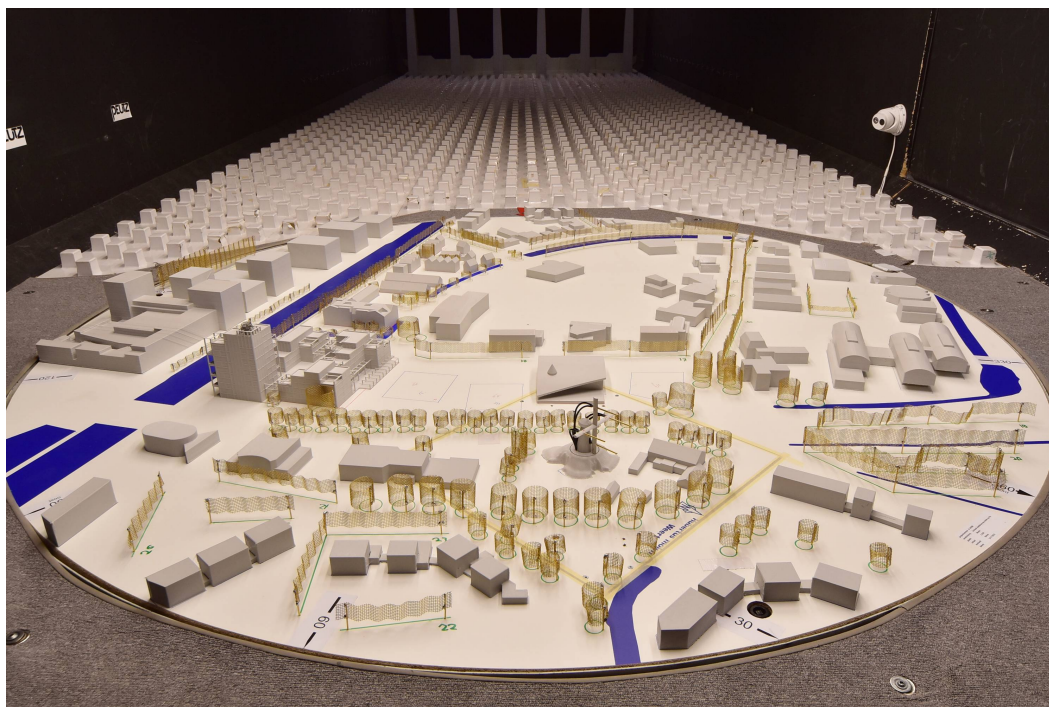


Windtunnelonderzoek Wilhelmus-Hubertus molen Weert

Analyse naar invloed ontwikkelingsplannen op de windvang van de Wilhelmus-Hubertus molen





Windtunnelonderzoek Wilhelmus-Hubertus molen Weert

Analyse naar invloed ontwikkelingsplannen op de windvang van de Wilhelmus-Hubertus molen

opdrachtgever Gemeente Weert
rapportnummer O 16586-5-RA-003
datum 16 september 2022 (*correcties d.d. februari 2023*)
referentie OO/lvdW//O 16586-5-RA-003
verantwoordelijke ██████████
opsteller ████████████████████
 ██████████
 ██████████@peutz.nl

peutz bv, postbus 66, 6585 zh mook, +31 85 822 86 00, mook@peutz.nl, www.peutz.nl
kvk 12028033, opdrachten volgens DNR 2011, lid NLingenieurs, btw NL.004933837B01, ISO-9001:2015

mook – zoetermeer – groningen – eindhoven – düsseldorf – dortmund – berlijn – nürnberg – leuven – parijs – lyon

Inhoudsopgave

1	Inleiding	4
	Leeswijzer	4
	Correcties d.d. februari 2023	4
2	Molen en molenbiotoop	5
2.1	Regelgeving maximale bouwhoogte	6
3	Opzet windtunnelonderzoek	8
3.1	Schaalmodel	8
3.2	Simulatie in de windtunnel	11
3.3	Windklimaat op de locatie	12
3.4	Meetpunten en metingen	14
3.5	Analyse windvang Wilhelmus-Hubertus molen	15
3.5.1	Windsnelheidscoëfficiënten en jaargemiddelde windsnelheid	15
3.5.2	Balans windbelasting op basis van de windsnelheidsverhouding	16
3.5.3	Turbulentie-intensiteit	16
3.5.4	Theoretisch bruikbare wind	17
4	Resultaten en discussie	19
4.1	Windsnelheidscoëfficiënten	19
4.2	Jaargemiddelde windsnelheid	20
4.3	Balans windbelasting	22
4.4	Turbulentie-intensiteit	23
4.5	Theoretisch bruikbare wind	24
5	Conclusie	27
	Theoretisch bruikbare wind en jaargemiddelde snelheid	28
	Invloed van de nieuwbouwplannen	29
	Indicatieve onderzoek "O16586-2-RA-001"	29

Bijlage 1 – Hoogteprofiel molenbiotoop

Bijlage 2 – Situatietekeningen

1 Inleiding

Eind 2021 heeft Peutz een indicatief onderzoek verricht, op basis van statistische windgegevens, omtrent de mogelijke invloed van de nieuwbouwplannen nabij de Stadsbrug, gelegen aan de Eindhovenseweg, op de windvang van de molen Wilhelmus-Hubertus (hierna: de Molen) te Weert. De uitkomsten van dit indicatieve onderzoek zijn gedocumenteerd in het rapport "Invloed ontwikkeling Stadsbruglocatie op windvang Wilhelmus-Hubertus molen te Weert" (O16586-2-RA-001) d.d. 21 januari 2022.

Vanwege meerdere ontwikkelingen in het gebied rondom de Molen, heeft de Gemeente Weert gevraagd om de uitvoering van een integrale windvanganalyse. Met deze analyse wenst de gemeente een nauwkeuriger inzicht te verkrijgen in de effecten die deze ontwikkelingen hebben op de windvang van de Molen. De windvanganalyse is uitgevoerd middels een windtunnelonderzoek waarvan de resultaten en een bijbehorende analyse zijn beschreven in dit rapport.

De analyse richt zich op het effect dat de ontwikkeling van Appartementengebouw Beekpoort-Noord-Noord (reeds vergund, hierna: appartementen Beekpoort) en het schetsontwerp voor de Stadsbruglocatie hebben op de windvang van de Molen t.o.v. de feitelijke situatie. In deze rapportage wordt enkel uitgegaan van gerealiseerde of reeds in aanbouw zijnde bebouwing.

Leeswijzer

In dit rapport wordt ingegaan op de situering van de molen en de planlocaties, en op de regelgeving van het molenbiotoop. Vervolgens wordt nader ingegaan op het windklimaat bij de molen en de opzet van het windtunnelonderzoek. Nadien worden de resultaten van het onderzoek gepresenteerd en wordt middels een analyse de invloed van de realisatie van de nieuwbouwplannen op de windvang van de molen in kaart gebracht. Tot slot worden de resultaten met de bijbehorende analyse samengevat in een conclusie.

Correcties d.d. februari 2023

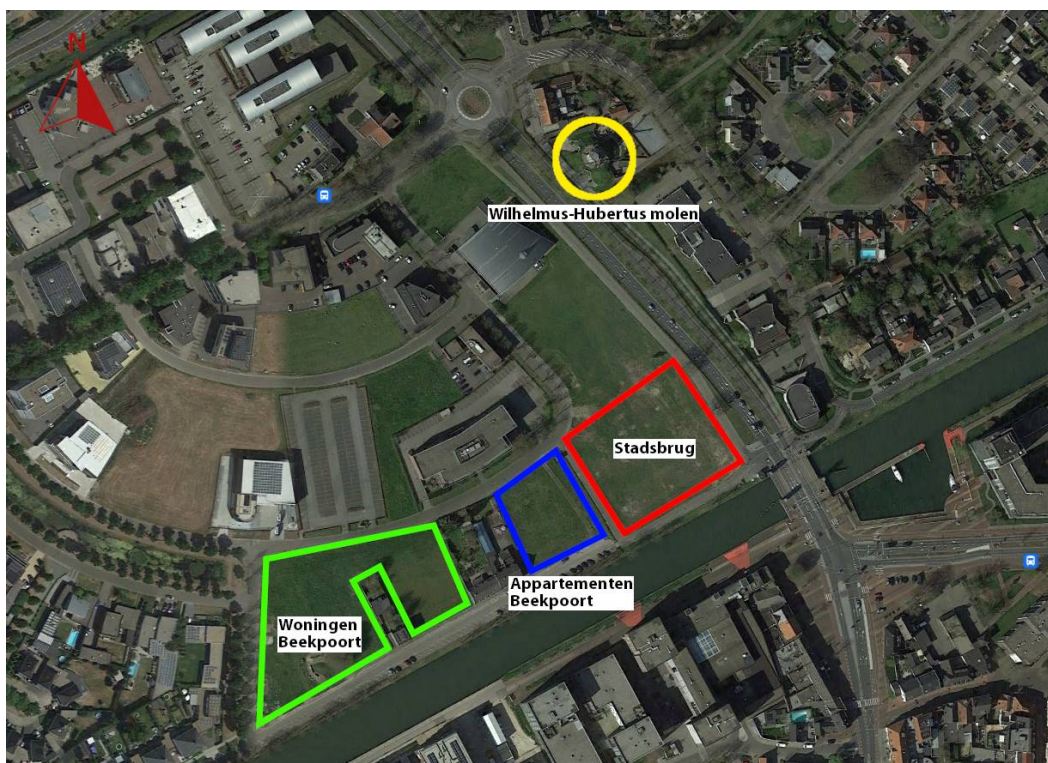
Na het verschijnen van dit rapport in september 2022 is een onvolkomenheid in enkele van de gepresenteerde getallen naar voren gekomen. Het gaat om de gemiddelden in tabel 4.1, 4.2, 4.3 en 4.4 van dit rapport waarbij geen weging heeft plaats gevonden voor de grootte van de windsector. Gevolg hiervan was dat het effect van de nieuwbouwplannen op de afname van de windvang werd overschat. Alle gemeten waardes, waaruit deze gemiddelden worden afgeleid, zijn correct vastgesteld en gepresenteerd. De uiteindelijke conclusies van dit onderzoek waren gebaseerd op de ongewogen gemiddelden in plaats van de gewogen gemiddelden, deze dienen te worden gecorrigeerd. Deze correcties zijn met rood gemarkeerd in de tabellen en conclusie van dit rapport. Na correctie van de rekenfout blijkt dat in alle gevallen de jaargemiddelde windsnelheidsreductie binnen de maximaal beoogde toelaatbare waarde van 5% valt.

2 Molen en molenbiotoop

De Molen is een beltmolen en een rijksmonument met monumentnummer 38463. Het is een korenmolen die buiten gebruik is, het gebouw is in gebruik als restaurant. De molen is draaivaardig, maar niet maalvaardig. De molen heeft een gevlucht van 26,7 m, de hoogte van de belt bedraagt ca. 6 m. De wieken hebben een kleine speling t.o.v. de belt waarmee het onderste punt van een verticale wiek zich op een hoogte van ca. 6,1 m boven het maaiveld bevindt. De as van de molen bevindt zich hier een half gevlucht boven op 19,4 m.

De Molen in Weert is gelegen tussen de Eindhovenseweg en de Noordkade. Zuidelijk van de molen bevinden zich de planlocaties van de Stadsbrug en het project Weertervaart (appartementen en woningen Beekpoort). Zie figuur 2.1 voor een visueel overzicht. Deze beoogde bouwlocaties bevinden zich ca. 127 m vanaf het dichtstbijzijnde punt van de beoogde nieuwbouw tot aan het hart van de molen. De lokale maaiveldhoogte van de bouwlocatie is vrijwel gelijk aan de maaiveldhoogte van de molen.

f2.1 Ligging van de Wilhelmus-Hubertus molen en de planlocaties (bron: Google Earth Pro)



2.1 Regelgeving maximale bouwhoogte

Beperking op de hoogte van nieuwe bebouwing binnen het molenbiotoop zijn vastgelegd in het huidige bestemmingsplan "Woongebieden 2019", vastgesteld in januari 2020, met kenmerk NL.IMRO.0988.BPWoongebieden2019-VA01. Deze hoogte beperkingen worden als volgt omschreven:

36.9 Vrijwaringszone - molenbiotoop

36.9.1 Algemeen

Ter plaatse van de aanduiding 'vrijwaringszone - molenbiotoop' zijn de gronden mede bedoeld als molenbiotoop.

36.9.2 Bouwregels

Ongeacht wat in de regels voor de op deze gronden rustende bestemming is bepaald, mag er ter plaatse van de aanduiding 'vrijwaringszone - molenbiotoop' niet worden gebouwd voorzover de windvang van de molen daardoor in onevenredige mate wordt aangetast. Uitgangspunt hierbij is dat de optimale windvang tot maximaal 5% mag worden beperkt. Voor de bepaling van de hierbij toegestane bouwhoogten worden de formules, alsmede de afwijkingen, zoals opgenomen in de bijlage 'Molenbiotoop' bij de regels zijn gehanteerd.

36.9.3 Afwijken van de bouwregels

Het bevoegd gezag kan met een omgevingsvergunning afwijken van het bepaalde in artikel 36.9.2 voor het oprichten van bebouwing dan wel het planten van hoog opgaand groen/hoge bomen tot een grotere (bouw)hoogte dan bepaald in dat artikel, mits vooraf de vereniging De Hollandse Molen, Molenstichting Limburg, Molenstichting Weerterland of diens opvolger om advies is gevraagd.

In bovenstaande tekst wordt er gesteld dat de optimale windvang tot maximaal 5% mag worden beperkt. Met deze beperking van de windvang wordt in meer concretere begrippen een maximale snelheidsverlaging van 5% bedoeld. In dit rapport wordt de maximale snelheidsverlaging van 5% getoetst aan de hand van de jaargemiddelde windsnelheid op ashoogte. Verder wordt er opgemerkt dat het begrip "optimale windvang" op meerdere manieren geïnterpreteerd kan worden. Feitelijk gezien kan men spreken van optimale windvang wanneer de Molen in een open veld zou staan. In de praktijk is hiervan echter geen sprake, voor de optimale windvang wordt er daarom uitgegaan van de "oude" situatie in navolging op de molenbiotoop.

De naar in bovenstaande tekst verwezen bijlage "Molenbiotoop" stelt het volgende aangaande de hoogtebegrenzing van bebouwing:

1. *Wilhelmus Hubertus molen*

Binnen de molenbiotoop geldt ten aanzien van maximale bouwhoogten t.o.v. NAP de volgende formule:

$$H_{max} = (x/50) + 0,2 * 17,69 + 33,82$$

oftewel, $H_{max} = (x/50) + 37,36$

Bij een afstand van 100 meter van deze molen zou dus tot 39,36 meter boven NAP (ca. 5,54 m boven maaiveld) gebouwd mogen worden en op 250 meter van deze molen tot 42,36 meter boven NAP (ca. 8,54 m boven maaiveld).

De Hollandsche Molen plaatst daarbij echter de kanttekening, in het door hen gedane advies aan de Gemeente Weert rondom de ontwikkelingen in dit gebied d.d. 02-011-2021 ("2021-1079 – Molenbiotoop Beekpoort Noord"):

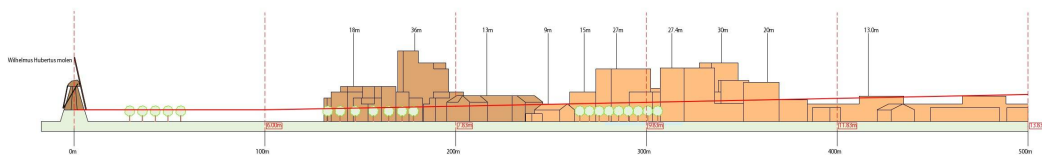
"de in de bijlage 'Molenbiotoop' opgenomen gegevens corresponderen niet met de feitelijke situatie van molen Wilhelmus-Hubertus. Hierdoor krijgt men een beperktere bouwhoogte uit de biotoopformule, dan bij toepassing van de biotoopformule op basis van de correcte gegevens."

Ten gevolge definieert zij, De Hollandsche Molen, een nieuwe formule die de maximale bouwhoogte $H(x)$ definieert ten opzichte van het maaiveld, deze is als volgt:

$$H(x) = \frac{x}{50} + 0.2 \cdot 19.15$$

waarbij een minimum van 6m (onderste punt van verticaal staande wiel) wordt gehanteerd voor $H(x)$. De hoogtebegrenzing voor de maximale bouwhoogte die hieruit volgt is weergegeven in figuur 2.2 middels een rode lijn in een zijaanzicht welke het hoogteprofiel van de huidige en geplande bebouwing weergeeft. De geplande bebouwing is hierin donkerder van kleur.

f2.2 Zijaanzicht van het molenbiotoop waarin de gedefinieerde hoogtebegrenzing is weergegeven middels een rode lijn.



Uit figuur 2.2 blijkt dat zowel een deel van de bestaande omgevingsbebouwing en begroeiing als de geplande bebouwing de maximale hoogte van de molenbiotoop overschrijden. De maximale overschrijdingshoogte ten gevolge van de beoogde nieuwbouw bedraagt ca. 30 m. De bestaande bebouwing en begroeiing overschrijdt de molenbiotoop tot ca. 20 m. Voor het verschaffen van meer duidelijkheid is figuur 2.2 is nogmaals groter weergegeven in bijlage 1.

Omdat de nieuwe bebouwing boven de in het bestemmingsplan aangegeven hoogtebeperkingen van de molenbiotoop uitsteekt, zal verder in dit rapport de invloed van de plannen op de windvang van de molen worden bepaald. Daarmee kan het bevoegd gezag de belangen van de molen versus die van de nieuwe ontwikkeling gemakkelijker tegen elkaar afwegen in het proces omtrent de vergunningsverlening.

3 Opzet windtunnelonderzoek

3.1 Schaalmodel

Ten behoeve van het windtunnelonderzoek is een 1:250 schaalmodel van de omgeving rondom de Molen vervaardigd conform de volgende gegevens:

- gegevens "Woningen Beekpoort" aangeleverd door Gemeente Weert d.d. 14-06-2022
- gegevens "Appartementen Beekpoort" aangeleverd door Gemeente Weert d.d. 13-04-2022
- gegevens "Stadsbrug locatie" aangeleverd door Jongen Projectontwikkeling d.d. 29-11-2021
- gegevens uit diverse openbare bronnen, waaronder de BGT en AHN.

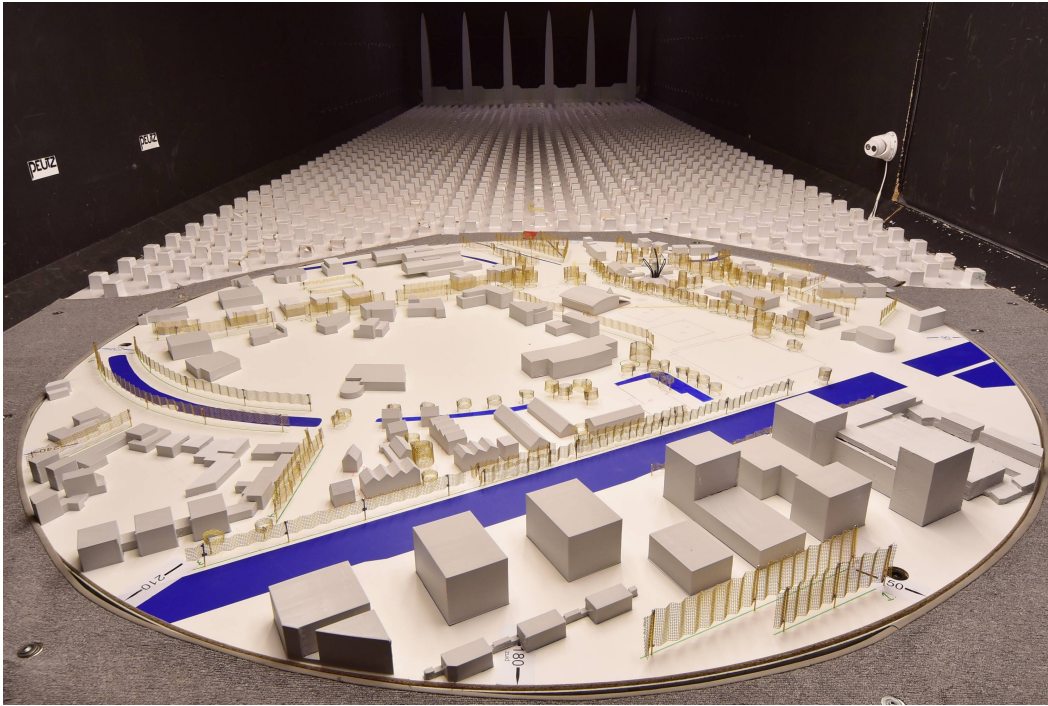
In totaal is een gebied gemodelleerd met een diameter van 575 meter. De molen is decentraal op de maquetteschijf gepositioneerd zodat de nieuwbouwplannen zuidelijk van de Molen binnen het bereik van de maquetteschijf valt.

Voor het onderzoek zijn de drie volgende bebouwingssituaties onderzocht:

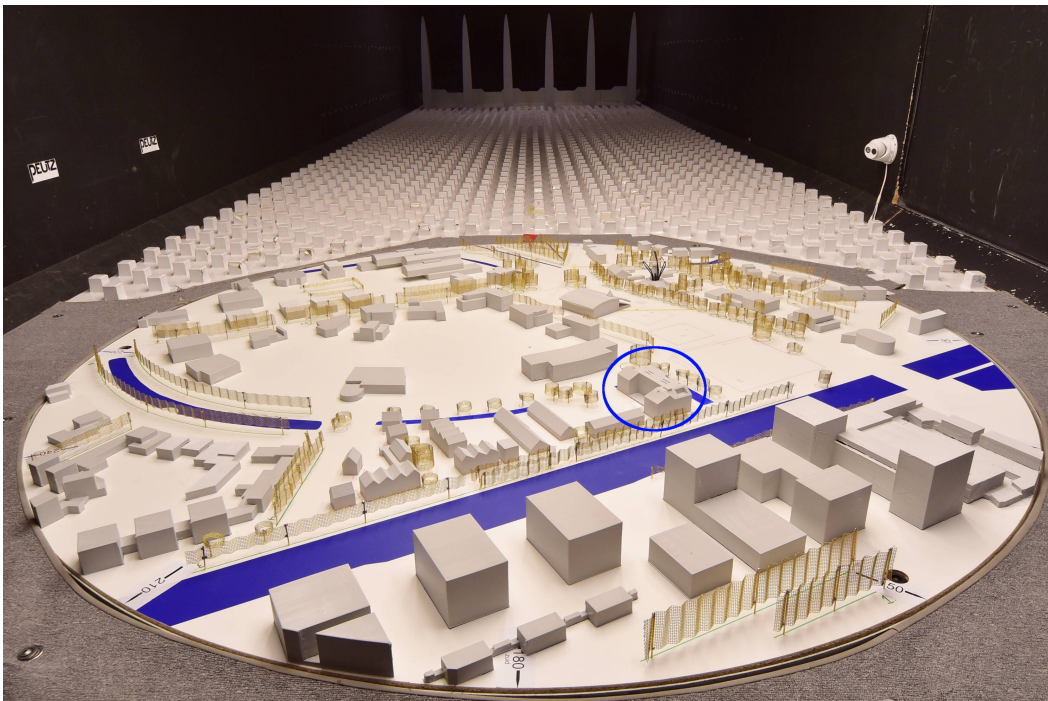
- De feitelijke situatie: bestaande bebouwing inclusief de woningen Beekpoort sinds deze inmiddels in aanbouw zijn. Het gemodelleerde gebied op de maquetteschijf is weergegeven in figuur 3.1.
- Nieuwbouwplan 1: de feitelijke situatie met de toevoeging van het appartementengebouw Beekpoort. Het gemodelleerde gebied op de maquetteschijf is weergegeven in figuur 3.2.
- Nieuwbouwplan 2: de feitelijke situatie, appartementengebouw Beekpoort en het plan Stadsbruglocatie. Het gemodelleerde gebied op de maquetteschijf is weergegeven in figuur 3.3.

De situatietekeningen van de verschillende onderzochte bebouwingssituaties zijn opgenomen in bijlage 2.

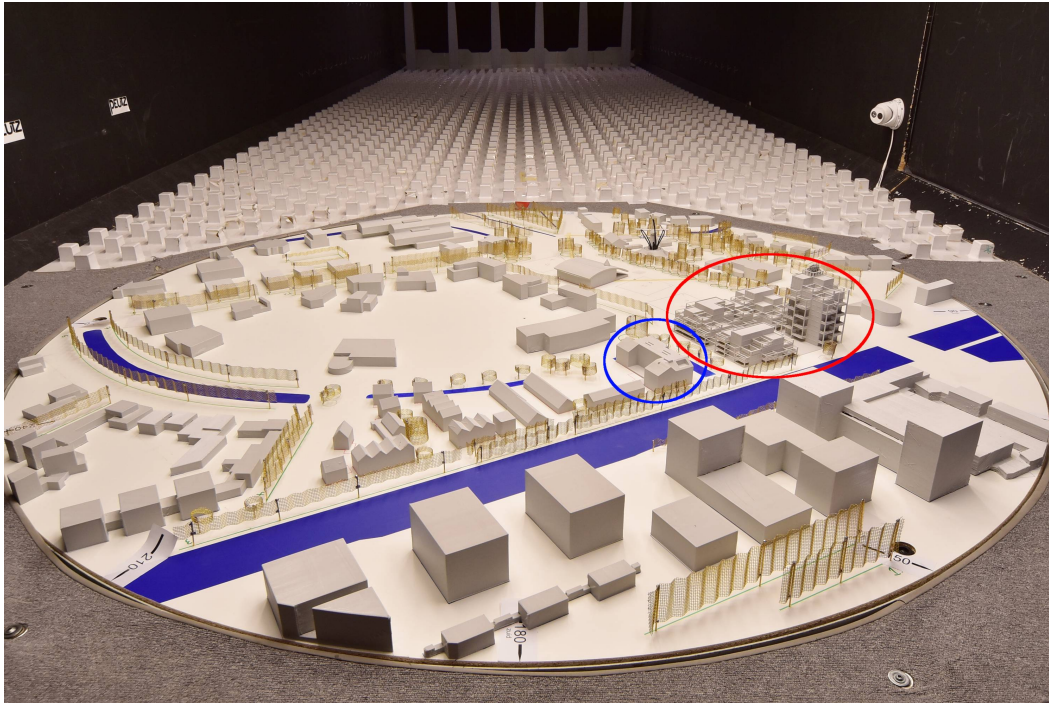
f3.1 Maquette feitelijke bebouwingssituatie



f3.2 Maquette nieuwbouwplan 1: appartementengebouw Beekpoort (blauw)



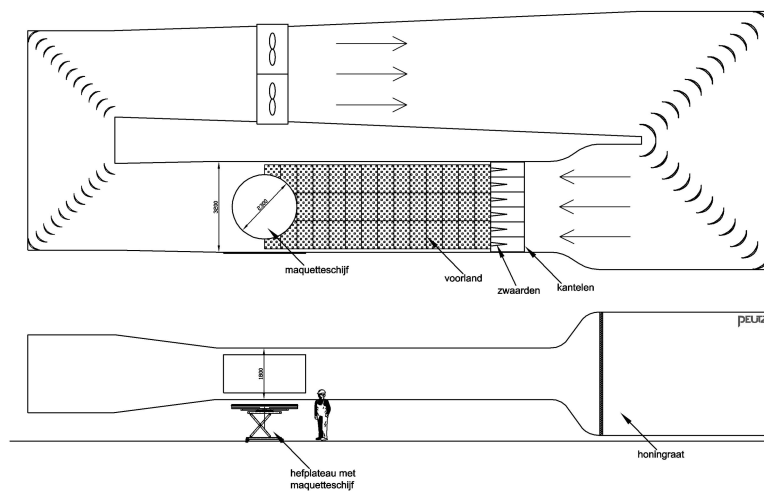
f3.3 Maquette nieuwbouwplan 2: appartementengebouw Beekpoort (blauw), plan Stadsbruglocatie (rood)



3.2 Simulatie in de windtunnel

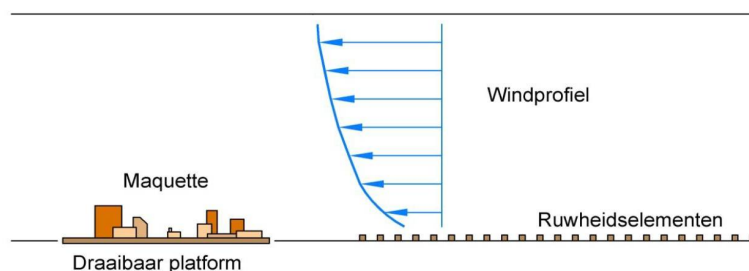
Voor het uitvoeren van windtunnelonderzoek beschikt Peutz over een eigen windtunnel. Dit betreft een gesloten grenslaagtunnel, speciaal ontworpen voor het simuleren van een atmosferische grenslaag. In figuur 3.4 is een schematische weergave van de windtunnel opgenomen.

f3.4 Schematische weergave van de gesloten grenslaagtunnel



In de windtunnel wordt de grenslaagstroming die in de praktijk (bij neutrale stabiliteit t.a.v. het temperatuurprofiel) aanwezig is, op schaal opgewekt, zodat aan de rand van het schaalmodel het juiste windprofiel (afhankelijk van de terreinruwheid) wordt gesimuleerd. Dit gebeurt middels een zogenaamd 'voorland' van regelmatig verdeelde blokjes zoals zichtbaar in figuur 3.5. Verfijning van de lokale windsituatie vindt plaats door het mee modelleren van de direct omliggende bebouwing. De meetsectie van de tunnel heeft een breedte van 3,2m en een hoogte van 1,8m. De draaischijf waarop de maquette geplaatst is heeft een diameter van 2,3m.

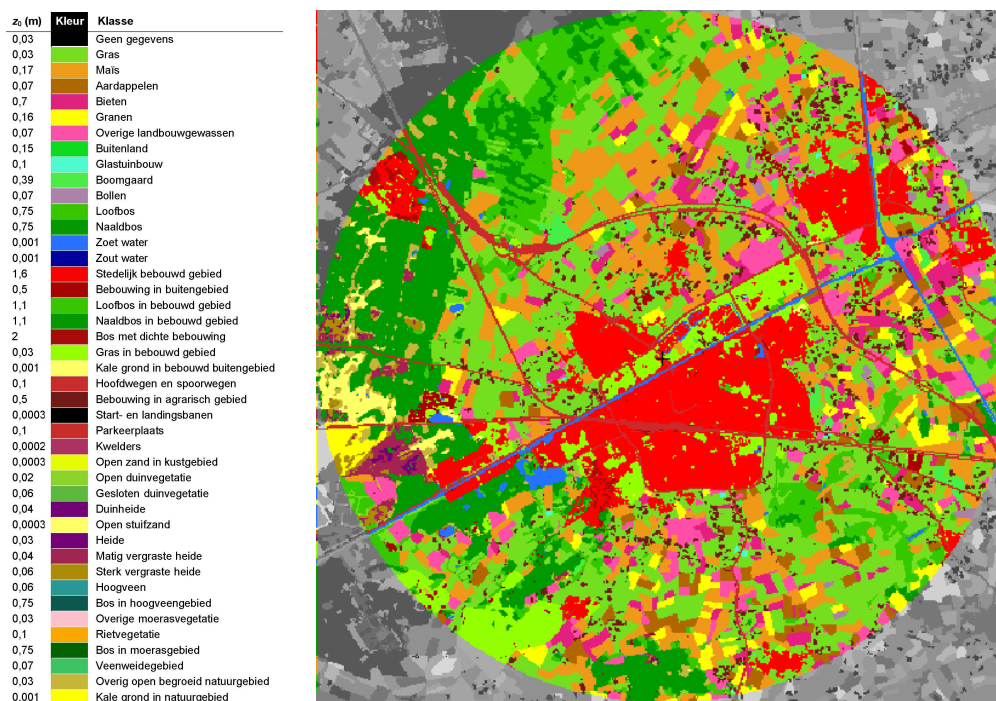
f3.5 Opwekken windprofiel in de windtunnel



3.3 Windklimaat op de locatie

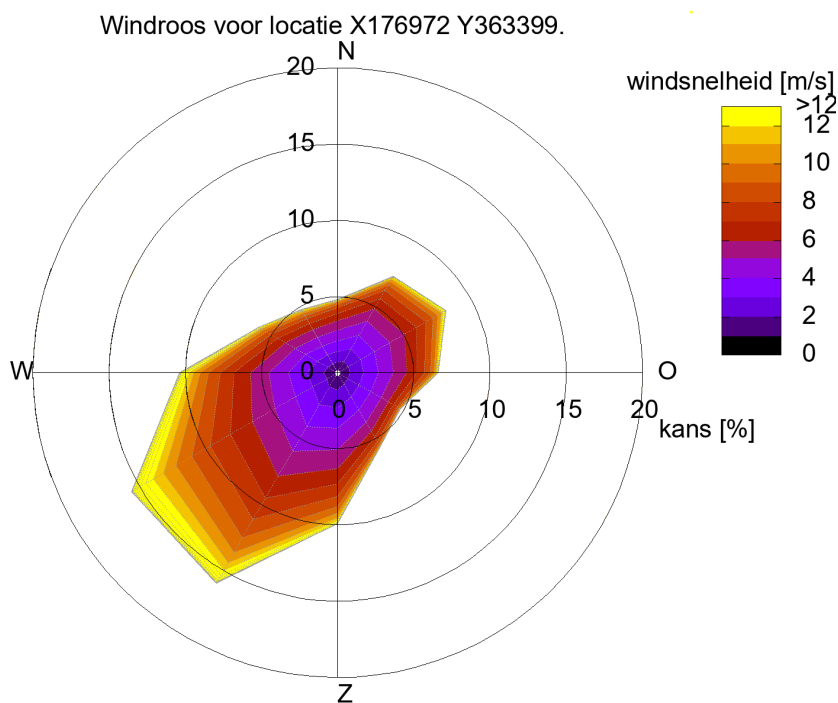
Voor beschouwingen van de windvang van de Molen wordt gebruik gemaakt van windstatistiek. Hiervoor wordt uitgegaan van de NPR 6097:2006 *Toepassing van de statistiek van de uurgemiddelde windsnelheden voor Nederland*. Met behulp van de bijbehorende software wordt voor de specifieke locatie een windstatistiek berekend op basis van meteogegevens van een groot aantal meteostations en gegevens omtrent terreinruwheden tot 6 km afstand van de molen. De terreinruwheden van het omliggende gebied worden per categorie weergegeven in figuur 3.6. De kleur geeft de terreinruwheid aan. Rood staat bijvoorbeeld voor bebouwd gebied, met een zogeheten ruwheidslengte z_0 van 1,6 meter en blauw voor water met een z_0 van 0,001 meter.

f3.6 Terreinruwheid tot 6 km afstand van de molen volgens NPR 6097 (molen is gecentreerd in de cirkel)



In figuur 3.7 wordt de windroos, gebaseerd op de middels de NPR 6097 berekende windstatistiek op 60 meter hoogte boven de molen, weergegeven. In de windroos wordt de kans op het voorkomen van wind uit een bepaalde richting aangegeven alsmede de verdeling van windsnelheden binnen de betreffende richtingen. Uit de windroos en de in tabel 3.1 opgenomen windstatistiek blijkt onder meer dat bij de molen de wind relatief vaak uit het zuidwesten komt. De bouwlocatie is gelegen in de zuidelijke windsector. Deze gegevens zijn van invloed op de beoordeling van de windaanvoer.

f3.7 Windroos locatie molen volgens NPR 6097



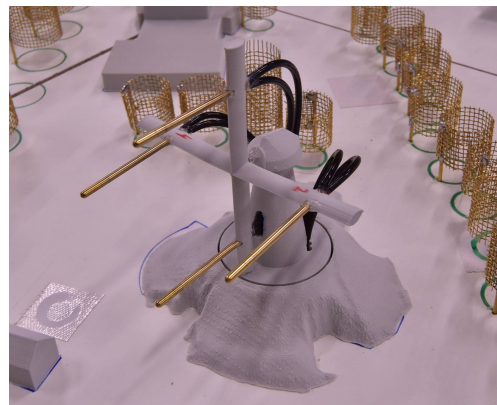
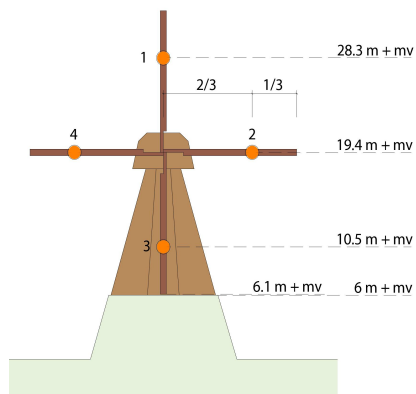
t3.1 Windstatistiek van de molenlocatie volgens NPR 6097 (60 meter hoogte)

Distributief overzicht windsnelheden 60 meter op basis van NPR 6097 in uren per jaar												totaal aantal uren: 8766.1		
Positie X176972 Y363401 Jaar 1963-2002												gemiddelde windsnelheid (m/s): 5.7		
wind snelheid	Noord 0°	30°	60°	Oost 90°	120°	150°	Zuid 180°	210°	240°	West 270°	300°	330°		
0.0 - 0.9	16.6	18.3	17.9	19.7	18.8	20.3	22.5	22.3	17.1	20.6	16.5	15.8		
1.0 - 1.9	47.0	57.7	55.6	53.4	50.3	57.6	78.1	75.3	58.0	63.0	50.6	43.9		
2.0 - 2.9	59.6	81.3	79.2	76.4	74.2	83.4	102.4	117.4	92.9	95.8	67.7	59.2		
3.0 - 3.9	63.6	91.6	93.9	85.3	77.6	89.3	117.6	144.2	112.1	104.9	78.1	61.3		
4.0 - 4.9	60.0	95.2	101.7	87.9	69.9	81.0	122.9	165.4	138.8	113.8	71.7	56.4		
5.0 - 5.9	53.0	82.3	96.9	76.9	48.9	60.5	107.1	164.8	147.8	105.8	62.6	51.6		
6.0 - 6.9	42.2	66.8	79.8	59.0	32.7	39.0	90.6	145.6	145.3	92.8	51.7	38.6		
7.0 - 7.9	32.3	54.6	60.4	43.3	23.1	26.7	71.9	139.8	133.9	77.8	43.3	30.7		
8.0 - 8.9	19.8	36.8	47.8	31.8	11.8	17.6	56.3	122.7	121.5	68.2	32.0	21.9		
9.0 - 9.9	11.4	23.3	32.5	20.8	6.1	10.0	37.9	96.0	106.8	48.8	18.9	16.6		
10.0 - 10.9	6.7	14.7	23.3	11.3	2.0	5.2	27.2	69.0	85.1	37.8	14.8	10.9		
11.0 - 11.9	4.1	9.8	13.4	7.0	0.9	2.3	15.6	50.6	66.6	26.2	8.4	6.1		
12.0 - 12.9	2.9	4.1	6.7	4.2	0.1	0.9	8.6	34.8	50.6	17.9	5.4	2.8		
13.0 - 13.9	1.5	2.1	5.3	2.0	0.3	0.3	5.4	20.3	34.0	13.7	2.4	2.1		
14.0 - 14.9	0.8	1.0	2.0	0.6	0.3	0.2	2.3	13.0	21.6	8.7	1.3	1.5		
15.0 - 15.9	0.2	0.3	0.5	0.3			1.1	7.6	15.1	5.8	0.6	0.6		
16.0 - 16.9		0.1	0.3	0.2			0.6	3.7	9.7	3.5	0.4	0.3		
17.0 - 17.9			0.1				0.7	2.0	5.4	2.3	0.2	0.2		
18.0 - 18.9							0.1	1.3	2.8	1.3	0.1	0.1		
19.0 - 19.9								0.8	1.9	1.0	0.1			
20.0 - 20.9								0.2	1.0	0.6				
21.0 - 21.9								0.1	0.6	0.2				
22.0 - 22.9								0.1	0.3	0.1				
23.0 - 23.9									0.2	0.1				
24.0 - 24.9									0.2	0.1				
25.0 - 25.9									0.2	0.1				
26.0 - 26.9										0.1				
27.0 - 27.9									0.1					
28.0 - 28.9														
29.0 - 29.9														
30.0 - 30.9														
31.0 - 31.9														
32.0 - 32.9														
33.0 - 33.9														
34.0 - 34.9														
35.0 - 35.9														
36.0 - 36.9														
37.0 - 37.9														
38.0 - 38.9														
39.0 - 39.9														
aantal uren	421.7	640.0	719.3	580.1	416.7	494.3	869.1	1397.0	1369.6	911.0	526.8	420.5		
gemiddelde snelheid	4.7	5.1	5.4	4.9	4.1	4.3	5.3	6.4	7.2	6.1	5.1	5.0		

3.4 Meetpunten en metingen

De windtunnelmetingen vinden plaats op enkele meters stroomopwaarts voor de molen. Er wordt gebruik gemaakt van pitotbuizen om de snelheid op de wieken te bepalen. De pitotbuizen worden op twee derde van de wiek Lengte vanaf de as bevestigd aan de molen. In figuur 3.8 zijn de posities van de meetpunten en de meethoogtes aangegeven, en is een detailfoto van de geïnstrumenteerde molen weergegeven.

f3.8 Overzicht meetpunten en detailfoto geïnstrumenteerde molen



De gehele maquetteschijf kan in de windtunnel op een draaiplateau in iedere gewenste windrichting worden ingesteld. Het schaalmodel van de molen is eveneens voorzien van een draaiplateau waarmee de molen met de opgebouwde pitotbuizen op de aanstromende wind wordt gericht.

Naast de 12 hoofdwindrichtingen die gedefinieerd zijn in de windstatistiek, zie tabel 3.1, zijn een extra 7 tussenliggende windrichtingen onderzocht welke corresponderen met de zuidelijk gelegen geplande ontwikkelingen ten opzichte van de Molen. Op deze manier wordt een hogere mate van nauwkeurigheid verkregen bij het analyseren van de windvang op de molen. In onderstaande tabel, tabel 3.2, zijn de onderzochte windrichtingen gedefinieerd. Elke windrichting representeert een bepaalde windsector, deze windsectoren variëren van 5° tot 30° in grootte. De windstatistiek is opgesplitst middels lineaire interpolatie om de windtunnel resultaten van de tussenliggende windrichtingen te evalueren.

t3.2 Onderzochte windrichtingen met bijbehorende windsector

Windrichting	Windsector	Sectorgrootte
0°	345° – 15°	30°
30°	15° – 45°	30°
60°	45° – 75°	30°
90°	75° – 105°	30°
120°	105° – 127,5°	22,5°
135°	127,5° – 142,5°	15°
150°	142,5° – 155°	12,5°
160°	155° – 162,5°	7,5°
165°	162,5° – 167,5°	5°
170°	167,5° – 172,5°	5°
175°	172,5° – 177,5°	5°
180°	177,5° – 185°	7,5°
190°	185° – 192,5°	7,5°
195°	192,5° – 202,5°	10°
210°	202,5° – 225°	22,5°
240°	225° – 255°	30°
270°	255° – 285°	30°
300°	285° – 315°	30°
330°	315° – 345°	30°

3.5 Analyse windvang Wilhelmus-Hubertus molen

3.5.1 Windsnelheidscoëfficiënten en jaargemiddelde windsnelheid

De gemiddelde waarden van de in de windtunnel gemeten windsnelheden worden gerelateerd aan een referentiewindsnelheid, de windsnelheid op 60 meter hoogte (op schaal) in de bebouwde situatie. Aldus ontstaan als tussenresultaat dimensieloze windsnelheidscoëfficiënten.

Per meetpositie en windrichting wordt met de vastgestelde windsnelheidscoëfficiënt en de windstatistiek, die eveneens uitgaat van 60 meter hoogte (zogenoeten mesohoogte), de jaargemiddelde windsnelheid op de meetpositie berekend. Tevens wordt de gemiddelde windsnelheid over alle windrichtingen en vervolgens van alle meetposities samen berekend.

De weging van de windstatistiek komt tot uiting door het verschil tussen de coëfficiënten en de jaargemiddelde windsnelheden. Een vergelijking van de jaargemiddelde windsnelheden voor de verschillende bebouwingssituaties geeft een beeld van de te verwachten wijziging van het windklimaat.

3.5.2 Balans windbelasting op basis van de windsnelheidsverhouding

Om inzicht te verkrijgen in het verloop van de windsnelheid over de wieken (verticaal: hoog/laag en horizontaal: links/rechts) wordt de verhouding tussen de jaargemiddelde windsnelheden op de betreffende meetpunten weergegeven. Een verslechtering van de balans, dat wil zeggen een toename boven de 1 of een afname onder de 1, kan duiden op extra slijtage van het mechaniek van de molen.

3.5.3 Turbulentie-intensiteit

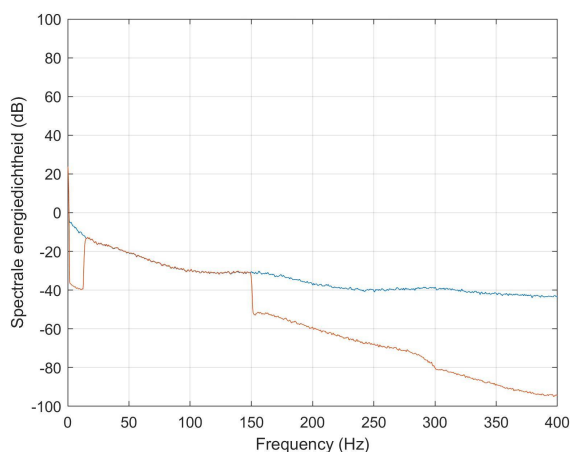
Het turbulentie niveau van de wind is mede sterk bepalend voor de bedrijfsmogelijkheden van de molen. De in de windtunnel vastgestelde turbulentie-intensiteit, I_{turb} , is maatgevend voor de fluctuaties in de optredende windsnelheid en wordt berekend door de standaarddeviatie van het tijdsignaal van de snelheid, te delen door de gemiddelde snelheid van de waarnemingen.

De meetresultaten worden qua frequentiebereik gefilterd omdat bij benadering alleen de windsnelheidswisselingen met een lengteschaal van globaal 20 tot 200 meter van invloed zijn op de molen. Volgens opgave van De Hollandsche Molen zijn molens minder gevoelig voor windsnelheidswisselingen buiten dit bereik. De frequenties voor de onder- en bovengrens van het doorlaatfilter worden bepaald met de volgende formule:

$$f = \frac{v_{meetpunt} \cdot S_{model}}{L_{vlaag}}$$

Voor de waarde van $v_{meetpunt}$ worden de in de windtunnel gemiddelde windsnelheden gemeten in een bereik van circa 8,1 tot 11,9 m/s gehanteerd. De schaalfactor van het model S_{model} is gelijk aan 250 en de karakteristieke lengte van de windvlagen L_{vlaag} is gelijk aan 20 respectievelijk 200 meter. Aldus wordt een frequentiebereik van 15 tot 150 Hz berekend. Bij de verwerking van de meetdata worden deze grenswaarden globaal gehanteerd. Een voorbeeld van het bandfilter voor dit frequentiebereik is gegeven in figuur 3.9.

f3.9 Bandfilter: 15 Hz – 150Hz



3.5.4 Theoretisch bruikbare wind

Met de gegevens over de windsnelheid en de turbulentie-intensiteit wordt aan de hand van de windstatistiek de theoretisch bruikbare wind voor de Molen bepaald. Deze theoretisch bruikbare wind wordt uitgedrukt in het aantal uur waarbij de Molen maalvaardig zou zijn, en wordt doorgaans als het eindresultaat van het onderzoek beschouwd.

Bij de bepalingsmethode voor de theoretisch bruikbare wind wordt er vanuit gegaan dat de molen in de feitelijke bebouwingssituatie kan functioneren binnen het uurgemiddelde windsnelheidsbereik van 5 tot 15 m/s op ashoogte. De feitelijke situatie wordt qua turbulentie als nulsituatie gehanteerd. De gemiddelde windsnelheidscoëfficiënt van de meetpunten ter hoogte van de vier wieken wordt als rekenwaarde c_{as} gehanteerd voor de windsnelheid op ashoogte. Op basis van deze waarde wordt aan de hand van de windstatistiek volgens de NPR 6097 per windrichting vastgesteld wat het te verwachten aantal uren is binnen het gedefinieerde draaibereik.

Voor het vaststellen van de theoretisch bruikbare wind in de nieuwbouwsituatie wordt aanvullend op bovenstaande een wijziging van de turbulentie-intensiteit ten opzichte van de feitelijke situatie verrekend in de windsnelheidscoëfficiënten zoals vastgesteld voor de vier meetposities in deze bebouwingssituaties. Voor de volledigheid wordt opgemerkt dat het niveau van de turbulentie-intensiteit alleen betrokken wordt bij de berekening van de theoretisch bruikbare wind in de nieuwbouwsituaties. Verondersteld wordt dat de molen in de feitelijke bebouwingssituatie, met de optredende turbulentie van de wind, kan functioneren in het gestelde draaibereik.

Een wijziging van de turbulentie heeft als volgt invloed op de te hanteren onder- en bovengrens van het draaibereik van de molen. Hiertoe worden eerst de met de metingen vastgestelde windsnelheidscoëfficiënten met onderstaande formules gecorrigeerd:

$$\text{Correctie ondergrens draaibereik: } c_{gepland(gecorrigeerd)} = c_{gepland} \cdot \frac{I_{turb,huidig}}{I_{turb,gepland}}$$

$$\text{Correctie bovengrens draaibereik: } c_{gepland(gecorrigeerd)} = c_{gepland} \cdot \frac{I_{turb,huidig}}{I_{turb,gepland}}$$

waarbij $c_{gepland}$ en I_{turb} respectievelijk de windsnelheidscoëfficiënt en turbulentie-intensiteit per meetpositie zijn.

Vervolgens wordt aan de hand van de (gecorrigeerde) windsnelheidscoëfficiënten bepaald welke windsnelheden in de windstatistiek, die geldig zijn op mesohoogte, corresponderen met het gestelde draaibereik op ashoogte van de molen:

$$v_{\text{statistiek}} = \frac{v_{\text{as}}}{c_{\text{as}}}$$

met $v_{\text{statistiek}}$ onder- c.q. bovengrens draaibereik op 60 m hoogte t.b.v. windstatistiek in m/s, v_{as} onder- c.q. bovengrens draaibereik op asniveau (respectievelijk 5 en 15 m/s) en c_{as} de windsnelheidscoëfficiënt op asniveau, al dan niet gecorrigeerd.

Na vaststelling van het corresponderende windsnelheidsbereik op 60 meter hoogte wordt met de windstatistiek het aantal uren bepaald dat de windsnelheid binnen het betreffende windsnelheidsbereik te verwachten is.

Bij deze wijze van berekenen wordt een toename van de turbulentie-intensiteit als gevolg van de geplande bebouwing in het draaibereik verdisconteerd door de ondergrens te verhogen en de bovengrens te verlagen. Een wijziging van het turbulentieniveau telt hierdoor dubbel bij de bepaling van het draaibereik (draaibereik wordt kleiner). Bij een toe- of afname van de windsnelheid na realisatie van de geplande bebouwing verlaagt cq. verhoogt het gehele corresponderende draaibereik. De verschillende optredende effecten en het effect op de berekening van de theoretisch bruikbare wind zijn opgenomen in tabel 3.3.

t3.3 Effect wijziging snelheid en turbulentie op de theoretisch bruikbare wind

Meting in windtunnel	Ondergrens statistiek	Bovengrens statistiek	Effect op theoretisch bruikbare wind
afname windsnelheid	hoger	hoger	overwegend negatief
toename windsnelheid	lager	lager	overwegend positief
afname turbulentie	lager	hoger	positief
toename turbulentie	hoger	lager	negatief

Bovenstaande methode voor het bepalen van de theoretisch bruikbare wind is niet vastgelegd in een norm of standaard, maar is in het verleden tot stand gekomen door samenwerking tussen De Hollandsche Molen en Peutz. Hierbij wordt opgemerkt dat de methode kan leiden tot een overschatting van het effect van het nieuwbouwplan op de theoretisch bruikbare wind van de Molen, vanwege de wijze waarop de verandering van de turbulentie-intensiteit dubbel in rekening wordt gebracht.

4 Resultaten en discussie

4.1 Windsnelheidscoëfficiënten

In onderstaande tabel, tabel 4.1, zijn de vastgestelde windsnelheidscoëfficiënten voor alle onderzochte windrichtingen en meetposities weergegeven. De oranje en groen gemarkeerde windrichtingen in de tabel indexeren een directe afscherming van de Molen, op basis van de zichtlijn, door respectievelijk het appartementengebouw Beekpoort en de Stadsbruglocatie.

In figuur 4.1 zijn de gemiddelde waarden over de 4 meetpunten van de drie geteste varianten weergegeven. De waarden per meetpunt zijn omwille van de overzichtelijkheid niet in de grafiek opgenomen en derhalve ook niet gemarkeerd in de tabel. De achtergrond van de grafiek is voor de betreffende windrichtingen met dezelfde kleuren, als in tabel 4.1, gemarkeerd als het aankomt op directe afscherming van de molen op basis van de zichtlijn.

De windsnelheidscoëfficiënten geven een beeld van de windsnelheden bij verschillende windrichtingen zonder de weging van de windstatistiek. Dat wil zeggen dat de optredende windsnelheidsverschillen bij de verschillende windrichtingen alleen bepaald worden door de in het schaalmodel aanwezige bebouwing.

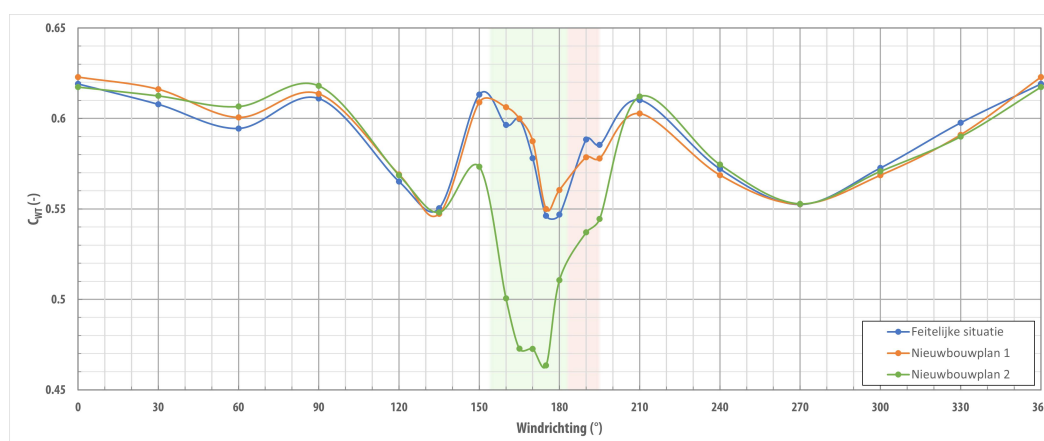
t4.1 Windsnelheidscoëfficiënten per meetpunt (met correcties d.d. februari 2023)

Windrichting	Feitelijke situatie					Nieuwbouwplan 1					Nieuwbouwplan 2				
	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld
0°	0,75	0,64	0,43	0,66	0,62	0,75	0,64	0,43	0,66	0,62	0,75	0,64	0,43	0,66	0,62
30°	0,74	0,62	0,41	0,66	0,61	0,75	0,63	0,42	0,67	0,62	0,74	0,63	0,42	0,66	0,61
60°	0,74	0,64	0,36	0,64	0,59	0,74	0,65	0,37	0,65	0,60	0,75	0,65	0,37	0,65	0,61
90°	0,75	0,64	0,41	0,64	0,61	0,75	0,65	0,41	0,64	0,61	0,76	0,66	0,41	0,64	0,62
120°	0,72	0,56	0,37	0,61	0,57	0,72	0,56	0,38	0,62	0,57	0,72	0,56	0,38	0,62	0,57
135°	0,74	0,63	0,18	0,65	0,55	0,74	0,62	0,18	0,65	0,55	0,73	0,63	0,19	0,64	0,55
150°	0,75	0,66	0,41	0,64	0,61	0,75	0,65	0,40	0,64	0,61	0,72	0,63	0,37	0,58	0,57
160°	0,72	0,62	0,41	0,63	0,60	0,74	0,63	0,41	0,64	0,61	0,60	0,55	0,36	0,49	0,50
165°	0,72	0,62	0,41	0,64	0,60	0,73	0,62	0,41	0,64	0,60	0,60	0,50	0,32	0,47	0,47
170°	0,69	0,61	0,41	0,60	0,58	0,70	0,62	0,41	0,61	0,59	0,60	0,48	0,31	0,50	0,47
175°	0,65	0,58	0,38	0,58	0,55	0,66	0,58	0,38	0,58	0,55	0,58	0,46	0,32	0,50	0,46
180°	0,66	0,57	0,37	0,58	0,55	0,68	0,59	0,38	0,60	0,56	0,63	0,51	0,36	0,55	0,51
190°	0,72	0,63	0,38	0,62	0,59	0,71	0,62	0,37	0,61	0,58	0,67	0,58	0,33	0,56	0,54
195°	0,72	0,62	0,38	0,62	0,59	0,71	0,61	0,38	0,62	0,58	0,68	0,56	0,35	0,59	0,54
210°	0,72	0,62	0,45	0,65	0,61	0,72	0,61	0,44	0,64	0,60	0,72	0,62	0,46	0,65	0,61
240°	0,73	0,62	0,33	0,60	0,57	0,73	0,61	0,33	0,60	0,57	0,73	0,62	0,34	0,61	0,57
270°	0,68	0,54	0,38	0,61	0,55	0,69	0,54	0,38	0,61	0,55	0,69	0,55	0,37	0,61	0,55
300°	0,71	0,61	0,39	0,58	0,57	0,70	0,60	0,38	0,58	0,57	0,70	0,61	0,39	0,58	0,57
330°	0,73	0,63	0,41	0,62	0,60	0,72	0,62	0,41	0,62	0,59	0,72	0,62	0,41	0,61	0,59
Gemiddeld	0,72	0,61	0,38	0,62	0,58	0,72	0,61	0,38	0,62	0,59	0,69	0,58	0,36	0,59	0,56
Gemiddeld correctie	0,72	0,61	0,39	0,63	0,59	0,73	0,61	0,38	0,63	0,59	0,72	0,61	0,38	0,61	0,58

Wanneer de windsnelheidscoëfficiënten van de feitelijke bebouwingssituatie worden beschouwd in figuur 4.1 (blauwe lijn in de grafiek), vindt men een grillig verloop van de windsnelheidscoëfficiënten voor de windrichtingen van 135° tot 210°. Dit is een gevolg van de meerdere windrichtingen die zijn getest binnen dit bereik. Tevens toont de grafiek pieken en dalen van de windsnelheidscoëfficiënt als gevolg van de bestaande bebouwing in de

molenbiotoop. Door afbuiging volgt de wind niet altijd de zichtlijn tussen de bebouwing en de molen waardoor de optredende windsnelheidsverschillen qua windrichtingen niet exact overeenkomen met de ligging van de bebouwing zoals aangegeven in de situatietekeningen in bijlage 2.

f4.1 Gemiddelde windsnelheidscoëfficiënt over 4 meetpunten



Het in figuur 4.1 vergelijken van nieuwbouwplan 1, realisatie van appartementen-gebouw Beekpoort (oranje lijn in de grafiek), met de feitelijke bebouwingssituatie, toont aan dat er geen significante verschillen tussen de windsnelheidscoëfficiënten waarneembaar zijn. De verschillen lopen op tot ca. 2% en vallen daarmee binnen de onnauwkeurigheid van de meting.

Een overduidelijke reductie van de windsnelheidscoëfficiënten wordt waargenomen wanneer nieuwbouwplan 2, realisatie van appartementen-gebouw Beekpoort en plan Stadsbruglocatie (groene lijn in de grafiek), wordt vergeleken met de feitelijke bebouwingssituatie. Hierbij loopt de afname van de gemiddelde windsnelheid op tot 21% voor de windrichting van 165°. Kijkende naar het gemiddelde over alle windrichtingen vindt men een reductie van de windsnelheid op de wieden van **5% 1,6%**.

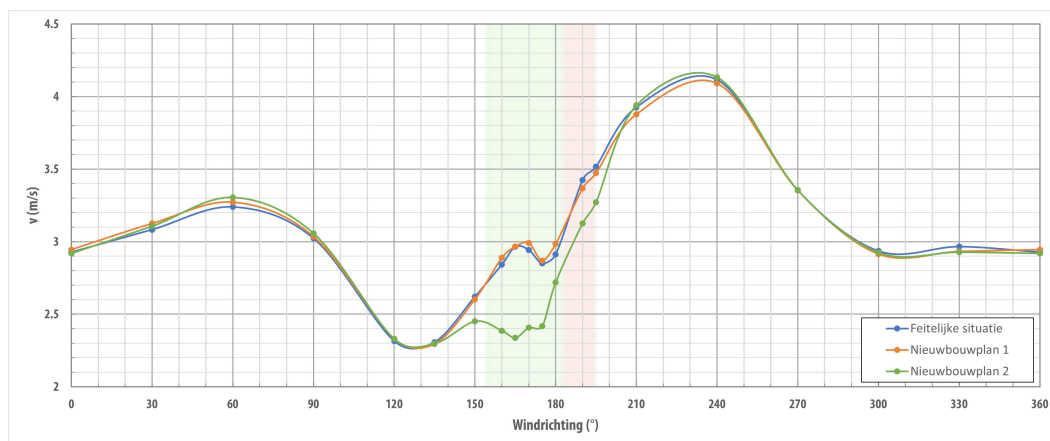
4.2 Jaargemiddelde windsnelheid

Voor het bepalen van de totale jaargemiddelde windsnelheid heeft een weging plaatsgevonden naar rato van het aantal keren dat wind uit de betreffende windrichtingen in werkelijkheid voorkomt. In tabel 4.2 is voor alle onderzochte windrichtingen en meetposities de jaargemiddelde windsnelheid weergegeven. In figuur 4.2 zijn de jaargemiddelde windsnelheden gemiddeld over de 4 meetposities van de drie geteste varianten weergegeven. In deze grafiek is het effect van de windstatistiek zichtbaar door de hogere windsnelheden bij zuidelijke tot westelijke windrichtingen.

t4.2 Jaargemiddelde windsnelheid per meetpunt in m/s (met correcties d.d. februari 2023)

Windrichting	Feitelijke situatie					Nieuwbouwplan 1					Nieuwbouwplan 2				
	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld
0°	3,53	3,03	2,03	3,12	2,93	3,55	3,05	2,04	3,14	2,94	3,53	3,01	2,02	3,12	2,92
30°	3,77	3,14	2,08	3,35	3,08	3,81	3,19	2,11	3,38	3,12	3,78	3,20	2,11	3,34	3,11
60°	4,01	3,47	1,98	3,50	3,24	4,05	3,52	1,99	3,52	3,27	4,09	3,56	2,02	3,56	3,30
90°	3,70	3,18	2,04	3,16	3,02	3,72	3,20	2,04	3,17	3,04	3,75	3,26	2,04	3,18	3,06
120°	2,93	2,30	1,53	2,49	2,31	2,95	2,30	1,54	2,52	2,33	2,94	2,30	1,55	2,52	2,33
135°	3,10	2,63	0,77	2,72	2,31	3,08	2,61	0,76	2,72	2,29	3,07	2,63	0,79	2,70	2,30
150°	3,21	2,80	1,73	2,73	2,62	3,19	2,78	1,72	2,72	2,60	3,07	2,68	1,56	2,48	2,45
160°	3,44	2,97	1,94	3,01	2,84	3,52	3,02	1,95	3,06	2,89	2,87	2,62	1,70	2,34	2,39
165°	3,57	3,09	2,05	3,15	2,96	3,59	3,09	2,03	3,15	2,97	2,96	2,46	1,59	2,34	2,34
170°	3,50	3,13	2,07	3,07	2,94	3,58	3,16	2,09	3,13	2,99	3,07	2,43	1,60	2,52	2,41
175°	3,40	3,03	1,96	3,00	2,85	3,43	3,03	1,98	3,04	2,87	3,02	2,39	1,65	2,61	2,42
180°	3,52	3,05	1,98	3,10	2,91	3,60	3,12	2,03	3,18	2,98	3,35	2,73	1,89	2,90	2,72
190°	4,22	3,67	2,21	3,60	3,42	4,13	3,62	2,18	3,53	3,37	3,92	3,37	1,93	3,28	3,13
195°	4,32	3,73	2,27	3,75	3,52	4,25	3,67	2,26	3,71	3,47	4,07	3,35	2,09	3,57	3,27
210°	4,65	4,02	2,87	4,17	3,93	4,60	3,94	2,83	4,14	3,88	4,62	4,01	2,93	4,19	3,94
240°	5,27	4,45	2,41	4,34	4,12	5,24	4,38	2,40	4,35	4,09	5,28	4,47	2,41	4,36	4,13
270°	4,13	3,27	2,31	3,71	3,35	4,16	3,30	2,28	3,68	3,35	4,18	3,35	2,22	3,67	3,36
300°	3,63	3,14	2,00	2,98	2,93	3,61	3,10	1,97	2,98	2,91	3,60	3,12	2,02	2,97	2,93
330°	3,61	3,11	2,05	3,09	2,97	3,58	3,06	2,02	3,07	2,93	3,56	3,06	2,03	3,05	2,93
Gemiddeld	3,76	3,22	2,01	3,27	3,07	3,77	3,22	2,01	3,27	3,07	3,62	3,05	1,90	3,09	2,92
Gemiddeld correctie	3,85	3,27	2,05	3,33	3,12	3,86	3,26	2,04	3,33	3,12	3,80	3,22	2,01	3,27	3,08

f4.2 Jaargemiddelde windsnelheid, gemiddeld over de 4 meetpunten



De totale jaargemiddelde windsnelheid bij de molen bedraagt in de feitelijke bebouwingssituatie **3,07 3,12** m/s. Overeenkomstig met de bevindingen in paragraaf 4.1 aangaande de windsnelheidscoëfficiënten is er geen significant verschil in de jaargemiddelde windsnelheden tussen de feitelijke bebouwingssituatie en nieuwbouwplan 1, deze verschillen vallen binnen de meet onnauwkeurigheid.

Een duidelijke afname van de jaargemiddelde windsnelheid wordt gevonden voor de windrichtingen van 150° tot en met 195° bij realisatie van appartementen-gebouw Beekpoort en het plan op de Stadsbruglocatie. Aangezien deze windrichtingen niet volledig de dominante windrichtingen betreffen, zuidelijke tot westelijke wind, blijft de reductie van de jaargemiddelde windsnelheid over alle windrichtingen enigszins beperkt met een afname van **0,15 0,046** m/s (**4,9% 1,5%**).

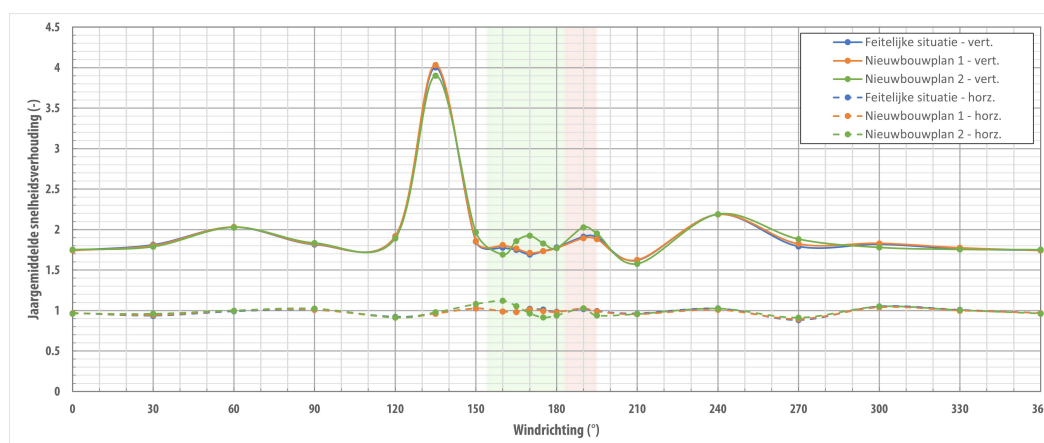
4.3 Balans windbelasting

De windbelasting op de wieken is idealiter zo gelijk mogelijk. De wieken in hoge positie vangen uiteraard meer wind dan in een lagere positie. In figuur 4.3 en tabel 4.3 zijn de windsnelheidsverhoudingen weergegeven tussen de wieken in een verticale lijn (meetpunt 1 versus 3) en in een horizontale lijn (meetpunt 2 versus 4).

t4.3 Balans windbelasting, horizontaal en verticaal (met correcties d.d. februari 2023)

Windrichting	Horizontaal			Verticaal		
	Feitelijke situatie	Nieuwbouwplan 1	Nieuwbouwplan 2	Feitelijke situatie	Nieuwbouwplan 1	Nieuwbouwplan 2
0°	0,97	0,97	0,96	1,74	1,74	1,75
30°	0,94	0,94	0,96	1,81	1,80	1,79
60°	0,99	1,00	1,00	2,03	2,03	2,03
90°	1,01	1,01	1,02	1,82	1,82	1,83
120°	0,92	0,91	0,91	1,92	1,92	1,89
135°	0,97	0,96	0,98	4,00	4,03	3,90
150°	1,03	1,03	1,08	1,85	1,86	1,97
160°	0,99	0,99	1,12	1,78	1,81	1,69
165°	0,98	0,98	1,05	1,75	1,77	1,86
170°	1,02	1,01	0,97	1,69	1,71	1,92
175°	1,01	1,00	0,91	1,73	1,73	1,83
180°	0,98	0,98	0,94	1,78	1,77	1,77
190°	1,02	1,03	1,03	1,91	1,90	2,03
195°	0,99	0,99	0,94	1,91	1,88	1,95
210°	0,96	0,95	0,96	1,62	1,63	1,58
240°	1,03	1,01	1,02	2,19	2,19	2,19
270°	0,88	0,89	0,91	1,79	1,82	1,88
300°	1,05	1,04	1,05	1,82	1,83	1,78
330°	1,01	1,00	1,00	1,76	1,78	1,75
Gemiddeld	0,99	0,98	0,99	1,94	1,95	1,97
Gemiddeld correctie	0,98	0,98	0,99	1,94	1,94	1,94

f4.3 Balans windbelasting



Figuur 4.3 laat zien dat er in de feitelijke bebouwings situatie voor alle windrichtingen vrijwel geen onbalans ervaren wordt door het wiekenkruis in horizontale richting, afgezien van windrichting 270° waar een windsnelheidsbalans van 0,88 wordt gevonden. In tegenstelling tot de horizontale richting wordt er in de verticale richting wel een windsnelheidsbalans gevonden. Hierbij ervaart het bovenste gedeelte van het wiekenkruis (boven de as), een windsnelheid die een factor ca. 1,8 groter is dan de windsnelheid op het onderste gedeelte

van het wiekenkruis (onder de as). Een opvallende waarden is de verticale onbalans die wordt gevonden voor de windrichting van 135°, met een windsnelheidsbalans van 4,00. Deze onbalans is een gevolg van de gebouwen die gelegen zijn tussen de Eindhovenseweg en de Noordkade, welke een obstructie vormen voor de vrije wind aanstroom van wind op het onderste gedeelte van het wiekenkruis.

De realisatie van het appartementengebouw Beekpoort heeft geen verder effect op de windsnelheidsbalans die door de wieken wordt ervaren ten opzichte van de feitelijke bebouwingssituatie, zowel in horizontale als verticale richting.

De realisatie van het plan op de Stadsbruglocatie introduceert voor de windrichtingen van 150° tot en met 195° een verslechtering van de windsnelheidsbalans in horizontale richting van zo'n 5% tot 13% ten opzichte van de feitelijke situatie. De windsnelheidsbalans in de verticale richting verandert voor deze windrichtingen meestal negatief, oplopend tot 14%, maar soms ook positief, met 5%, afhankelijk van de windrichting. ~~De gemiddelde horizontale windsnelheidsbalans over alle windrichtingen verandert niet. De gemiddelde verticale windsnelheidsbalans neemt in beperkte mate toe van 1,94 tot 1,97. De gemiddelde windsnelheidsbalans, in horizontale en verticale richting, over alle windrichtingen verandert niet significant.~~

4.4 Turbulentie-intensiteit

De turbulentie-intensiteit is specifiek vastgesteld voor vlaaglengten van globaal 20 tot 200 meter in werkelijkheid. Doordat de turbulentie-intensiteit alleen betrekking heeft op een deel van het totale frequentiespectrum zijn de absolute waarden relatief laag. In tabel 4.4 is voor alle onderzochte windrichtingen en meetposities de turbulentie-intensiteit weergegeven. In figuur 4.4 is de turbulentie-intensiteit gemiddeld over de 4 meetposities van de drie geteste varianten weergegeven.

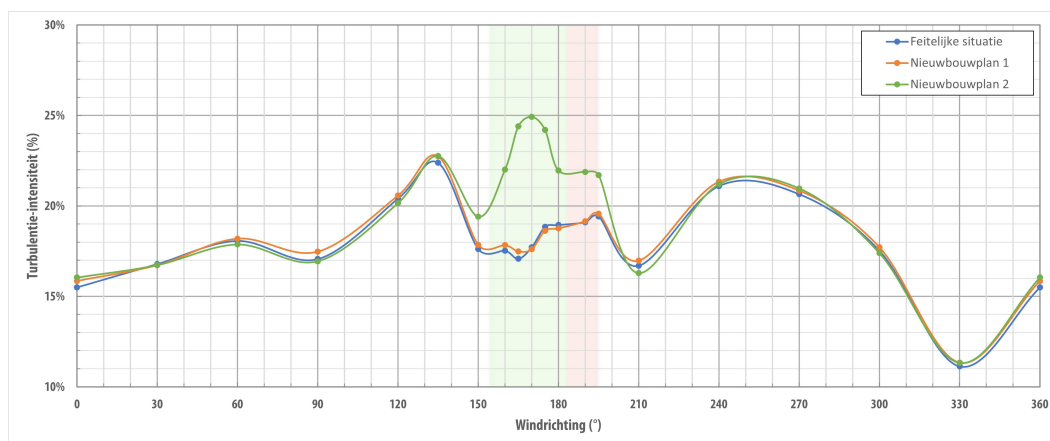
t4.4 Turbulentie-intensiteit bij vlaaglengten 20 - 200 m, per meetpositie (met correcties d.d. februari 2023)

Windrichting	Feitelijke situatie					Nieuwbouwplan 1					Nieuwbouwplan 2				
	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld	Meetpunt 1	Meetpunt 2	Meetpunt 3	Meetpunt 4	Gemiddeld
0°	10%	14%	24%	13%	15%	11%	15%	25%	13%	16%	11%	15%	25%	13%	16%
30°	11%	17%	26%	13%	17%	11%	16%	26%	13%	17%	11%	16%	26%	14%	17%
60°	11%	14%	34%	14%	18%	11%	14%	33%	14%	18%	11%	14%	33%	14%	18%
90°	11%	14%	29%	15%	17%	11%	15%	29%	15%	17%	11%	14%	28%	15%	17%
120°	13%	20%	33%	16%	20%	13%	20%	33%	16%	21%	13%	20%	32%	16%	20%
135°	11%	14%	51%	13%	22%	11%	15%	52%	13%	23%	11%	14%	52%	13%	23%
150°	10%	13%	32%	15%	18%	11%	14%	33%	15%	18%	12%	15%	34%	17%	19%
160°	12%	15%	30%	14%	18%	11%	15%	31%	14%	18%	17%	18%	31%	22%	22%
165°	12%	15%	28%	14%	17%	12%	15%	29%	14%	17%	19%	21%	32%	24%	24%
170°	13%	15%	28%	14%	18%	13%	15%	28%	14%	18%	20%	25%	33%	22%	25%
175°	14%	16%	30%	15%	19%	14%	16%	30%	15%	19%	19%	25%	33%	20%	24%
180°	14%	16%	31%	15%	19%	14%	16%	30%	15%	19%	16%	21%	33%	18%	22%
190°	12%	15%	34%	15%	19%	13%	15%	34%	15%	19%	14%	17%	38%	18%	22%
195°	12%	15%	35%	15%	19%	13%	16%	35%	15%	20%	15%	18%	37%	17%	22%
210°	12%	15%	27%	13%	17%	12%	15%	28%	13%	17%	12%	15%	26%	13%	16%
240°	12%	16%	40%	16%	21%	12%	17%	40%	16%	21%	12%	16%	41%	16%	21%
270°	14%	21%	31%	16%	21%	14%	21%	32%	17%	21%	14%	20%	33%	16%	21%
300°	12%	15%	27%	17%	18%	12%	15%	27%	16%	18%	12%	15%	26%	17%	17%
330°	8%	10%	17%	10%	11%	8%	10%	17%	10%	11%	8%	10%	17%	10%	11%
Gemiddeld	12%	15%	31%	14%	18%	12%	15%	31%	14%	18%	14%	17%	32%	17%	20%
Gemiddeld correctie	11%	15%	30%	14%	18%	11%	16%	31%	14%	18%	12%	16%	31%	15%	18%

De mate waarin de verandering van de turbulentie-intensiteit zich verhoudt tot de verandering van de windsnelheidscoëfficiënt is bijna omgekeerd evenredig, dat wil zeggen dat waar de windsnelheid afneemt een toename van de turbulentie te zien is. De realisatie van het appartementengebouw Beekpoort zal dan ook niet leiden tot significante verschillen van de turbulentie-intensiteit ten opzichte van de feitelijke bebouwingssituatie, zoals zichtbaar is in figuur 4.4.

Een toename van de turbulentie-intensiteit wordt gevonden wanneer ook het plan op de Stadsbruglocatie wordt gerealiseerd. Waar de turbulentie-intensiteit in de feitelijke bebouwingssituatie voor de windrichtingen 165°, 170° en 175° gelijk was aan respectievelijk 17%, 18% en 19%, is deze bij realisatie van het plan gelijk aan respectievelijk 24%, 25% en 24%. Hier betreft het dus een maximale toename van 43%. De totale gemiddelde turbulentie-intensiteit over het gehele draaibereik van de molen **verandert van 18% in 20% blijft 18% ten opzichte van de feitelijke situatie.**

f4.4 Turbulentie-intensiteit bij vlaglengten van 20 tot 200 m; gemiddelde over de 4 meetposities



4.5 Theoretisch bruikbare wind

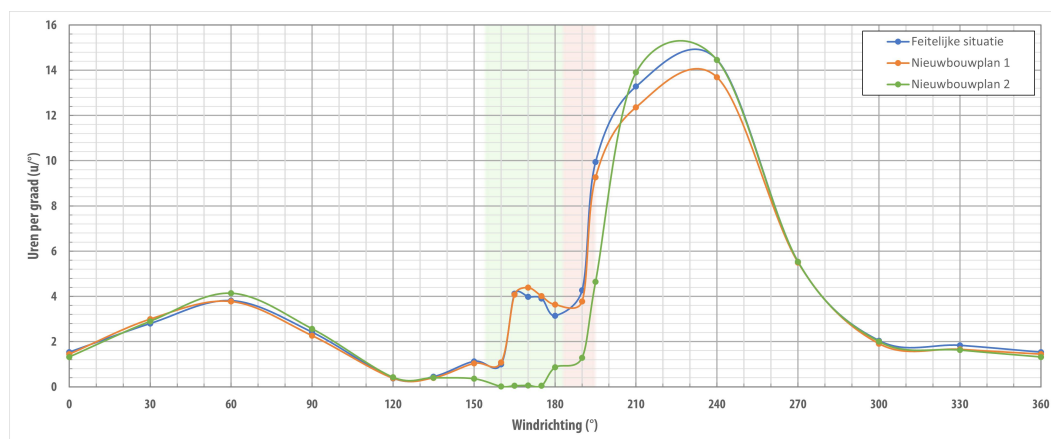
Op basis van de vastgestelde windsnelheden en de wijzigingen van de turbulentie-intensiteit is de theoretisch bruikbare wind vastgesteld. Er wordt vanuit gegaan dat de molen in de feitelijke bebouwingssituatie een draaibereik heeft van 5 tot 15 m/s op ashoogte. Aan de hand van de gegevens van de windstatistiek volgens de NPR 6097 is bepaald hoeveel uren per jaar de wind statistisch binnen het betreffende windsnelheidsbereik op zal treden. De sectorgrootte is vanzelfsprekend ook sterk bepalend voor de theoretisch bruikbare wind, de grootte van de sectoren verschilt per windrichting van minimaal 5° tot maximaal 30°. De theoretisch bruikbare wind wordt in tabel 4.5 zowel in uren per sector weergegeven als in uren per graad (u/°). Het laatste is onafhankelijk van de sectorgrootte wat de resultaten onderling vergelijkbaar maakt. In figuur 4.5 is de theoretisch bruikbare wind per graad weergegeven.

Aangezien gebruik gemaakt wordt van statistische meteogegevens, zonder uitsplitsing tussen dag en nacht of verschillende seizoenen, betreft het theoretisch mogelijke uren die sterk kunnen afwijken van de werkelijke bruikbare wind. Tevens wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de beschikbaarheid van een molenaar.

t4.5 Theoretisch bruikbare wind per sector en per graad

Windrichting	Sectorgrootte	Feitelijke situatie		Nieuwbouwplan 1				Nieuwbouwplan 2			
		Uren cumulatief (u)	Uren per graad (u/°)	Uren cumulatief (u)	Verschil	Uren per graad (u/°)	Verschil	Uren cumulatief (u)	Verschil	Uren per graad (u/°)	Verschil
0°	30°	46	1.5	43	-3	1.4	-0.1	40	-6	1.3	-0.2
30°	30°	84	2.8	90	6	3.0	0.2	87	3	2.9	0.1
60°	30°	114	3.8	113	-1	3.8	0.0	124	10	4.1	0.3
90°	30°	72	2.4	68	-5	2.3	-0.2	77	5	2.6	0.2
120°	22.5°	8	0.4	9	0	0.4	0.0	9	1	0.4	0.0
135°	15°	7	0.4	6	-1	0.4	-0.1	6	-1	0.4	-0.1
150°	12.5°	14	1.1	13	-1	1.0	-0.1	4	-10	0.4	-0.8
160°	7.5°	7	1.0	8	1	1.1	0.1	0	-7	0.0	-1.0
165°	5°	14	2.8	13	-1	2.6	-0.2	0	-14	0.0	-2.8
170°	5°	20	4.0	22	2	4.4	0.4	0	-20	0.1	-3.9
175°	5°	16	3.1	17	2	3.4	0.3	1	-15	0.1	-3.0
180°	7.5°	24	3.1	27	4	3.6	0.5	6	-17	0.9	-2.3
190°	7.5°	32	4.3	28	-4	3.8	-0.5	10	-22	1.3	-3.0
195°	10°	99	9.9	93	-7	9.3	-0.7	47	-53	4.7	-5.3
210°	22.5°	299	13.3	278	-21	12.4	-0.9	313	14	13.9	0.6
240°	30°	434	14.5	411	-23	13.7	-0.8	434	0	14.5	0.0
270°	30°	166	5.5	165	-1	5.5	0.0	166	0	5.5	0.0
300°	30°	61	2.0	57	-4	1.9	-0.1	60	-1	2.0	0.0
330°	30°	55	1.8	50	-5	1.7	-0.2	49	-6	1.6	-0.2
Totaal, procentueel		1572		1510	-3.9%			1432	-8.9%		

f4.5 Theoretisch bruikbare wind genormeerd naar uren per graad



Het totaal van theoretisch bruikbare wind per jaar, een sommatie van het aantal uren per sector, is voor de feitelijke bebouwingssituatie vastgesteld op 1572 uur, hetgeen overeenkomt met bijna een vijfde van de tijd op jaarbasis. In de grafische weergave is te zien dat een groot deel (ca. 57%) hiervan wordt bepaald door wind uit het zuidwest tot westen.

Realisatie van het appartementengebouw Beekpoort zal, afhankelijk van de windrichting, leiden tot een verhoging of verlaging van de theoretisch bruikbare wind per graad. Voor de dominante windrichtingen 210° en 240° vindt men een reductie van de bruikbare wind per graad. Het is met name deze reductie die ertoe leidt dat het totaal van theoretisch bruikbare wind per jaar verlaagt naar 1510 uur per jaar. Daarmee daalt de theoretisch bruikbare wind in deze bestemmingsplansituatie met 4% ten opzichte van de feitelijke bebouwingssituatie.

Het totaal van theoretisch bruikbare wind per jaar doet verder afnemen wanneer, naast de realisatie van het appartementengebouw Beekpoort, ook het plan op de Stadsbruglocatie wordt gerealiseerd. In deze situatie daalt de theoretisch bruikbare wind per jaar, ten opzichte van de feitelijke situatie, met 9% naar 1432 uur. Voor de windrichtingen van 160°, 165°, 170° en 175° wordt vastgesteld dat er geen bruikbare wind mogelijk zijn. In de praktijk kan het verschil kleiner zijn doordat in de feitelijke bebouwingssituatie bij deze betreffende windrichtingen, met name voor 160°, de theoretisch bruikbare wind al beperkt was, waardoor de werkelijke bedrijfsmogelijkheden bij deze windrichting ook al minimaal zullen zijn. Voor de draaicapaciteit van de molen zijn vooral de windrichtingen zuidwest tot west (210° - 270°) bepalend. Bij deze windrichtingen is geen significante afname van de theoretisch bruikbare wind te verwachten.

5 Conclusie

De nieuwbouwplannen nabij de Stadsbrug, noordelijk van het kanaal, liggen binnen de molenbiotoop van de Wilhelmus-Hubertus molen te Weert. De beoogde plannen overschrijden de planologisch rechtstreeks toelaatbare maximale bouwhoogte, welke is gedefinieerd in het bestemmingsplan "Woongebieden 2019" – Vrijwaringszone-Molenbiotoop door middel van de molenbiotoop-formule.

In bestemmingsplan "Woongebieden 2019" onder Vrijwaringszone-Molenbiotoop wordt in de bouwregels benoemd dat de windvang van de molen niet in onevenredige mate mag worden aangetast. Uitgangspunt hierbij is dat de optimale windvang tot maximaal 5% mag worden beperkt, dit heeft betrekking op de windsnelheid. In het onderzoek wordt de jaargemiddelde windsnelheid op ashoogte van de Molen over alle windrichtingen aan deze grenswaarde getoetst. De jaargemiddelde windsnelheid bij individuele windrichtingen kan hiervan afwijken. Verder wordt benoemd dat het bevoegd gezag onder voorwaarden kan afwijken van deze bouwregels, mits de vereniging de Hollandse Molen, Molenstichting Limburg, Molenstichting Weerterland of diens opvolger vooraf om advies is gevraagd.

Omtrent het in kaart brengen van de mogelijke invloed die de ontwikkelingen kunnen hebben op de windvang van de Wilhelmus-Hubertus molen, heeft Gemeente Weert Peutz verzocht een windvanganalyse uit te voeren. De windvanganalyse is uitgevoerd middels een windtunnelonderzoek. De analyse richt zich op het effect dat de ontwikkelingen hebben op de windvang van de molen t.o.v. de feitelijke situatie. Voor de feitelijke situatie wordt uitgegaan van de huidige bebouwing inclusief de grondgebonden woningen Beekpoort-Noord die reeds in aanbouw zijn. De windvang in de feitelijke situatie is de optimale windvang (zoals beschreven als uitgangspunt in bouwregels van het bestemmingsplan).

Een vergelijking van de onderzoeksresultaten van de drie bebouwingssituaties laat de mate van invloed op de windsituatie bij de molen zien en de daaruit volgende wijziging van de theoretisch bruikbare wind voor de molen.

De volgende drie situaties zijn onderzocht en vergeleken:

1. De referentiesituatie is de feitelijke situatie.
2. Het eerste onderzochte nieuwbouwplan betreft de feitelijke situatie met de toevoeging van het appartementengebouw Beekpoort-Noord.
3. Het tweede onderzochte nieuwbouwplan betreft de feitelijke situatie met appartementengebouw Beekpoort-Noord en het plan op de Stadsbruglocatie.

Na het verschijnen van dit rapport in september 2022 is een onvolkomenheid in enkele van de gepresenteerde getallen naar voren gekomen. Deze onvolkomenheden zijn gecorrigeerd en met rood aangegeven in onderstaande tabellen en tekst.

Na beoordeling van de meetresultaten kunnen de volgende conclusies/bevindingen vermeld worden:

t5.1 Jaargemiddelde windsnelheid per jaar op ashoogte (met correcties d.d. februari 2023)

	Jaargemiddelde snelheid (m/s)	Absolute afname (m/s)	Procentuele afname (per jaar)
0. Feitelijke situatie	3,07 3,12	-	-
1. Feitelijke situatie + appartementengebouw Beekpoort-Noord	3,07 3,12	0,00 0,00 (t.o.v. 0.)	0,1% 0,0% (t.o.v. 0.)
2. Feitelijke situatie + appartementengebouw Beekpoort-Noord + plan Stadsbruglocatie	2,92 3,08	0,15 0,05 (t.o.v. 0.) 0,15 0,05 (t.o.v. 1.)	4,9% 1,5% (t.o.v. 0.) 4,9% 1,5% (t.o.v. 1.)

t5.2 Theoretisch bruikbare wind per jaar

	Uren per jaar	Absolute afname (in uren per jaar)	Procentuele afname (per jaar)
0. Feitelijke situatie	1572	-	-
1. Feitelijke situatie + appartementengebouw Beekpoort-Noord	1510	62 (t.o.v. 0.)	3,9% (t.o.v. 0.)
2. Feitelijke situatie + appartementengebouw Beekpoort-Noord + plan Stadsbruglocatie	1432	140 (t.o.v. 0.) 78 (t.o.v. 1.)	8,9% (t.o.v. 0.) 5,2% (t.o.v. 1.)

Theoretisch bruikbare wind en jaargemiddelde snelheid

Op basis van de vastgestelde windsnelheden en de wijzigingen van de turbulentie-intensiteit is de theoretisch bruikbare wind vastgesteld. Er wordt vanuit gegaan dat de molen in de feitelijke situatie een draaibereik heeft van 5 tot 15 m/s op ashoogte. Aan de hand van de gegevens van de windstatistiek volgens de NPR 6097 is bepaald hoeveel uren per jaar de wind statistisch binnen het betreffende windsnelheidsbereik op zal treden. Men dient bij interpretatie van de gepresenteerde resultaten rekening te houden dat dag en nacht en de verschillende seizoenen niet nader zijn uitgesplitst in deze statistiek. Tevens wordt bijvoorbeeld geen rekening gehouden met de beschikbaarheid van een molenaar. Voor de draaicapaciteit van deze molen zijn vooral de zuidwestelijke tot westelijke windrichtingen bepalend.

Het totaal van theoretisch bruikbare wind per jaar is voor de feitelijke situatie vastgesteld op 1572 uur, hetgeen overeenkomt met bijna een vijfde van de tijd op jaarbasis. Een groot deel (ca. 57%) hiervan wordt bepaald door wind uit het zuidwest tot westen. De jaargemiddelde snelheid op ashoogte is 3,07 3,12 m/s.

Invloed van de nieuwbouwplannen

Als gevolg van de ontwikkeling van appartementengebouw Beekpoort-Noord zal de theoretisch bruikbare wind per jaar afnemen tot een totaal van 1510 uur ten opzichte van de feitelijke situatie (-62 uur per jaar). Dit is een afname van 3,9%. De jaargemiddelde windsnelheid op ashoogte neemt niet af en blijft gelijk aan ~~3,07~~ **3,12** m/s. Met deze jaargemiddelde windsnelheidsreductie valt het bouwplan appartementengebouw Beekpoort-Noord daarmee binnen de marge, 5%, die in de bouwregels van het bestemmingsplan is gedefinieerd. Het bevoegd gezag kan dus van de bouwregels afwijken mits zij vooraf advies vraagt bij vereniging De Hollandse Molen, Molenstichting Limburg, Molenstichting Weerterland of diens opvolger.

Wanneer het appartementengebouw Beekpoort-Noord en het plan op de Stadsbruglocatie gerealiseerd worden dan is een afname van 8,9% van de theoretisch bruikbare wind ten opzichte van de feitelijke situatie te verwachten. De theoretisch bruikbare wind is in deze situatie gelijk aan 1432 uur (-140 uur per jaar). De jaargemiddelde windsnelheid op ashoogte neemt af met ~~0,15~~ **0,05** m/s tot ~~2,92~~ **3,08** m/s, ~~-4,9%~~ **-1,5%**. Daarmee valt de jaargemiddelde windsnelheidsreductie binnen de maximaal beoogde toelaatbare waarde van 5% in de molenbiotoop.

Indicatieve onderzoek "O16586-2-RA-001"

In het eerder door Peutz uitgevoerde indicatieve onderzoek "*Invloed ontwikkeling Stadsbruglocatie op windvang Wilhelmus-Hubertus molen te Weert*" (O16586-2-RA-001) wordt geconcludeerd dat realisatie van het plan op de Stadsbruglocatie zal leiden tot een reductie van de theoretisch bruikbare wind van in de bandbreedte van 0% – 2,8% over het gehele jaar (0 – 248 uren per jaar). Het windtunnelonderzoek toont aan dat deze reductie daadwerkelijk 140 uur bedraagt, 1,6% over het gehele jaar.

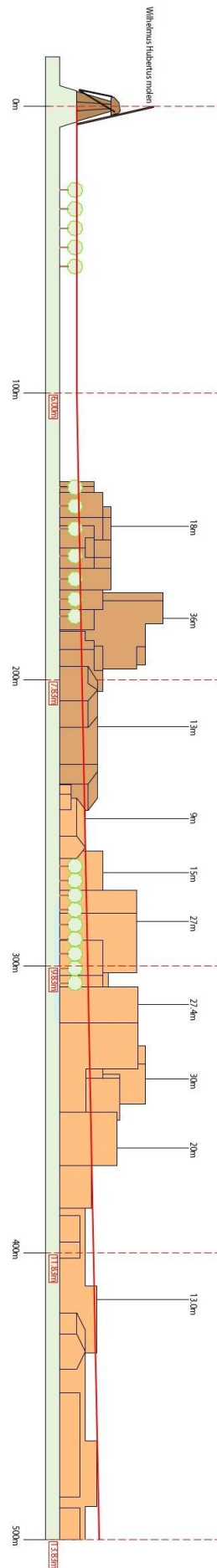
In het indicatieve onderzoek wordt tevens geconcludeerd dat de afname van 248 uur per jaar, 8,6% van het theoretisch bruikbare windaanbod over alle windrichtingen bedraagt. Het windtunnelonderzoek toont aan dat dit percentage iets hoger is, namelijk 8,9%. Hiermee wordt een klein verschil ten opzichte van het indicatieve onderzoek vastgesteld. Dit verschil is een gevolg van de verfijnde bepaling van het aantal uur per jaar waarin de molen in de bestaande situatie in bedrijf kan zijn. Dit getal wordt overschat in het indicatieve onderzoek vanwege de generieke benadering van de bestaande bebouwing in de berekening, waardoor het percentage lager uitvalt.

Mook,



Dit rapport bevat 29 pagina's en 2 bijlagen

Bijlage 1 - Hoogteprofiel molenbiotoop



Bijlage 2 – Situatietekeningen

f5.1 Feitelijke bebouwingssituatie:

Woningen Beekpoort (groen)



Bijlage 2 – Situatietekeningen

f5.2 Nieuwbouwplan 1, betreft realisatie appartementengebouw Beekpoort:

Woningen Beekpoort (groen), appartementengebouw Beekpoort (blauw)



Bijlage 2 – Situatietekeningen

f5.3 Nieuwbouwplan 2, betreft realisatie appartementengebouw Beekpoort en plan Stadsbruglocatie:

Woningen Beekpoort (groen), appartementengebouw Beekpoort (blauw), plan Stadsbruglocatie (rood)

