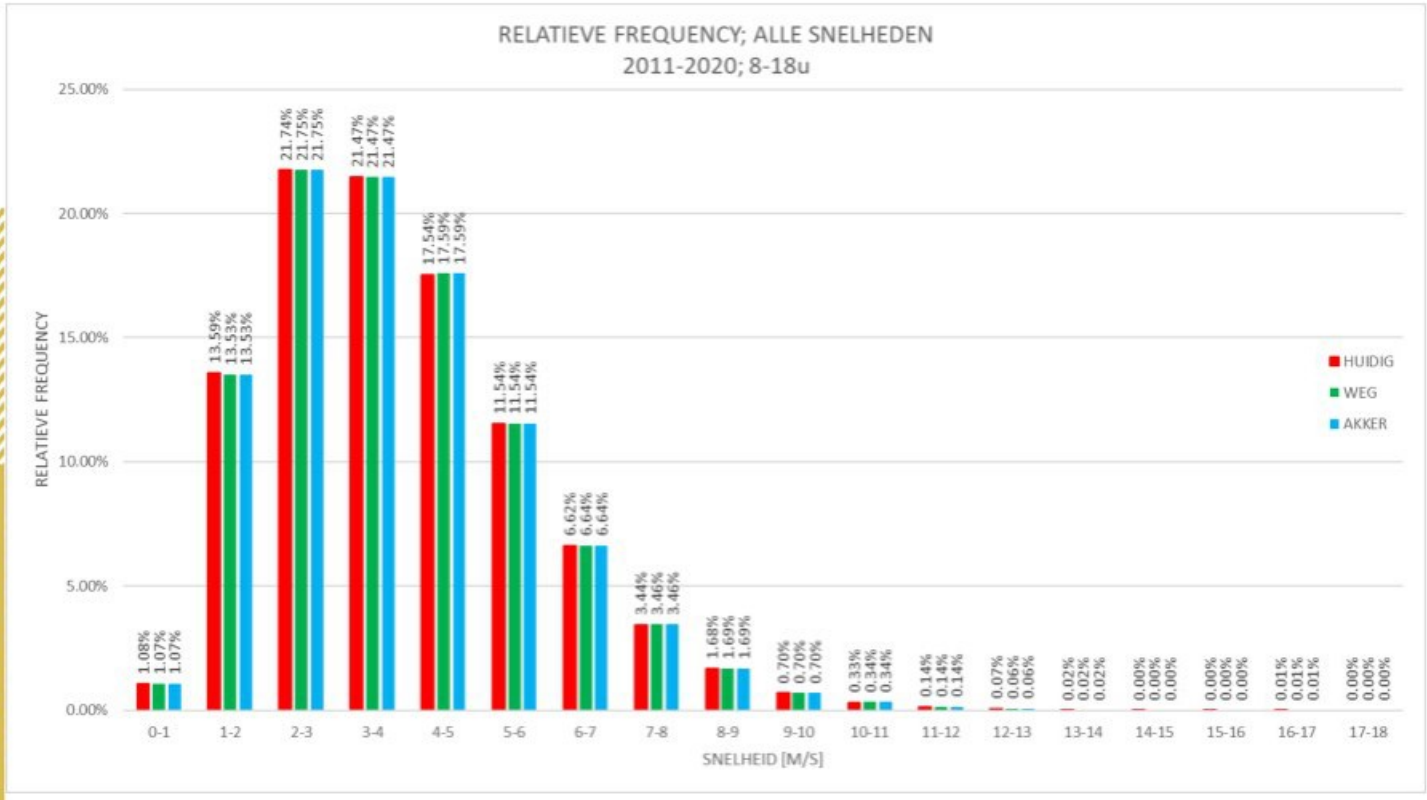
Tijdsintegratie: Of het onderzoek steady-state (constant over de tijd) of transient (variërend over de tijd) is, speelt een rol bij het vaststellen van hoe de resultaten worden geïnterpreteerd. *Zie 3.2.*

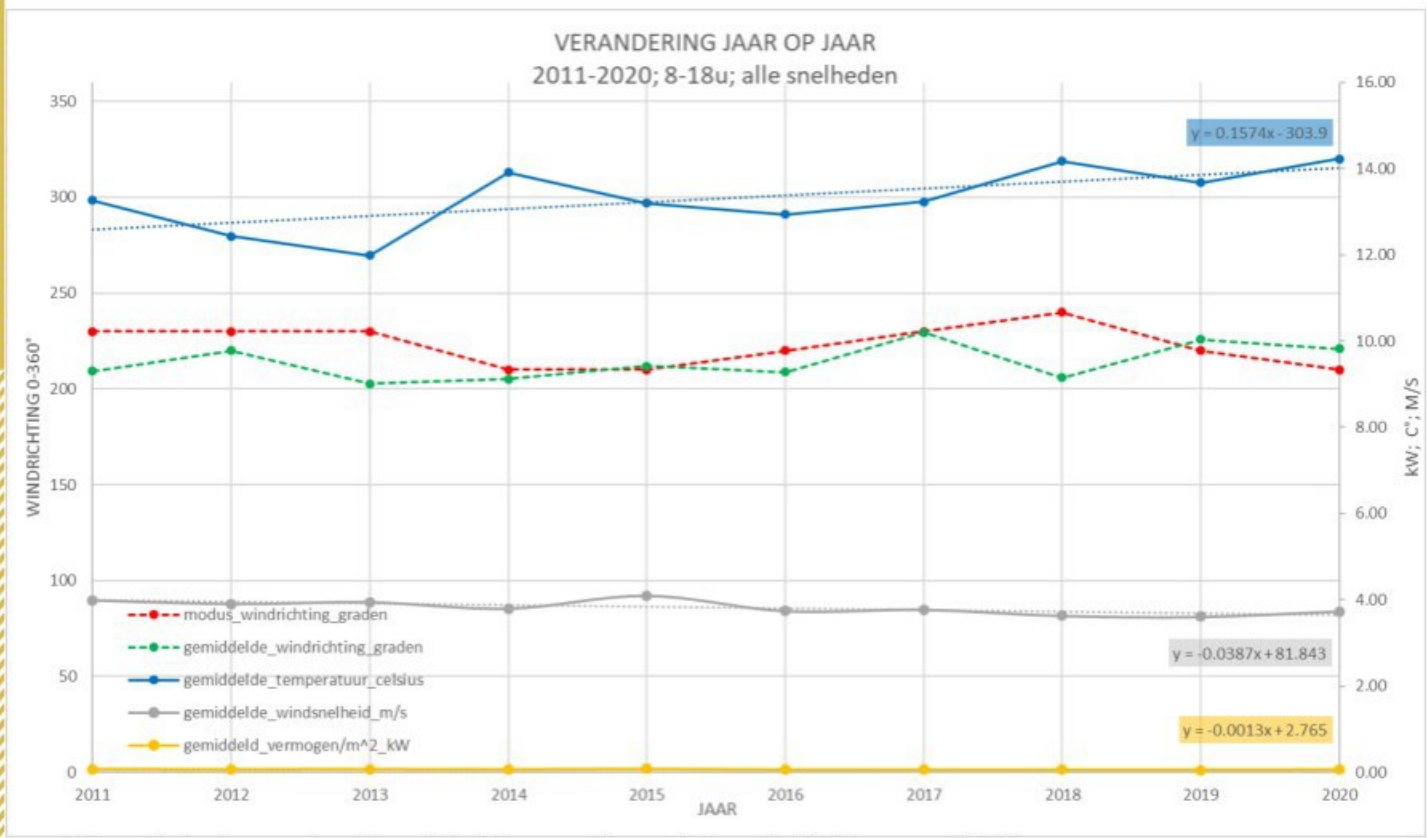
Post-processing: Na het voltooien van de simulatie worden de ruwe resultaten geanalyseerd en geïnterpreteerd. EAGM gebruikt hiervoor in eigen huis ontwikkelde software.

5.3 Windregime Kessel

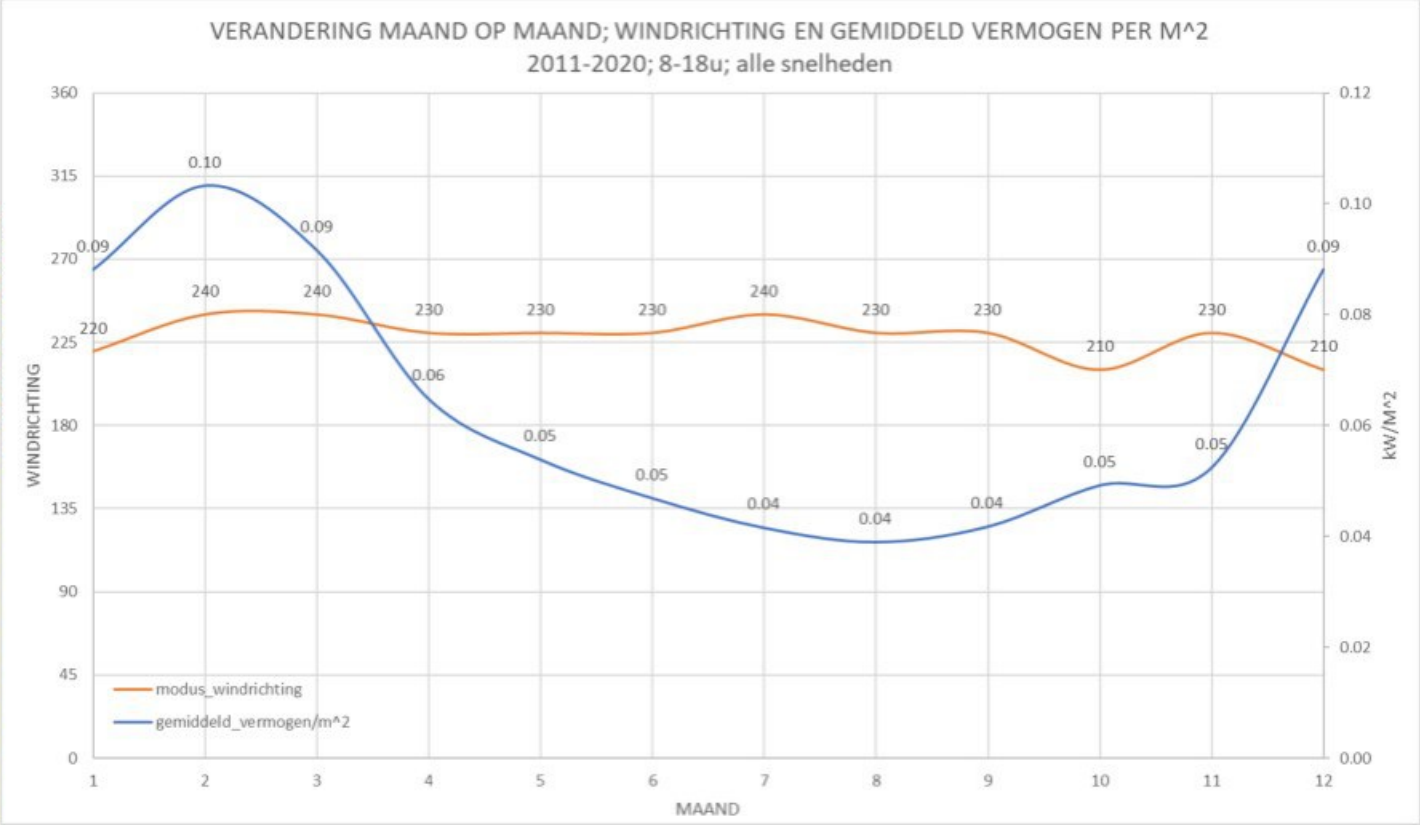
Allereerst wordt het windregime bepaald op basis van de metadata van het KNMI. Bij deze berekening worden echter geen externe omgevingsfactoren in overweging genomen die impact kunnen hebben op de windvang. De enige uitzonderingen hierop zijn factoren die direct invloed uitoefenen op de metingen van de weerstations. Door deze methodologie te volgen, is het mogelijk om een genuanceerd inzicht in het daadwerkelijke windregime in de directe omgeving van de molenlocaties te krijgen.







Verandering jaar op jaar Kessel (geldig voor elke molenlocatie [huidig; weg; akker])



Verandering maand op maand Kessel (geldig voor elke molenlocatie [huidig; weg; akker])

5.4 Nul-situatie

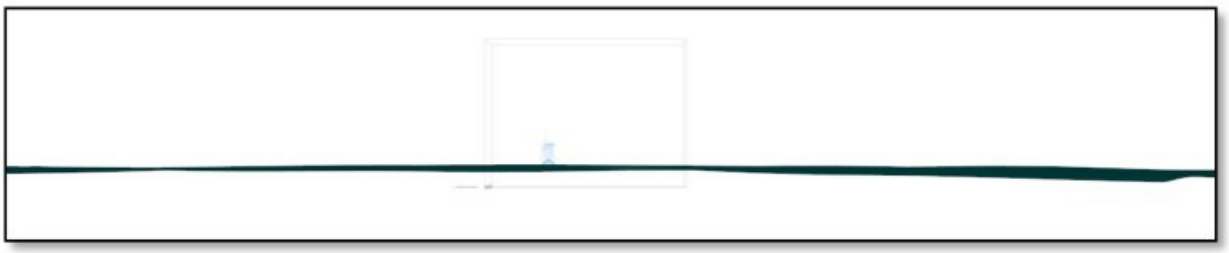
Het windregime rondom een molen wordt significant beïnvloed door het omliggende terrein. Variaties in de hoogte van het landschap kunnen de richting en snelheid van de wind sterk beïnvloeden.

De drie locaties – de huidige locatie en de twee potentiële nieuwe locaties – hebben ieder een eigen uniek windregime. Dit wordt voornamelijk bepaald door hun positionering ten opzichte van het omliggende landschap. Om een helder beeld te krijgen van de mogelijke invloeden van het terrein op het windregime, zijn er modellen gegenereerd voor elk van deze locaties. Deze modellen zijn specifiek gericht op het in kaart brengen van het landschap, waarbij externe factoren zoals bebouwing en vegetatie bewust buiten beschouwing zijn gelaten.

Door enkel het natuurlijke en onbebouwde landschap in de modellen op te nemen, is het mogelijk om een basiskennis te verkrijgen van de fundamentele winddynamiek rondom elke locatie.

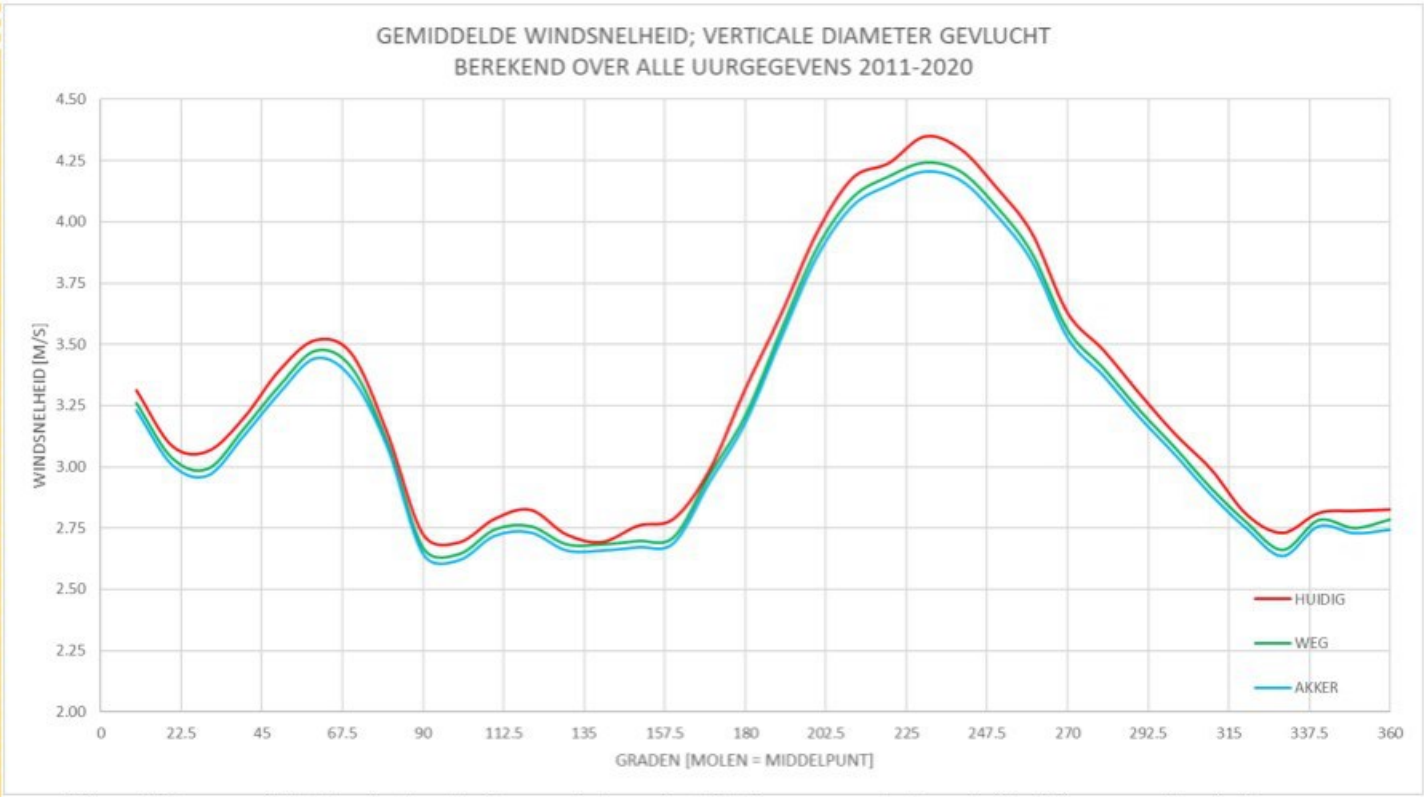
Bij de nul-situatie berekeningen is het terrein gemodelleerd als een relatief vlak, homogeen, en uniform landschap met slechts subtiele hoogteverschillen (contouren). De homogeniteit en uniformiteit van het landschap zijn essentiële parameters die zijn gehanteerd voor deze initiële modellering. Geen bebouwing of groen is in deze fase meegenomen. Het landschap is gekarakteriseerd door een consistente terreinruwheidslengte (z0-waarde), welke de microscopische ruwheid van het oppervlak beschrijft en aangeeft hoe het terrein de windstromingen beïnvloedt.

De gecombineerde effecten van deze parameters stellen ons in staat om een voorspelbare en representatieve stroming te simuleren, wat fundamenteel is voor de gedetailleerde windregime analyses rondom de molenlocaties.



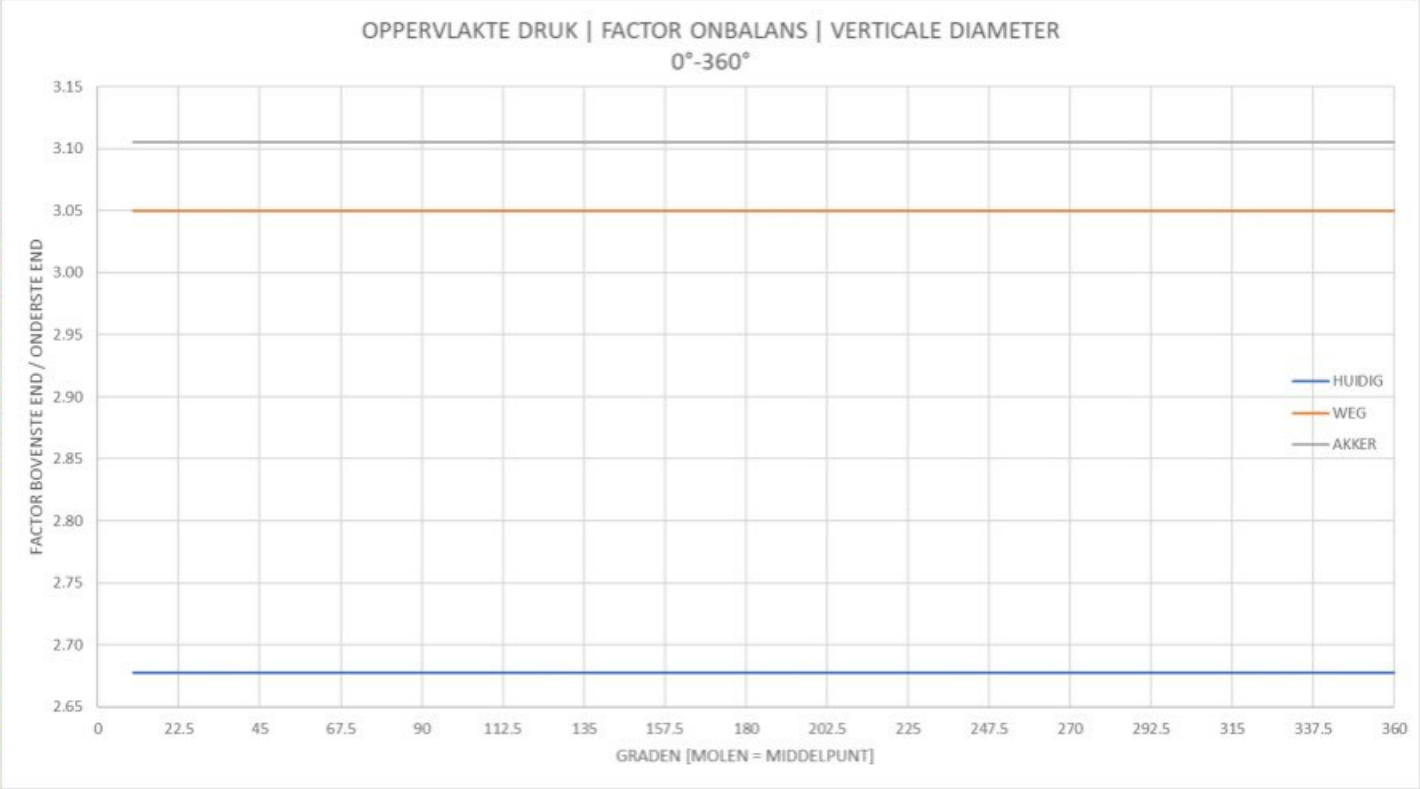
Voorbeeld van de topografie.

5.5 Vergelijking nul-situatie per locatie

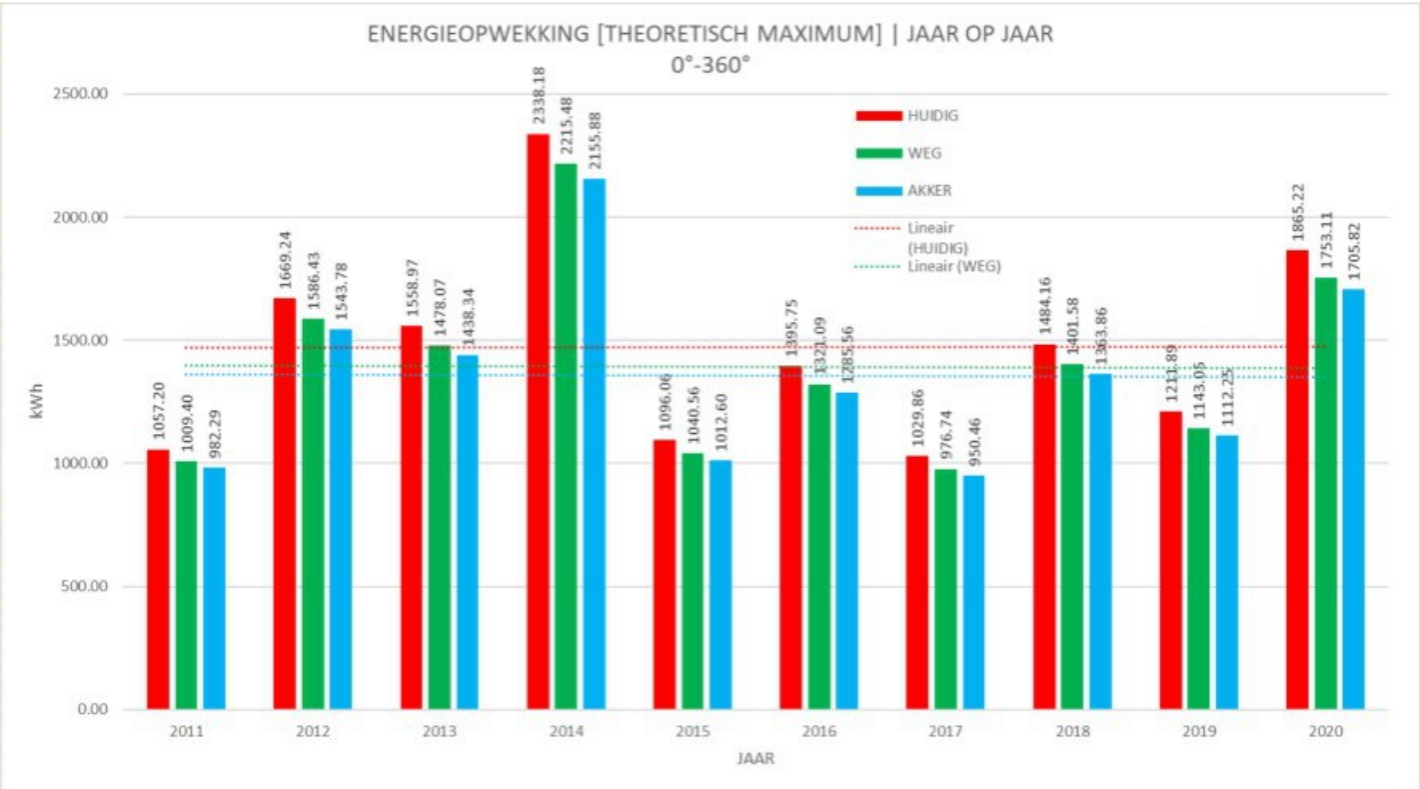


Vergelijking gemiddelde windsnelheid voor iedere windrichting per molenlocatie (huidig; weg; akker). De verschillen in de gemiddelde windsnelheid per locatie worden veroorzaakt door de topografie van het omliggende terrein.

- Gemiddelde windsnelheid (0°-360°) huidige locatie: 3,27 m/s
- Standaard deviatie: 0,53
- Gemiddelde windsnelheid (0°-360°) optie 'Weg': 3,21 m/s
- Standard deviatie: 0,51
- Gemiddelde windsnelheid (0°-360°) optie 'Akker': 3,18 m/s
- Standard deviatie: 0,51



De verhouding van de oppervlaktedruk over de verticale diameter van het wiekenkruis wordt in overweging genomen. De druk op het onderste uiteinde is als referentiepunt op 0 gesteld. Op de huidige locatie ervaart het bovenste end gemiddeld een druk die 2,68 keer hoger is dan die op het onderste end. Over de horizontale diameter is de oppervlakte druk op elke locatie in balans (1:1).

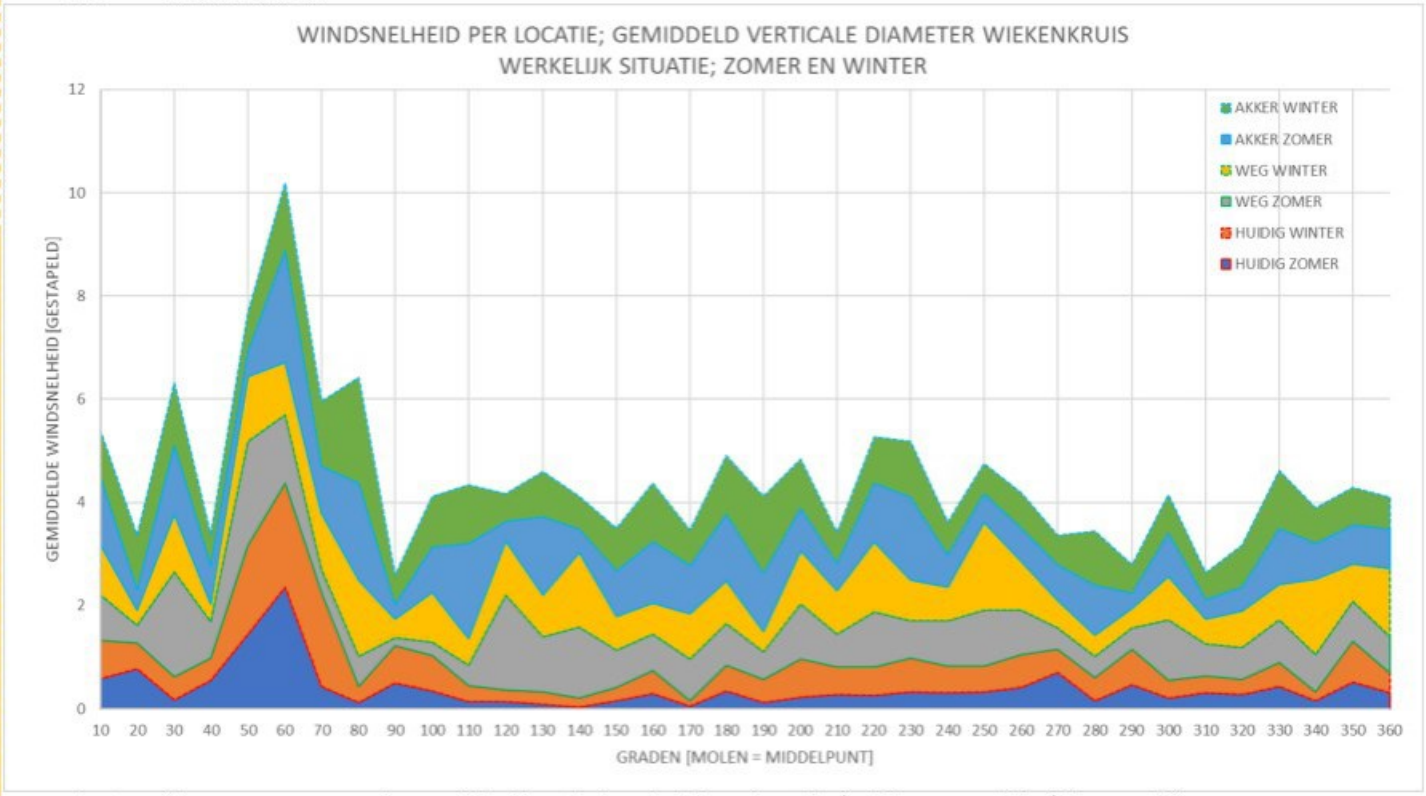


6. Vergelijking molenlocaties

6.1 Algemeen

De drie molenlocaties zijn onderling vergeleken. Voor deze vergelijking zijn de werkelijke gebouwen en bomen rondom elke locatie nauwkeurig gemodelleerd. Om een volledig beeld te krijgen, zijn er voor elk van deze situaties zowel zomer- als wintermodellen gegenereerd.

6.2 Windsnelheid



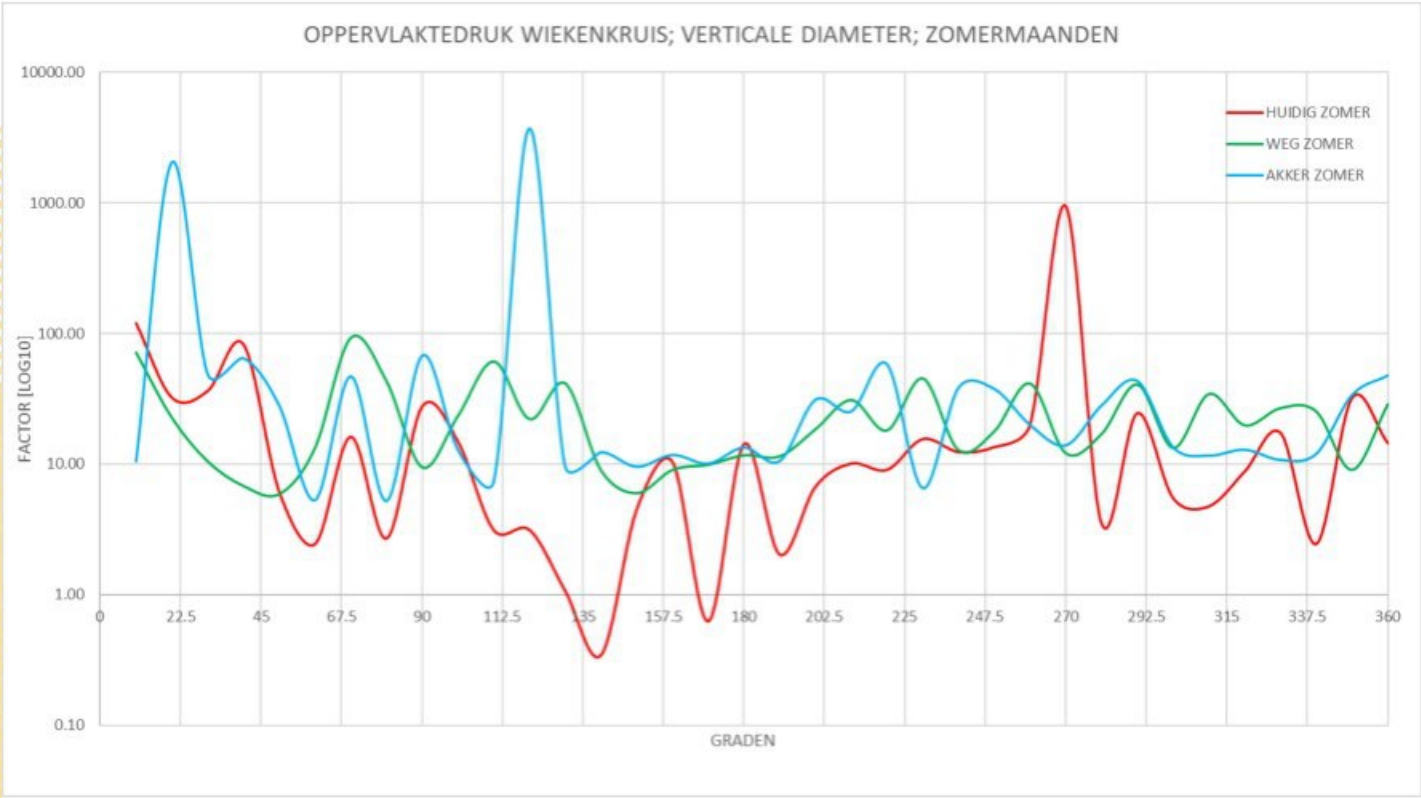
Gestapelde weergave van de gemiddelde windsnelheid per locatie (huidig; weg; akker) in zowel de zomer- als wintermaanden (bomen met of zonder blad [15/4-31/10;1/11-14/4 resp.]).

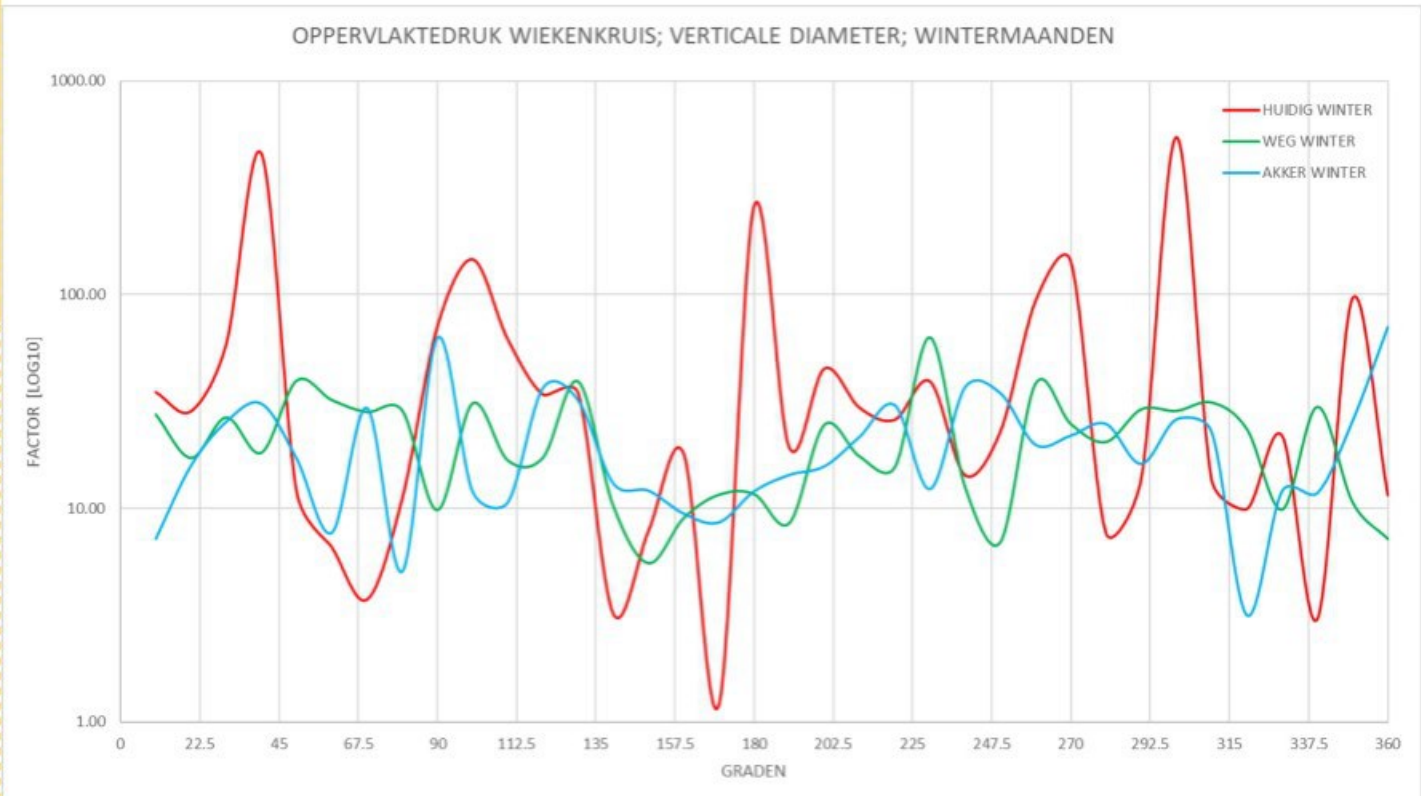
Uit de resultaten komt naar voren dat de locatie 'Akker' de hoogste gemiddelde windsnelheid vertoont over de verticale diameter van het wiekenkruis. Hoewel de locatie 'Weg' minder gunstig is dan 'Akker', presteert deze nog steeds beter dan de huidige locatie. De huidige locatie blijkt de minst gunstige te zijn qua windsnelheid.

De genoemde windsnelheden zijn afgeleid door de reductiewaarden uit de diverse CFD-simulaties toe te passen op de daadwerkelijke KNMI-metadata over de periode 2011-2020.

6.3 Oppervlaktedruk

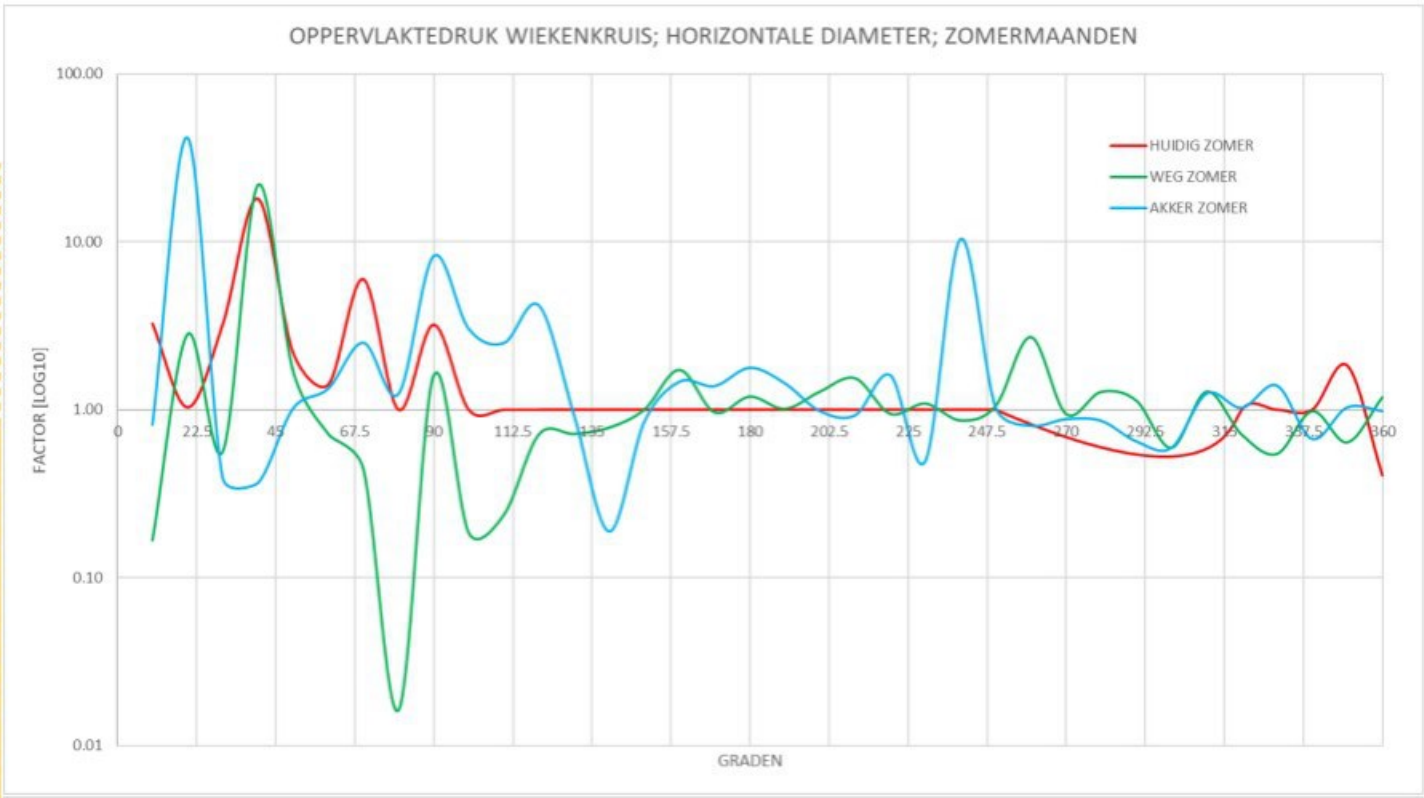
VERTICALE DIAMETER WIEKENKRUIS

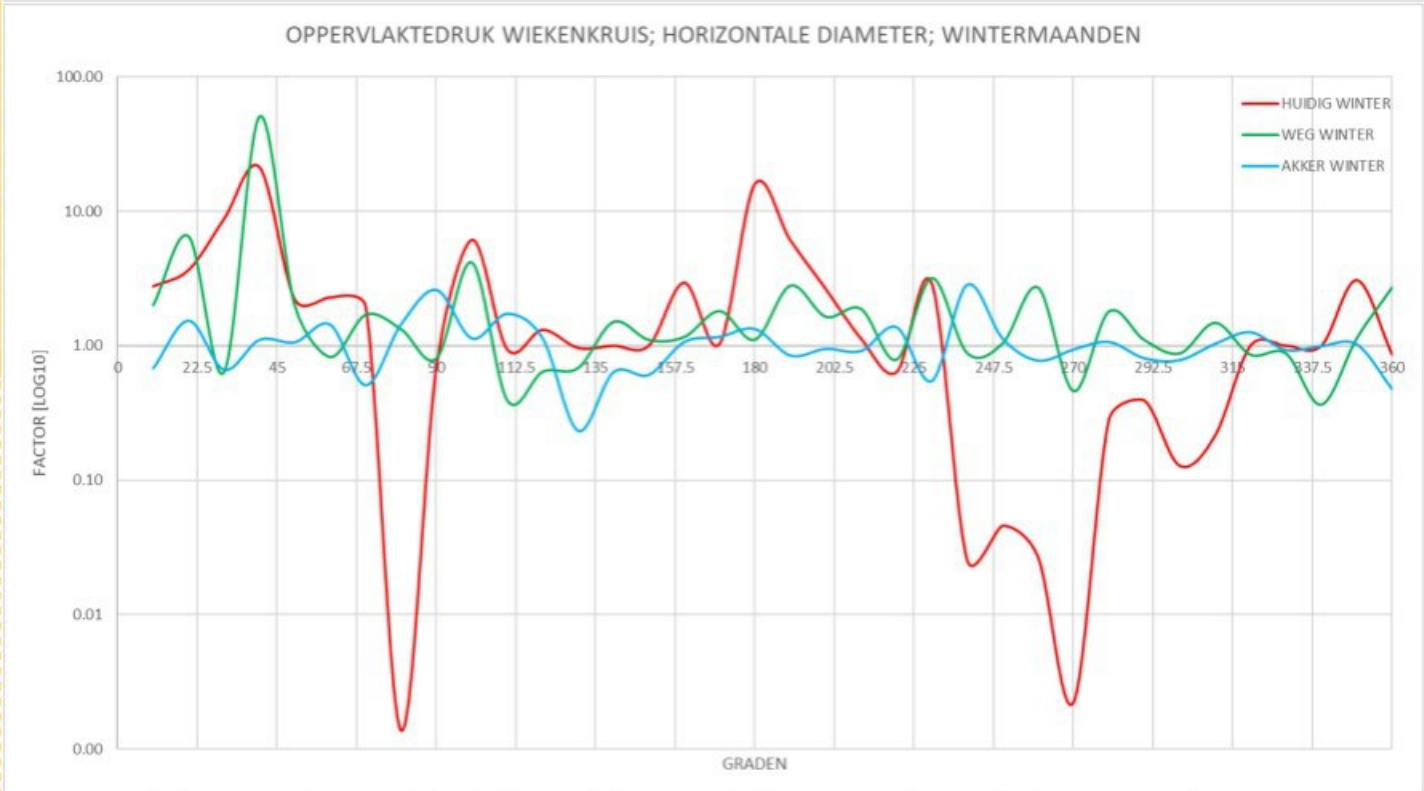




De weergegeven grafieken tonen het gemiddelde verschil in oppervlaktedruk tussen het bovenste en het onderste end. Op de nieuwe locaties wordt de druk gelijkmatiger verdeeld en is deze consistenter.

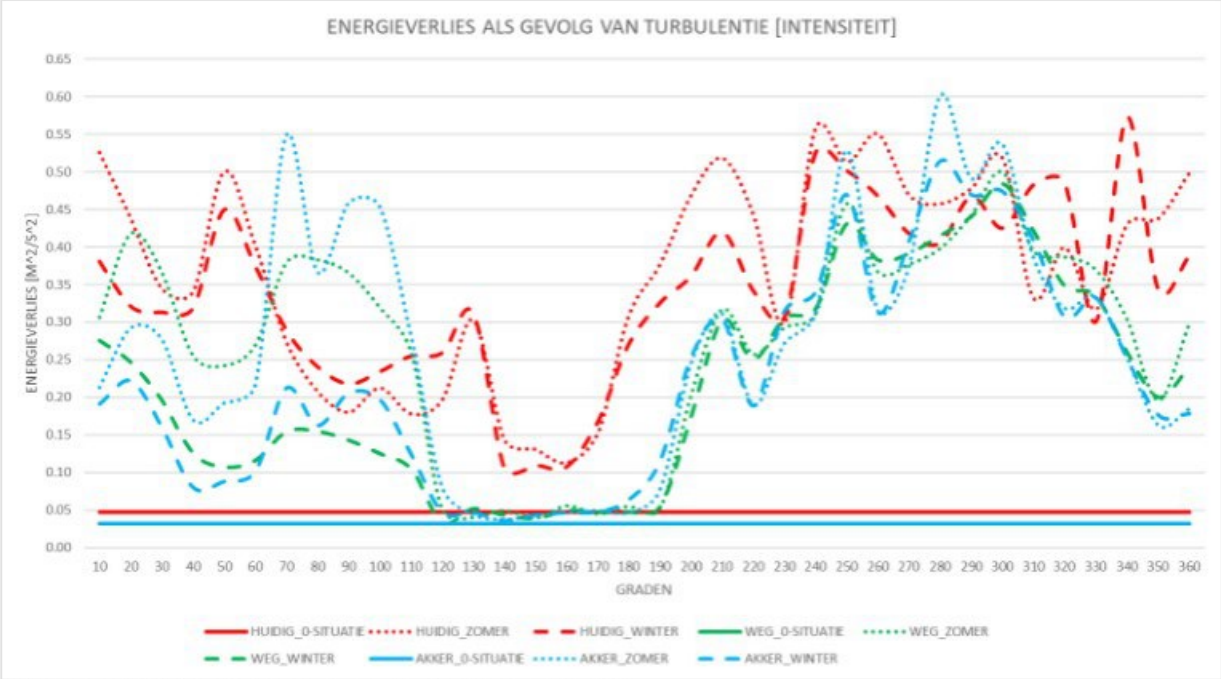
HORIZONTALE DIAMETER





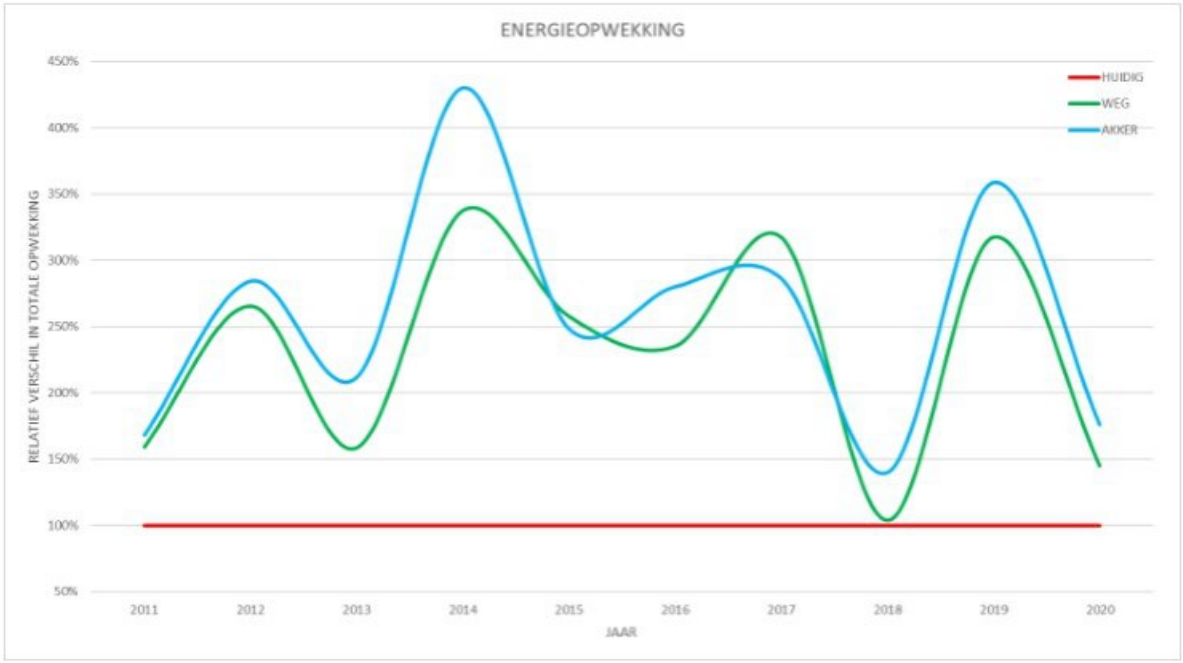
De grafieken tonen de oppervlaktedruk over de horizontale diameter van het wiekenkruis. Bij een factor van 1 zijn de drukken aan zowel de weerzijde als de keerzijde van het wiekenkruis gelijk. Als de factor groter is dan 1, ervaart de weerzijde een hogere druk. Als de factor kleiner is dan 1, is de druk aan de keerzijde hoger. Optie 'Akker' is het meest consistent qua drukverdeling over de horizontale diameter.

6.4 Turbulentie



Turbulentie-intensiteit van de verschillende scenario's.

Turbulentie-intensiteit is een indicator voor de mate van turbulentie in een stroming. Het representeert de verhouding tussen de fluctuerende snelheidscomponenten en de gemiddelde stromingssnelheid. In CFD-context verwijst een hogere TI-waarde naar een hoger energieverlies door de effecten van turbulentie. In de bovenstaande grafiek worden de TI-waarden voor drie verschillende scenario's vergeleken, waarmee de relatieve turbulentie en daarmee samenhangende energieverliezen tussen deze scenario's worden weergegeven.



De piekwaarden van de productiecapaciteit van de molen voor drie verschillende situaties zijn genormeerd ten opzichte van de huidige situatie, die als referentie is gelijkgesteld aan 1.

7. Conclusie

7.1 Culturele en historische waarden van de molen

Werktuigbouwkundige monumenten zoals de Sint Anthoniusmolen zijn niet alleen waardevolle objecten, maar dragen ook een diepe symbolische waarde voor hun gemeenschappen. In het licht van recente overwegingen voor een mogelijke verplaatsing van deze molen, is het essentieel om te begrijpen hoe zo'n actie de windvang en daarmee de functionele capaciteit van de molen kan beïnvloeden.

7.2 Technische bevindingen van de windvangstudie

Uit het windonderzoek blijkt duidelijk dat de huidige locatie van de molen wordt beperkt door de nabijgelegen bebouwing en bomen, wat leidt tot een verminderde windvang. Van de drie onderzochte locaties heeft de locatie 'Akker' de hoogste gemiddelde windsnelheid, wat wijst op een betere windvang. Dit wordt gevolgd door de locatie 'Weg', terwijl de huidige locatie de laagste gemiddelde windsnelheid heeft.

Bij het evalueren van de oppervlaktedruk rond de molen, varieert deze per locatie. De locatie 'Akker' toont de meest consistente drukverdeling, wat suggereert dat deze locatie mogelijk minder vatbaar is voor variabele windomstandigheden die de efficiëntie van de molen kunnen beïnvloeden. Bovendien is de turbulentie-intensiteit, een cruciale factor die de mate van turbulentie in een stroming aangeeft, ook geanalyseerd. Hieruit blijkt dat de locatie 'Akker' opnieuw gunstige resultaten toont, wat duidt op een stabielere windomgeving voor de molen.

Bij het overwegen van de verplaatsing van een historische molen zoals de Sint Anthoniusmolen, is het niet alleen belangrijk om de gemiddelde windsnelheid in overweging te nemen, maar ook de kwaliteit of 'bruikbaarheid' van die wind. Bruikbare wind verwijst naar de wind die effectief kan worden gebruikt door de molen om zijn maalfuncties uit te voeren, rekening houdend met factoren zoals consistentie, richting, en de afwezigheid van excessieve turbulentie die de efficiëntie van de molen kan verminderen.

Uit de evaluatie van de drie locaties blijkt dat de locatie 'Akker' de meest gunstige omstandigheden biedt in termen van bruikbare wind. Hoewel alle drie de locaties hun eigen unieke windprofielen hebben, toont 'Akker' een combinatie van hoge gemiddelde windsnelheden en een consistente drukverdeling, wat wijst op een stabielere en meer bruikbare windstroom. Bovendien vertoonde de locatie 'Akker' lagere turbulentie-intensiteitswaarden, wat suggereert dat de wind daar minder verstoring ondervindt en dus efficiënter kan worden benut door de molen.

De studie heeft gebruik gemaakt van Computational Fluid Dynamics (CFD) om gedetailleerde simulaties uit te voeren van de luchtstroming rondom de molen. De resultaten van de CFD-simulaties zijn gevalideerd met KNMI-metadata, wat zorgt voor een betrouwbare en accurate evaluatie van de windomstandigheden.

Op basis van deze technische en inhoudelijke resultaten heeft de locatie 'Akker' in principe de voorkeur. Deze positionering op het erf is proportioneel op het perceel in vergelijking met de huidige situatie en biedt bovendien de meest gunstige windvang van de drie onderzochte posities. Echter, of dit ook werkelijk een reden is voor een verplaatsing dient in goed overleg tussen alle betrokkenen te worden bepaald.

7.3 Integratie met het bouwhistorisch onderzoek en vervolg

Parallel aan deze windvangststudie heeft EAGM, in samenwerking met de historica Dr. A. Gosliga, een bouwhistorisch onderzoek uitgevoerd. Beide onderzoeken vullen elkaar aan en bieden samen een compleetinzicht in de historische, functionele en omgevingsgebonden aspecten van de molen. Het is essentieel om deze studies in hun onderlinge samenhang te bekijken om een compleet beeld te krijgen van de mogelijke implicaties van de voorgenomen verplaatsing van de Sint Anthoniusmolen.