

RESULTATENBLAD WINDONDERZOEK
ONDERWERP: BLOMMELAND 2

MOLEN "DE HOOP"

Voorstraat 44

4033 AE LIENDEN

Opdrachtgever:

Thius

A. van Doorn | a.vandoorn@thius.nl

Onderzoeker en auteur:

EAGM te Montfoort

E. van der Elst | ezra@eagm.nl | 06-41290853

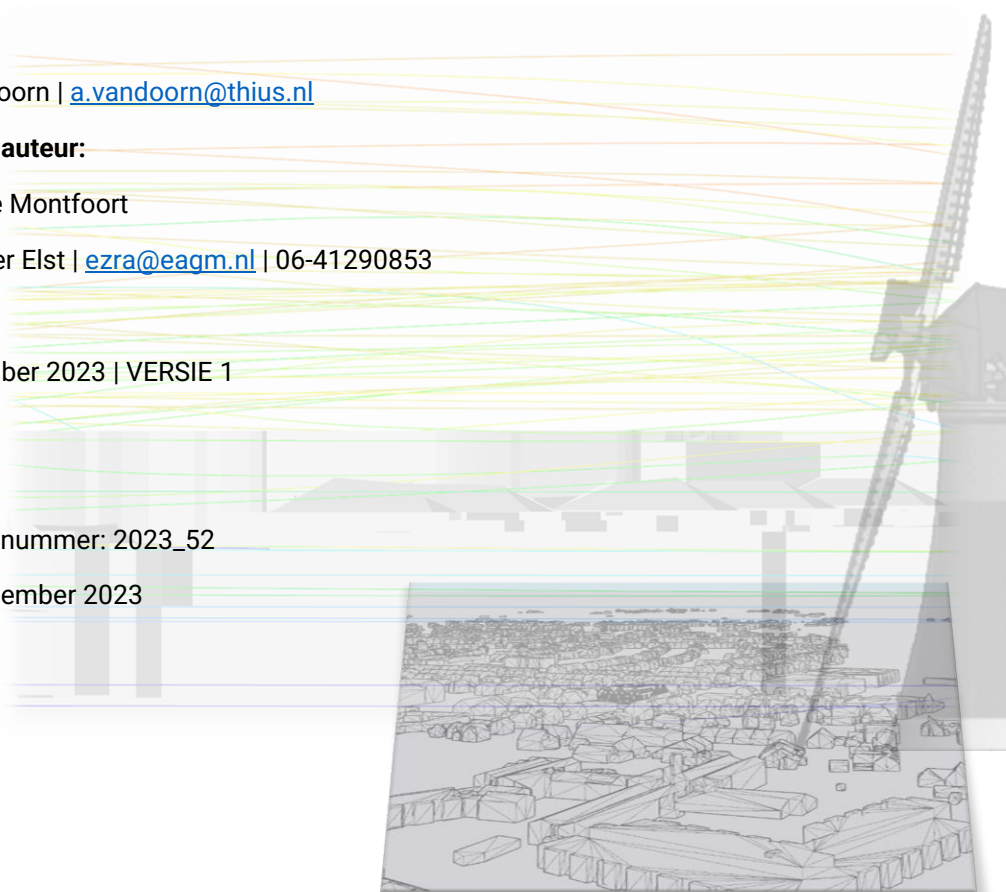
Datum:

3 december 2023 | VERSIE 1

Copyright:

© EAGM, projectnummer: 2023_52

Montfoort, 3 december 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.

Aanleiding:

Dit onderzoek, uitgevoerd in opdracht van Thijs, gevestigd in Tiel, concentreert zich op de impact van het bouwen van tien sociale huurwoningen direct ten noorden van molen 'De Hoop' in Lienden.¹ De molen, die al enkele decennia enkel als romp bestaat, ondergaat momenteel een restauratie om weer volledig draaivaardig te worden. Na de restauratie zal de molen stroom gaan opwekken voor de nabijgelegen zorgboerderij. Gezien deze toekomstige functie van de molen, is het van belang om te begrijpen hoe de geplande bouwactiviteiten de efficiëntie en het stroomopwekkingsvermogen van de molen kunnen beïnvloeden.

In het licht van deze ontwikkelingen ligt de nadruk van het onderzoek op het maximaliseren van het aantal kilowattuur (kWh) dat de molen theoretisch kan opwekken in elke onderzochte sector. Deze notitie presenteert de resultaten van het onderzoek, samen met relevante bijlagen. Het bevat een beknopte beschrijving van de onderzoeksmethodiek, en de resultaten met de conclusie. Het doel is om een duidelijk beeld te schetsen van hoe de bouw van de sociale huurwoningen de toekomstige werking en stroomproductiecapaciteit van molen 'De Hoop' zou kunnen beïnvloeden.

Onderzoeksmethodiek:

Het onderzoek omvat een gedetailleerde verkenning van diverse scenario's met betrekking tot de windvang van de molen. Er is gebruikgemaakt van 3D-modellering van de omgeving en CFD (Computational Fluid Dynamics)-software voor de analyses. Deze methoden stellen ons in staat om de impact van het bouwen van sociale huurwoningen direct ten noorden van de molen op de windvang te beoordelen, rekening houdend met factoren zoals windsnelheid, vermogensoutput, windstootintensiteit, turbulentie en oppervlaktedruk. Alle simulaties zijn uitgevoerd met zowel statische als transient-flow berekeningen, om een zo realistisch mogelijke weergave van de werkelijke omstandigheden te bieden.

De resultaten zijn berekend aan de hand van 15 meetpunten op het wiekenkruis van het molenmodel.

Theoretische modellering:

Hoewel het onderzoek uitgebreid en praktisch is georiënteerd, is het gebaseerd op theoretische modellering, met inherente beperkingen in variabelen en aannames. De bevindingen zijn waardevol, maar dienen als indicatief beschouwd te worden. De modellen kunnen de complexiteit en dynamiek van de werkelijke wereld, inclusief de impact van het bouwen van sociale huurwoningen ten noorden van de molen, niet volledig vatten.

De resultaten van dit onderzoek zijn gericht op het bieden van inzicht in de invloed van deze nieuwe woningen op de draaivaardigheid en efficiëntie van de molen. Laatst genoemde eigenschappen van de molen hangen af van diverse factoren, zoals weersomstandigheden, onderhoudsregimes, veranderingen in de omgeving en slijtage door normaal gebruik.

Dit onderzoek moet daarom gezien worden als een instrument voor het nemen van geïnformeerde beslissingen over het beheer en onderhoud van de molen, gericht op het verbeteren van zijn efficiëntie en draaivaardigheid. Het biedt echter geen allesomvattende oplossing voor alle mogelijke uitdagingen die de draaivaardigheid kunnen beïnvloeden.

Gebruikers van de molen, beheerders en andere betrokken partijen dienen zich bewust te zijn van deze beperkingen en zorgvuldig te handelen bij het interpreteren en toepassen van de onderzoeksresultaten.

¹ Blommeland 2, structuurontwerp 10 woningen; HZBouwadvies; 08-08-2023

Resultaten:

°	<6	>18	dag	nacht	kwh/j/d	kwh/j/n	dag/nacht ver	nacht/dag ver
	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	%	%
10	72.68	273.44	527.27	346.11	40.86	26.82	60.4%	39.6%
20	257.35	756.65	1951.25	1014.00	151.22	78.58	65.8%	34.2%
30	449.52	839.43	1997.46	1288.95	154.80	99.89	60.8%	39.2%
40	793.89	957.36	2834.63	1751.25	219.68	135.72	61.8%	38.2%
50	737.34	933.62	3111.27	1670.96	241.12	129.50	65.1%	34.9%
60	708.16	799.64	2739.97	1507.80	212.34	116.85	64.5%	35.5%
70	717.63	614.20	3577.38	1331.83	277.24	103.21	72.9%	27.1%
80	708.56	1418.03	5297.42	2126.60	410.54	164.81	71.4%	28.6%
90	632.31	1034.69	3619.38	1667.01	280.50	129.19	68.5%	31.5%
100	401.28	439.62	1832.46	840.90	142.01	65.17	68.5%	31.5%
110	433.41	451.57	1692.94	884.99	131.20	68.59	65.7%	34.3%
120	453.76	811.66	2643.98	1265.42	204.90	98.07	67.6%	32.4%
130	833.91	940.54	3560.85	1774.45	275.96	137.52	66.7%	33.3%
140	648.98	978.81	3047.37	1627.79	236.17	126.15	65.2%	34.8%
150	806.04	1014.30	2788.29	1820.34	216.09	141.07	60.5%	39.5%
160	1017.52	1161.41	3479.69	2178.93	269.67	168.86	61.5%	38.5%
170	1067.25	1205.63	4358.45	2272.87	337.77	176.14	65.7%	34.3%
180	1611.96	2315.07	5871.74	3927.02	455.05	304.34	59.9%	40.1%
190	3429.80	3690.09	9521.63	7119.89	737.91	551.78	57.2%	42.8%
200	4615.92	4608.97	14481.34	9224.88	1122.28	714.91	61.1%	38.9%
210	5343.64	5316.96	17643.77	10660.60	1367.36	826.18	62.3%	37.7%
220	5389.03	6345.04	19857.28	11734.07	1538.91	909.37	62.9%	37.1%
230	4425.28	6952.46	22719.70	11377.74	1760.74	881.76	66.6%	33.4%
240	4769.59	6999.97	23029.46	11769.56	1784.75	912.12	66.2%	33.8%
250	3259.63	4351.13	16810.26	7610.75	1302.77	589.82	68.8%	31.2%
260	1870.98	2312.61	10298.06	4183.58	798.08	324.22	71.1%	28.9%
270	1227.47	1377.49	7445.16	2604.95	576.99	201.88	74.1%	25.9%
280	862.36	1633.17	6657.93	2495.53	515.98	193.40	72.7%	27.3%
290	534.86	872.49	5148.00	1407.36	398.96	109.07	78.5%	21.5%
300	487.61	817.79	4775.31	1305.41	370.08	101.17	78.5%	21.5%
310	474.30	766.36	4191.52	1240.66	324.84	96.15	77.2%	22.8%
320	349.89	459.51	2910.55	809.41	225.56	62.73	78.2%	21.8%
330	243.45	437.11	2585.51	680.55	200.37	52.74	79.2%	20.8%
340	135.66	335.18	2046.45	470.84	158.60	36.49	81.3%	18.7%
350	99.64	255.95	1738.42	355.59	134.72	27.56	83.0%	17.0%
360	44.00	131.52	450.36	175.52	34.90	13.60	72.0%	28.0%
			66%	34%				

Overzicht van het maximale aantal kilowattuur (kWh) dat de molen kan opwekken, gebaseerd op het windregime op askophoogte. Dit is berekend aan de hand van een rendementsfactor van 0,12 voor het wiekenkruis. Het windregime is vastgesteld met behulp van data van drie weerstations, samengebracht door triangulatie. Deze metingen omvatten in totaal 339.000 meetmomenten, verspreid over een periode van +/- 13 jaar, en bieden specifieke gegevens over windsnelheid, luchtdruk en temperatuur. Met behulp van deze gegevens is het theoretisch maximale vermogen dat het wiekenkruis kan genereren op askophoogte berekend, waarbij dit vermogen over het gehele oppervlak van het wiekenkruis is verdeeld.

De tabel laat zien dat de meeste energie voornamelijk overdag wordt opgewekt (tussen 6 en 18 uur). De lichtblauwe kolom geeft het gemiddelde per windrichting aan (kWh), berekend over een heel jaar en alleen voor de daguren. Dit is de optimale situatie, zonder windbelemmering.

Voor de daadwerkelijke simulaties is de windsnelheid op 15 punten verspreid over het wiekenkruis gemeten. Dit is nodig om een realistisch beeld te creëren van de windsnelheid en de krachtmomenten op het wiekenkruis, zowel axiaal als tangentiaal. Hoewel de analyse van deze krachten buiten de

scope van de onderzoeksresultaten voor dit specifieke onderzoek valt, dragen deze metingen bij aan een nauwkeuriger beeld van de operationele omstandigheden van de molen.

	WINDVLAAGINTENSITEIT		TURBULENTIE-INTENSITEIT		ONBALANS_VERTICAAL		ONBALANS_HORIZONTAAL		VERMOGEN		
	BEST.	NIEUW	BEST.	NIEUW	BEST.	NIEUW	BEST.	NIEUW	BEST.	NIEUW	reductie
	factor		%		ratio		ratio		kWh		
N	0.04	0.07	1%	2%	2.90	3.81	1.26	1.63	17.37	15.22	12%
NNO	0.01	0.03	0%	1%	2.56	3.56	1.46	1.34	72.16	63.12	13%
NO	0.15	0.12	9%	7%	5.93	3.85	0.94	1.80	40.87	41.93	-3%
O	0.16	0.10	7%	4%	6.21	5.94	3.86	1.78	73.40	84.25	-15%
ZO	0.13	0.14	4%	4%	5.64	6.18	1.71	1.64	230.13	211.57	8%
Z	0.03	0.01	1%	0%	4.32	4.67	1.09	0.86	719.06	714.38	1%
ZW	0.05	0.04	2%	2%	5.38	6.48	0.79	1.07	1151.11	939.73	18%
W	0.03	0.02	1%	1%	4.74	5.07	0.63	0.74	624.86	566.16	9%
NW	0.03	0.04	1%	1%	4.18	3.79	1.27	0.91	121.94	152.62	-25%
NNW	0.25	0.11	10%	6%	4.70	5.30	0.97	1.47	12.34	10.29	17%

Resultaten van verschillende maatstaven zijn geanalyseerd voor elke onderzoeksrichting. Hierbij is de richting waarin de geplande nieuwbouwwoningen staan, onderverdeeld in drie segmenten. De overige windrichtingen zijn ingedeeld volgens de brede kardinale indeling (NO, O, ZO, enzovoort). De gehanteerde maatstaven omvatten:

- Windvlaagintensiteit
- Turbulentie-intensiteit
- Onbalans op het wiekenkruis, gemeten in drukverschil op het oppervlak, zowel verticaal als horizontaal, en berekend als ratio van het moment op de lussen dichtstbij de askop
- Vermogen, afgeleid van bruikbare (effectieve) windsnelheid

Dit document bevat ook drie bijlagen: een grafiek van de windfrequentie, een grafiek van het gemiddelde vermogen, en een overzichtelijke grafiek die de gevolgen voor de productiecapaciteit van de molen per onderzoeksrichting weergeeft. Deze laatste is uitgedrukt als een reductie in theoretisch opwekbare energie, voorgesteld als een percentage van de kilowattuur (kWh).

Conclusie:

Uit het onderzoek blijkt dat de bouw van de tien sociale huurwoningen binnen 100 meter van molen 'De Hoop' een negatieve invloed heeft op de windvang. De woningen worden opgericht in de enige vrije windhoek van de molen, een gebied dat momenteel bestaat uit een onbebouwde, groene strook. Hoewel de woningen slechts ca. 1,50 meter boven de stellinghoogte van de molen uitsteken, is hun impact relatief groot, mede door de nabijheid tot de molen. In de praktijk kunnen obstakels onder stellingniveau namelijk ook door wrijving en wervelingen eveneens de windvang beïnvloeden.

De resultaten tonen aan dat de energieproductie vanuit de richting waar de nieuwbouw gepland is, afneemt. Interessant is dat in de aangrenzende windhoeken juist een toename van het vermogen wordt waargenomen. Dit fenomeen kan worden toegeschreven aan de veranderde windstromen, waarbij de wind om de nieuwe obstakels heen wordt geleid, resulterend in een hogere windsnelheid in deze aangrenzende gebieden. Echter, de aanwezigheid van de nieuwbouw belemmert de windstroom uit andere richtingen, met name uit het zuidwesten. In de huidige situatie, waar de noordelijke strook nog open is, kan de wind vrijer wegstromen, wat bijdraagt aan een betere windvang.

Bij het blokkeren van de wind achter de molen (vanuit het zuidwesten gezien) ontstaat een verandering in de windstroom voor de molen. Dit kan resulteren in een vertraagde windstroom aan de voorzijde van de molen, wat de kans op verhoogde turbulentie vergroot. Deze vertraagde windstroom kan vervolgens leiden tot een minder efficiënte werking van de molen, aangezien de turbulentie de consistentie en richting van de windstroom verstoort, wat essentieel is voor de optimale werking van het wiekenkruis. Het is daarom cruciaal om de plaatsing van objecten rond de molen zorgvuldig te overwegen, om de negatieve impact op de windstroom en de daaruit voortvloeiende effecten op de molen te minimaliseren.

Samengevat zal de molen, op basis van het windregime, in de nieuwe situatie met de sociale huurwoningen naar verwachting ongeveer **9%** minder energie kunnen opwekken dan in de bestaande situatie zonder deze woningen.

Wat betreft andere maatstaven, zoals windvraagintensiteit en turbulentie, zijn er variaties tussen verslechtering en verbetering. De oppervlaktedruk, die een goede indicatie geeft van bruikbare wind, laat zien dat met name de verticale drukverschillen toenemen. Dit, in combinatie met turbulentie, zal van invloed zijn op de regelmatigheid waarmee de molen draait en verhoogt de aerodynamische spanningen op het wiekenkruis.

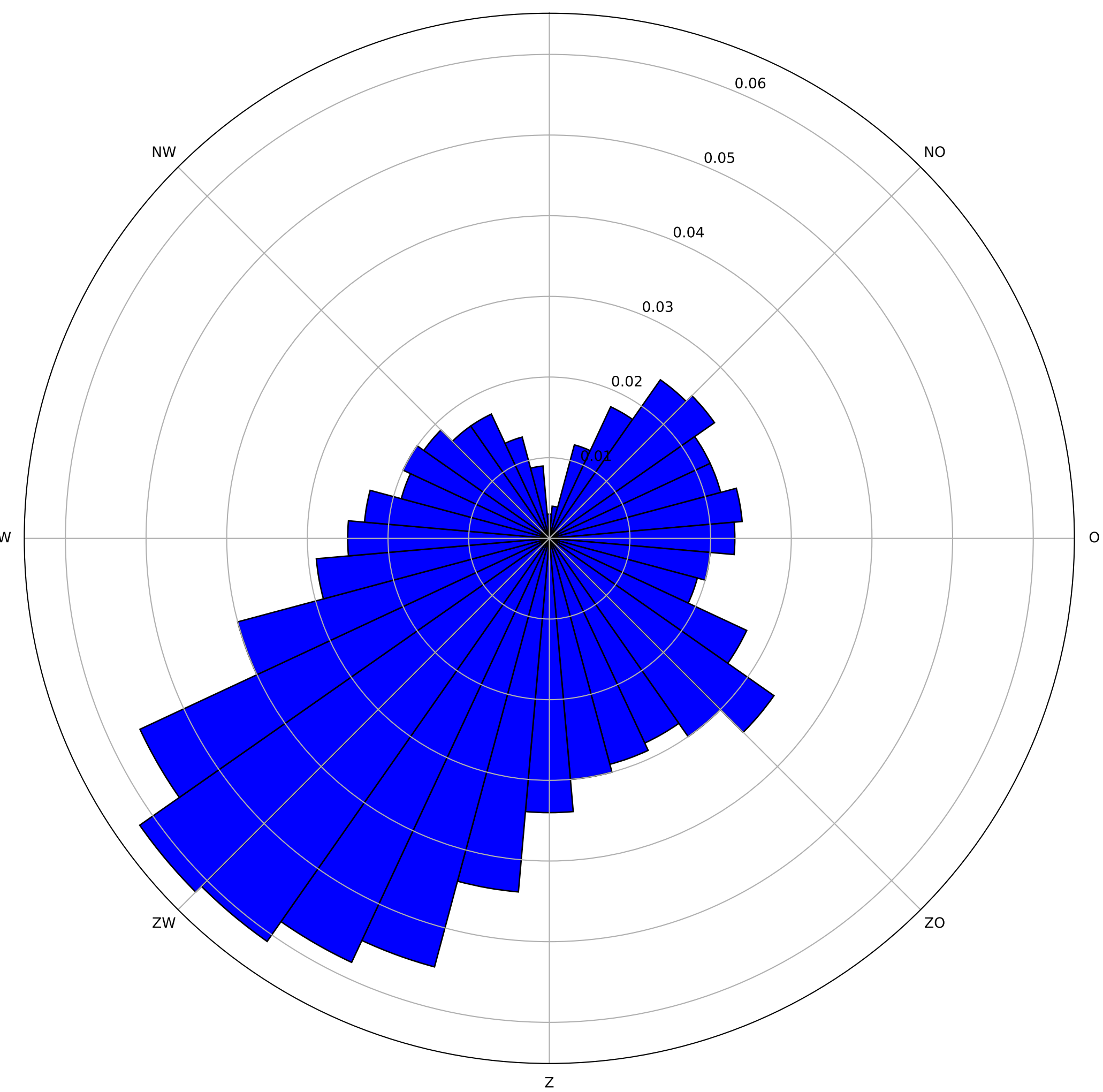
Afweging:

In de uiteindelijke besluitvorming dient een zorgvuldige afweging van belangen plaats te vinden tussen het bouwen van sociale huurwoningen en het behoud van de windvang van de molen. Deze verantwoordelijkheid ligt bij het bevoegde gezag, in dit geval de gemeente. Het is van belang dat de gemeente alle aspecten in overweging neemt: enerzijds de maatschappelijke behoefte aan sociale huurwoningen en anderzijds het potentieel verlies aan efficiëntie en productiecapaciteit van de molen, die een historisch en functioneel erfgoed vormt. Deze beslissing vereist een evenwichtige benadering waarbij zowel de lange termijn impact op de molen als de directe en toekomstige behoeften van de gemeenschap in aanmerking worden genomen.

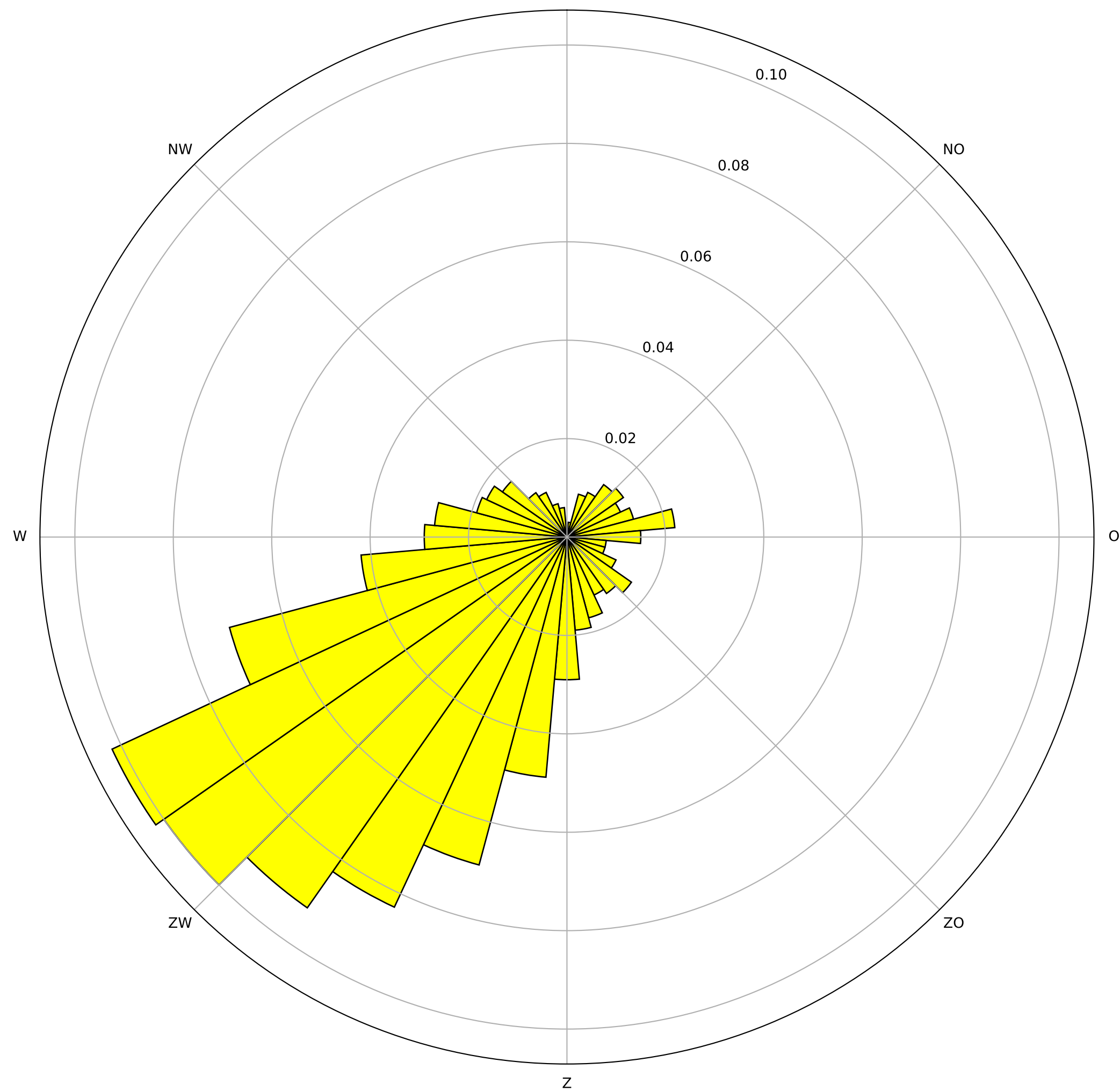
Stapelingseffect:

Daarnaast moeten betrokkenen zich bewust zijn van de precedentwerking en het stapelingseffect. Dit houdt in dat er over tijd een cumulatieve verslechtering van de windvang of biotoop kan plaatsvinden bij gefaseerd bouwen. Elk nieuw bouwproject kan bijdragen aan een toenemende verslechtering van de omstandigheden voor de molen, wat de windvang en daarmee de productiecapaciteit van de molen verder kan verminderen. Dit is een belangrijk aspect in de overweging, vooral gezien het potentieel voor toekomstige ontwikkelingen in de omgeving van de molen. Het is daarom essentieel dat elke beslissing niet alleen de onmiddellijke gevolgen beoordeelt, maar ook de lange termijn effecten op de molen en de omliggende omgeving in acht neemt.

Windfrequentie | Lienden | KNMI-data 2011-2023 | 24 uur



Windkracht (gemiddeld vermogen) | Lienden | KNMI-data 2011-2023 | 24 uur



De Hoop | Lienden
Reductie in energie, nieuwe situatie t.o.v. bestaand op basis van windregime

