

TN NLR-AOSI-GS-0802, issue 3.4

AAN (actie):**AAN (info):**

Alwin Schoonwater

GESPROKEN MET:

OPGESTELD DOOR:

Peter van der Geest

ONDERWERP:

Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

FIRMA:

ENGIE

AFDELING:

AOSI

CODE / ORDERNUMMER:**DATUM:**

22 augustus, 2018

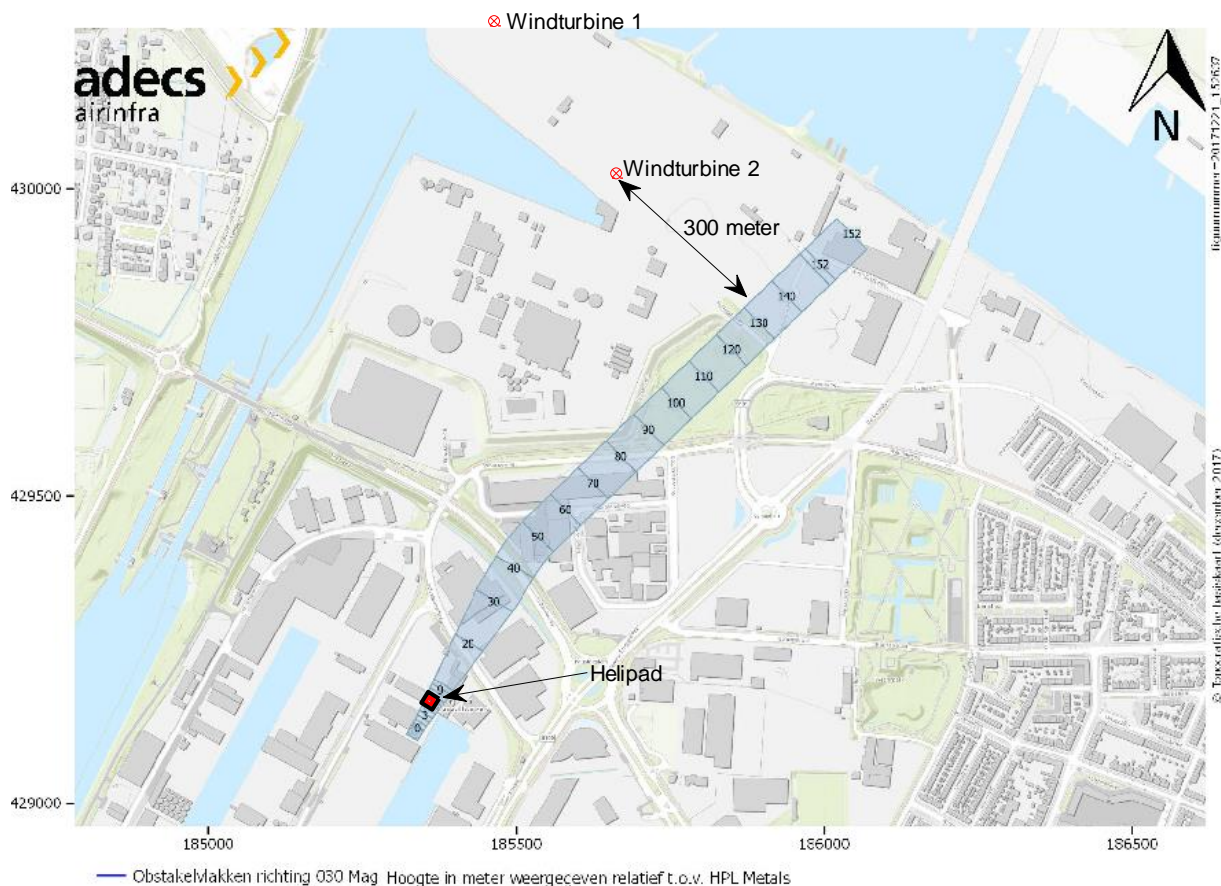
PAGINA:

1 / 11

Inleiding

Het energiebedrijf ENGIE is in het proces van vergunningaanvraag voor twee windturbines in Nijmegen.

In de buurt van de windturbines bevindt zich een helipad, op het terrein van HPL Metals. De ligging van de windturbines en helipad zijn aangegeven in onderstaande Figuur 1. Voor deze figuur is als achtergrond een kaart van ADECS Airinfra gebruikt. Deze kaart laat ook het obstakelvlak van de aanvlieg- en vertrekroute zien.



Figuur 1: Locatie van de geplande windturbines ten opzichte van de vliegroute van en naar het helipad van HPL Metal.



TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:

Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:

22 augustus 2018

PAGINA:

2 / 11

Hierbij valt op dat de ligging van het helipad (FATO) niet klopt met de ligging zoals die uit Google Earth kan worden afgeleid. De feitelijke coördinaten zijn niet gepubliceerd en daarom ook niet beschikbaar voor deze studie. Maar tenzij de FATO recentelijk is verplaatst (hetgeen vrijwel onmogelijk lijkt, gezien de mogelijkheden van het HPL Metal terrein), dan zou de ligging van de Helipad moeten zijn zoals met de pijl aangegeven in de figuur.

Afgezien van deze onvolkomenheid, wordt er van uitgegaan dat de aanvlieg- en vertrekroute zich bevindt binnen de contouren van het aangegeven obstakelvlak.

Dit betekent dat een aankomende of vertrekkende helikopter op 300 meter achter de meest dichtbij gelegen windturbine zal vliegen. De minimale vlieghoogte daar zal volgens het obstakelvlak ongeveer 130 meter (425 voet) bedragen. In de praktijk zullen helikopters daar vrijwel altijd op een hoogte van 500 voet (152 m) of hoger vliegen. Het geluidsrapport van ABOVO van 1 december 2005 (rapportnummer N771-4a-R) onderdeel van de Beschikking wet milieubeheer inzake scheepvaartweg 7 en Handelsweg 7 voor HP Metals uit 2006 geeft aan dat de helikopters met een hoek van 40 graden opstijgen en landen en dat ze binnen 180m van de FATO een minimale hoogte van 500 voet (152,4 m) zullen bereiken. Onder normale omstandigheden mag er dus van uitgegaan worden dat helikopters op 500 voet of hoger zullen vliegen wanneer zij de windturbine passeren

De vraag die zich voordoet is of de windturbine, op de aangegeven plaats, een zodanige verstoring van de wind kan veroorzaken dat er voor de helikopters een onveilige situatie zou kunnen ontstaan.

Het veiligheids criterium

Er bestaan geen formele criteria, waarmee kan worden bepaald welke windverstoring voor een helikopter potentieel gevaarlijk is. In een recent onderzoek van het NLR (NLR-CR-2016-266, Offshore windturbinezog en veilige helikopteroperaties) is aangegeven dat een verstoring van 6 knopen of minder als aanvaardbaar wordt geacht vanuit het oogpunt van de vliegoperatie. Dit betekent dat een verstoring van 6 knopen of minder als een "minor" gebeurtenis (event) moet worden gezien. In deze context betekent "minor", overeenkomstig de daartoe gehanteerde definities in de regelgeving: "*Conditions which would not significantly reduce aeroplane safety, and which involve crew actions that are well within their capabilities.*"

Dit betekent dat een overschrijding van 6 knopen zou leiden tot een "major" event, hetgeen omschreven wordt als "*Conditions which would reduce the capability of the aeroplane or the ability of the crew to cope with adverse operating conditions to the extent that there would be, for example, a significant reduction in safety margins or functional capabilities, a significant increase in crew workload or in conditions impairing crew efficiency, or discomfort to the flight crew, or physical distress to passengers or cabin crew, possibly including injuries.*"

In het onderzoek van het NLR is aangegeven dat het 6 knopen criterium is afgeleid van een gelijkwaardig criterium voor vaste vleugel vliegtuigen. Daarbij wordt aangetekend dat dit een conservatieve benadering is, aangezien helikopters in het algemeen aanzienlijk beter bestand zijn tegen atmosferische verstoringen dan vaste vleugel vliegtuigen, als gevolg van een aanzienlijk hogere rotorschijfbelasting dan de overeenkomstige vleugelbelasting bij vaste vleugel vliegtuigen.

Desondanks wordt in afwezigheid van een verder onderbouwd (en door de overheid algemeen aanvaard) criterium, deze grens ook in deze studie gebruikt.

Bij het analyseren van veiligheidsrisico's dient echter niet alleen het gevolg (de ernst) van een gebeurtenis beschouwd te worden, maar ook de kans op voorkomen (de frequentie). De combinatie van ernst en frequentie bepaalt immers de mate van risico. Voor het classificeren van de frequentie kunnen gangbare definities gebruikt worden, zoals gedefinieerd in het ICAO Safety management manual (ICAO Doc 9859). Deze definities zijn zeer algemeen van aard. De Federal Aviation Administration (FAA) in de VS (een leidende organisatie voor de vliegveiligheid) heeft deze definities nader gekwantificeerd, speciaal voor luchthaven gerelateerde operaties (Zie FAA Order 5200.11 FAA Airports (ARP) Safety Management System). Deze omschrijvingen zijn in onderstaande tabel weergegeven.

TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:
Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:
22 augustus 2018
PAGINA:
3 / 11

Kans op voorkomen	Omschrijving ICAO	Omschrijving FAA
Frequent	Likely to occur many times	Expected to occur more than once per week or every 2500 departures/landings, whichever occurs sooner
Probable	Likely to occur sometimes	Expected to occur about once every month or 250,000 departures/landings, whichever occurs sooner
Remote	Unlikely to occur, but possible	Expected to occur about once every year or 2.5 million departures/landings, whichever occurs sooner
Extremely Remote	Very unlikely to occur	Expected to occur once every 10-100 years or 25 million departures/landings, whichever occurs sooner
Extremely Improbable	Almost inconceivable that the event will occur	Expected to occur less than every 100 years

Zoals reeds aangegeven bestaat het risico uit de combinatie van frequentie en ernst van een gebeurtenis. Voor de beoordeling van het risico wordt een zogenaamde risico matrix gebruikt. Binnen Nederland is niet eenduidig in de regelgeving vastgelegd welke risico matrix van toepassing is. Om deze reden is het gangbaar om voor luchthaven gerelateerde studies de FAA risico matrix te gebruiken (Zie FAA Order 5200.11), die speciaal met dit doeleinde is ontworpen. Deze risico matrix is hieronder weergegeven.

Risk Matrix

Severity Likelihood	Minimal 5	Minor 4	Major 3	Hazardous 2	Catastrophic 1
Frequent A	Low Risk	Medium Risk	Medium Risk	High Risk	High Risk
Probable B	Low Risk	Medium Risk	Medium Risk	High Risk	High Risk
Remote C	Low Risk	Low Risk	Medium Risk	High Risk	High Risk
Extremely Remote D	Low Risk	Low Risk	Low Risk	Medium Risk	High Risk
Extremely Improbable E	Low Risk	Low Risk	Low Risk	Low Risk	High Risk *

High Risk
Medium Risk
Low Risk

* Unacceptable with Single Point and/or Common Cause Failures

TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:

Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:

22 augustus 2018

PAGINA:

4 / 11

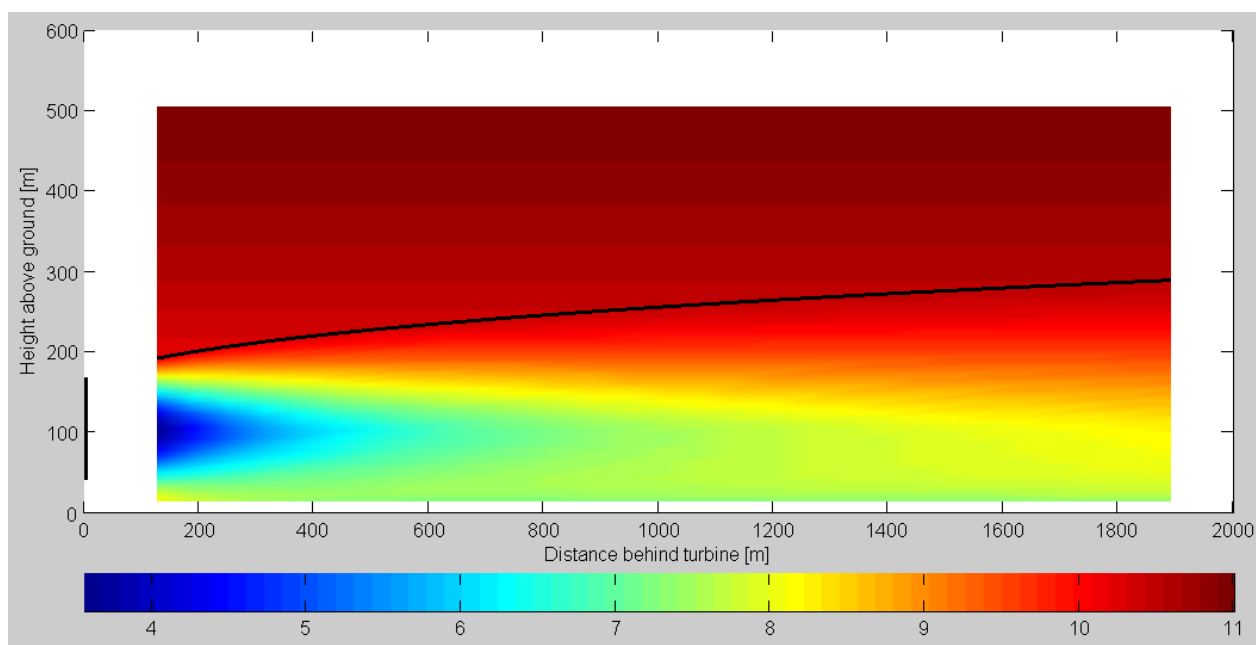
In termen van de kleurcodering betekent een rood risico een hoog risico. Operaties met een dergelijk risico moeten onmiddellijk gestopt worden. Een geel risico betekent dat er een zeker (medium) risico bestaat, dat niet op voorhand aanvaardbaar is. Onderzocht zal moeten worden of er maatregelen genomen kunnen worden om het risico verder te verminderen. Een groen risico betekent dat het risico zonder meer en zonder verdere maatregelen aanvaardbaar is.

Het windveld

Het exacte type windturbine is nog niet bekend, maar de ashoogte zal op circa 105 meter boven grondniveau liggen. De maximale rotordiameter is 132 meter, en de tiphoogte maximaal 172 meter. Een mogelijke kandidaat is de Vestas V126. Deze windturbine geldt in ieder geval als representatief voor de mogelijk te plaatsen windturbines.

Met behulp van een windzog model (Larsen Model) kan het stromingsveld en daarmee het snelheidsverlies in het zog worden berekend. De benodigde gegevens van de Vestas V126 turbine (rotor diameter 126 m) zijn door ENGIE aan NLR aangeleverd.

Met behulp van dit model is het stromingspatroon berekend. Ter illustratie is het zogveld in onderstaande Figuur 2 weergegeven voor een windsnelheid van 15 knopen op 10 meter hoogte¹. De zwarte lijn geeft de grens met de ongestoorde stroming weer. De kleurcodering geeft de snelheid achter de windturbine weer (in m/s).



Figuur 2: Windsnelheid in het zog achter een Vestas V126 windturbine, bij 15 knopen wind op 10 meter hoogte.

Met behulp van dit zogveld kan het snelheidsverlies ten op zichte van de ongestoorde stroming op een bepaalde afstand achter de windturbine worden berekend.

¹ Het is in de luchtvaart gangbaar om windsnelheid gemeten op 10 meter boven grondniveau te hanteren. Een windsnelheid van 15 knopen op 10 meter hoogte komt ongeveer overeen met de "rated output speed" van de wind op windturbine ashoogte, waarbij de maximale verstoring in het zog optreedt.

TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:

Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:

22 augustus 2018

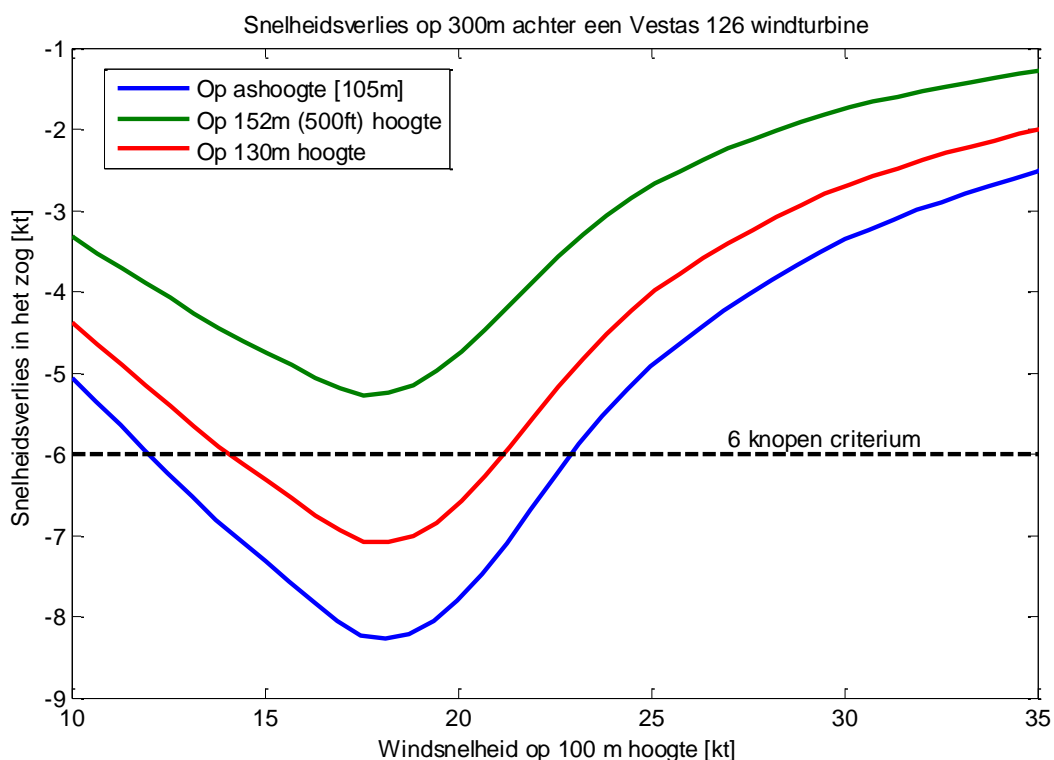
PAGINA:

5 / 11

Analyse

In de onderstaande Figuur 3 is het snelheidsverlies aangegeven op 300 meter achter de turbine, als functie van de windsnelheid op 100 meter hoogte².

Uit deze figuur blijkt dat indien de helikopter op ashoogte achter de windturbine zou passeren, dat bij bepaalde windsnelheden (tussen 12 en 23 knopen, uit Noordwestelijke richting) het snelheidsverlies groter is dan 6 knopen. Dit zou dan als onveilig gekwalificeerd moeten worden, indien de helikopter op deze hoogte de windturbine zou passeren. Bij toenemende hoogte wordt het snelheidsverlies al snel minder. Op een hoogte van 130 meter (de laagst mogelijke hoogte in overeenstemming met de obstakelvlakken) wordt een snelheidsverlies gevonden groter dan 6 knopen voor windsnelheid tussen 14 en 21 knopen. Het maximale snelheidsverlies is dan circa 7 knopen. Op de meest waarschijnlijke hoogte van 500 voet (150 meter) is het zog afgenomen tot een niveau waarbij een snelheidsverlies van 6 knopen niet meer wordt overschreden. Het maximum snelheidsverlies is dan circa 5 knopen. Deze nominale situatie moet dus als veilig beschouwd worden.



Figuur 3: Snelheidsverlies op 300 meter achter een Vestas V126 windturbine.

Om in een niet nominale situatie (d.w.z. helikopter passeert de windturbine op een hoogte van 130 meter of lager) aan een onveilige windverstoring te worden blootgesteld, moet met een combinatie van kleine kansen worden gerekend: namelijk de kans op een helikopterbeweging x de kans op passeren op lage hoogte x de kans op wind met een snelheid tussen 12 en 23 knopen (op 100 meter) uit noordwestelijke richting.

² De windsnelheid op 100 meter hoogte wordt hier gebruikt, omdat voor deze hoogte windmetingen van ECOFYS beschikbaar zijn op de gegeven locatie, met informatie ten aanzien van de windrichting en -snelheidsverdelingen ter plaatse (zie later).



TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:

Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:

22 augustus 2018

PAGINA:

6 / 11

Naar verwachting zal het helipad slechts sporadisch worden gebruikt (minder dan 100 keer/jaar)³.

De huidige vergunning is echter gebaseerd op een maximum van 8 vliegbewegingen per dag, en dus indien elke dag van dit maximum gebruik gemaakt zou worden: 2920 per jaar.

Dit betekent dat er drie mogelijke scenario's onderscheiden kunnen worden:

1. Het nominale scenario (2920 bewegingen/jaar): de helikopter vliegt op een minimale hoogte van 500 voet door het zog van de windturbine;
2. Het meest waarschijnlijke niet-nominale scenario: de helikopter vliegt op de meest ongunstige hoogte (ashoogte van de windturbine) door het zog, rekening houdend met een realistisch aantal bewegingen (100/jaar);
3. Worst-case scenario: de helikopter vliegt op de meest ongunstige hoogte, door het zog, rekening houdend met het maximaal vergunde aantal bewegingen (2920/jaar);

Deze scenario's worden hieronder nader beschouwd.

Ten aanzien van scenario 1 laat Figuur 3 zien dat op 500 voet het 6 knopen criterium nooit overschreden zal worden. De ernst van dit scenario is dus "minor" en wordt als veilig beschouwd.

Ten aanzien van de twee andere scenario's geldt het volgende.

De kans op passeren op lage hoogte (≤ 130 m) wordt als laag ingeschat. Het obstakelvlak beschermt luchtvaartuigen tegen botsingen met een obstakel met een kans van $\leq 10^{-7}$. Daarbij speelt verder mee dat de helihaven geen openbare maar een particuliere helihaven is. De piloot die hier vliegt kent de omgeving/obstakels en de daarmee samenhangende risico's dus goed. De kans op onderschrijding van de nominale hoogte (d.w.z. beneden 500 voet) zal daardoor zeer beperkt zijn. Op basis van deze overwegingen en "expert judgment" wordt de kans dat een helikopter op de meest ongunstige hoogte (d.w.z. op de ashoogte) achter de windturbine zal passeren conservatief geschat op 1/1000 per beweging.

De kans op wind met een gegeven snelheid uit een bepaalde windrichting is vastgesteld voor de betreffende locatie door windmetingen (op 100 meter hoogte) die uitgevoerd zijn door Ecofys⁴. Voor de volledigheid is een kopie van deze resultaten weergegeven in Figuur 4. Voor de huidige analyse is uitsluitend wind uit de sectoren N, NNW en WNW van belang. Uit alle andere richtingen zal het zog geen effect hebben op de nominale route. Uiteraard is de afstand van het punt waar het zog de route kruist tot de positie van de windturbine afhankelijk van de windrichting. Voor wind uit de N(oord) sector is deze afstand 425 meter. Voor NNW; 300 meter en voor WNW; 350 meter. Voor deze drie afstanden is het snelheidsverlies in het zog berekend wanneer de turbine op ashoogte gepasseerd zou worden. De resultaten hiervan zijn in de appendix opgenomen. Uit deze resultaten blijkt dat voor de sector N(oord) het 6 knopen criterium overschreden kan worden voor windsnelheden tussen 7,5 en 10,8 m/s, wanneer de windturbine op ashoogte gepasseerd zou worden. Voor de sector NNW is dit tussen 6,2 en 11,8 m/s en voor de sector WNW tussen 6,8 en 11,4 m/s.

Met behulp van de metingen van Ecofys kan worden geschat hoe groot de kans is dat de wind uit de betreffende sector een sterkte heeft in het aangegeven bereik. Dit leidt tot de volgende resultaten:

- Sector N: ~1% kans op wind in het kritieke snelheidsbereik in deze sector;
- Sector NNW: ~2% kans;
- Sector WNW: ~2% kans.

In totaal is de kans dus ongeveer 5% dat de wind met de vereiste sterkte en richting zich voordoet. Hierbij wordt nogmaals opgemerkt dat het hier een worst case scenario betreft waar de helikopter op ashoogte het zog passeert. Wanneer het obstakelvlak als minimum hoogte wordt aangehouden zal de kans ook aanzienlijk lager zijn (in de orde van 3%).

³ HPL Metals heeft aan de Provincie Gelderland gemeld dat in 2017 83 vliegbewegingen hebben plaatsgevonden

⁴ Bepaling windaanbod en opbrengst Windpark Nijmegen, ECOFYS, 17 juli 2014.

ONDERWERP:

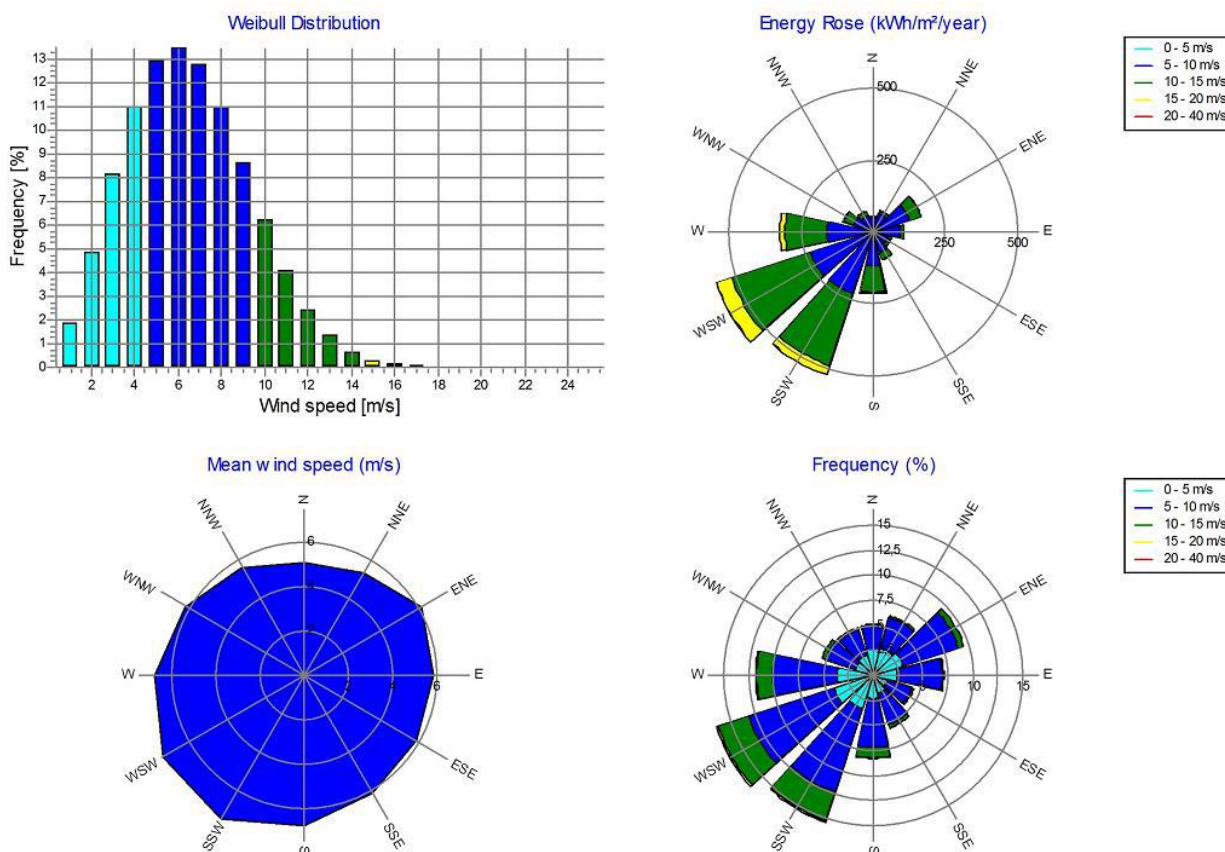
Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:

22 augustus 2018

PAGINA:

7 / 11



Figuur 4: Windklimaat op 100m hoogte voor het centrum van het windpark (ref. "Bepaling windaanbod en opbrengst Windpark Nijmegen, ECOFYS, 17 juli 2014")

Met behulp van deze schatting kan worden berekend wat de kans is dat het meest waarschijnlijke niet-nominale scenario (2) tot een onveilige situatie (d.w.z. in de ernst categorie "major") zou kunnen leiden gelijk, namelijk: $100 / 1000 * 0,05 = 0,005$ ofwel minder dan eens per 200 jaar ("extremely improbable").

Voor het worst-case scenario (3) wordt deze kans berekend op: $2920 / 1000 * 0,05 = 0,146$ ofwel ongeveer eens per 6,9 jaar ("extremely remote").

Samenvattend leidt dit tot de volgende risico kwalificatie voor de drie scenario's:

1. **Nominale situatie:** Ernst: "minor", Frequentie: "extremely remote" (op basis van maximaal vergund volume);
2. **Het meest waarschijnlijke niet-nominale scenario:** Ernst: "major", Frequentie: "extremely improbable" (op basis van 100 bewegingen/jaar);
3. **Worst-case scenario:** Ernst: "major", Frequentie: "extremely remote" (op basis van maximaal vergund volume).

Met behulp van de risico matrix worden deze risico's als volgt beoordeeld.

TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:
Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:
22 augustus 2018
PAGINA:
8 / 11

Risk Matrix

Severity \ Likelihood	Minimal 5	Minor 4	Major 3	Hazardous 2	Catastrophic 1
Frequent A	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Probable B	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
Remote C	Green	Green	Yellow	Red	Red
Extremely Remote D	Green	Green (1)	Green (3)	Yellow	Red
Extremely Improbable E	Green	Green	Green (2)	Green	Red (*)

High Risk
Medium Risk
Low Risk

* Unacceptable with Single Point and/or Common Cause Failures

Met behulp van de risico matrix kan worden geconcludeerd, dat alle mogelijke risico's aanvaardbaar (in het groene gebied) zijn zonder verdere maatregelen, zelfs in het onwaarschijnlijke geval dat alle vergunde bewegingen inderdaad gerealiseerd zouden worden.

Aanvullende analyse voor Nordex 131/3000 windturbine

ENGIE heeft aangegeven de plaatsing van een type windturbine te overwegen die een maximale invulling geeft aan de randvoorwaarden die in de vergunning zijn gesteld. Een mogelijke kandidaat hiervoor is een windturbine van het type Nordex N131/3000 (met serrated trailing edge). Deze windturbines zijn iets groter dan de Vestas V126, met een rotordiameter van 131 meter. Met een ashoogte van 106 meter wordt de tiphoogte van deze windturbine 171,5 meter dus ook iets hoger dan de Vestas V126. Ook de eigenschappen van deze windturbine (in termen van de trekkrachtscoëfficiënt C_T als functie van de windsnelheid) kunnen iets anders zijn, waardoor het zogveld achter de windturbine en daarmee ook het snelheidsverlies op een gegeven afstand achter de windturbine anders kan zijn. ENGIE heeft daarom verzocht een aanvullende analyse uit te voeren naar het zogveld achter deze windturbine en het daarmee gepaard gaande snelheidsverlies ter plaatse van de vliegroute.

De gegevens van de Nordex N131/3000 (d.w.z. de thrust curves in Standard mode) zijn door ENGIE aan NLR aangeleverd. Met behulp van deze gegevens is de aanvullende analyse uitgevoerd.

In Figuur 5 is het snelheidsveld achter de windturbine gegeven.

TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:

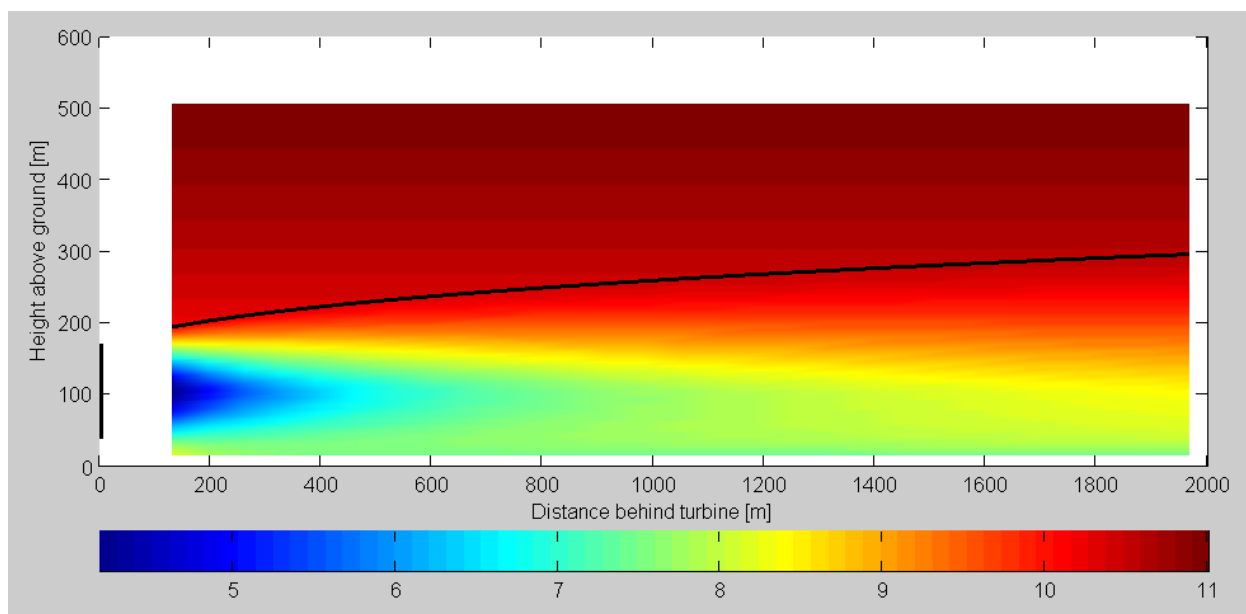
Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:

22 augustus 2018

PAGINA:

9 / 11



Figuur 5: Windsnelheid in het zog achter een Nordex N131/3000 windturbine, bij 15 knopen wind op 10 meter hoogte.

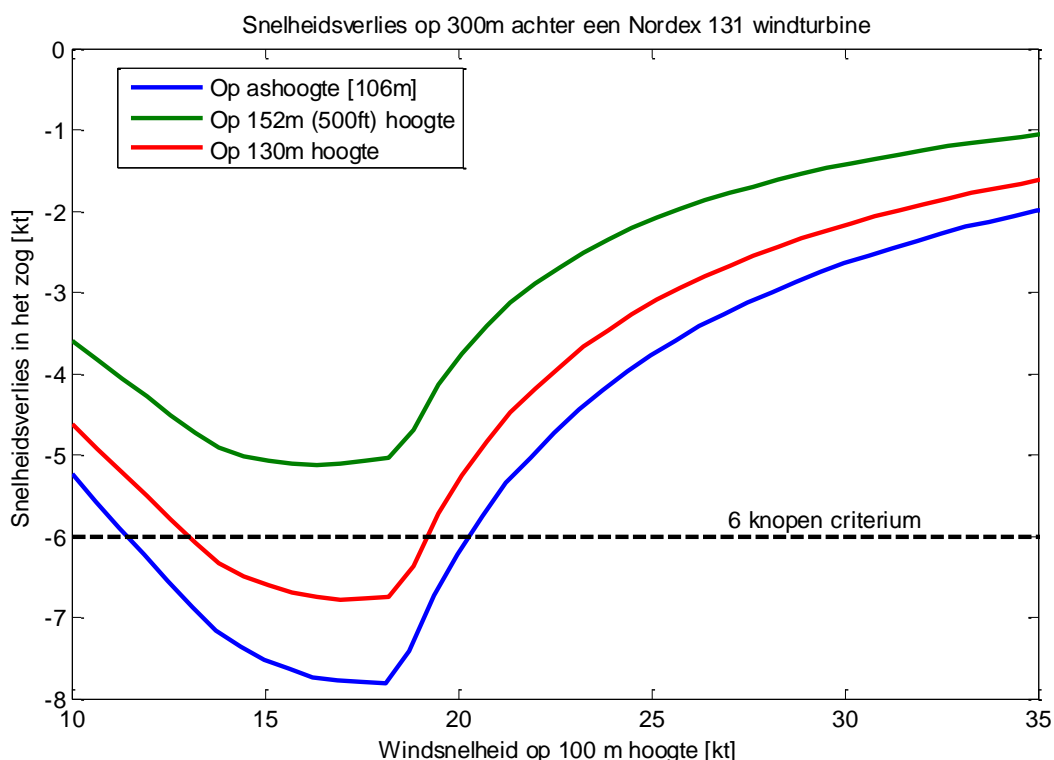
In Figuur 6 is het snelheidsverlies op 300 meter achter de windturbine gegeven als functie van de heersende windsnelheid op 100 meter hoogte. Dit kan vergeleken worden met de resultaten voor de Vestas V126, zie Figuur 3. Hieruit blijkt dat verschillen tussen beide windturbines klein zijn. Het maximale snelheidsverlies bij de Vestas V126 is een fractie hoger, terwijl de curve van het snelheidsverlies, tot circa 18 knopen wind, bij de Nordex N131 iets vlakker loopt dan bij de Vestas 126. Al met al lijkt de Nordex N131 iets minder kritisch ten aanzien van de windverstoring dan de Vestas 126.

Dit betekent dat de conclusies ten aanzien van de vliegveiligheid met betrekking tot de Vestas V126 ook geldig zijn voor de Nordex N131.

TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:
Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:
22 augustus 2018
PAGINA:
10 / 11



Figuur 6: Snelheidsverlies op 300 meter achter een Nordex N131/3000 windturbine.

Conclusie

Op basis van de veiligheidsanalyse kan geconcludeerd worden dat naar verwachting helikopter operaties van een naar het HPL Metals helipad normaliter niet zodanig verstoord zullen worden door de plaatsing van de windturbines, dat een mogelijk onveilige situatie zou kunnen ontstaan.

In niet nominale situaties, waarin de helikopter lager vliegt dan normaal (in het meest ongunstige geval op ashoogte) zou de ernst van de verstoring kunnen toenemen tot het niveau "major". De kans hierop wordt echter als laag ingeschat (minder dan eens per 200 jaar in het meest waarschijnlijke scenario en eens per 6,9 jaar in het geval dat alle vergunde bewegingen ook daadwerkelijk gerealiseerd zouden worden).

Hiermee wordt het risico als aanvaardbaar gekwalificeerd, en zijn geen verdere maatregelen nodig om de veiligheid te waarborgen.

De hierboven getrokken conclusies gelden voor zowel een windturbine van het type Vestas V126, als een Nordex N131/3000 (met serrated trailing edge), waarbij de laatste iets minder kritisch is ten aanzien van de windverstoring op de vliegroute van en naar het helipad.

TN NLR-AOSI-GS-0802, Issue 3.4 (VERVOLG)

ONDERWERP:

Windverstoring van helikopter operaties t.g.v. windpark Nijmegen

DATUM:

22 augustus 2018

PAGINA:

11 / 11

Appendix:

Snelheidsverlies in het zog op ashoogte op verschillende (relevante) afstanden achter de windturbine (Vestas V126), geel gemarkeerde waarden overschrijden het 6 knopen criterium.

Windsnelheid op 100 meter hoogte	Snelheidsverlies op 300 m achter WT	Snelheidsverlies op 350 m achter WT	Snelheidsverlies op 425 m achter WT	Windsnelheid op 100 meter hoogte	Snelheidsverlies op 300 m achter WT	Snelheidsverlies op 350 m achter WT	Snelheidsverlies op 425 m achter WT
[knopen]	[knopen]	[knopen]	[knopen]	[m/s]	[m/s]	[m/s]	[m/s]
10.00	-5.05	-4.71	-4.29	5.14	-2.60	-2.42	-2.21
10.63	-5.36	-4.99	-4.55	5.47	-2.75	-2.57	-2.34
11.25	-5.65	-5.26	-4.79	5.79	-2.91	-2.71	-2.47
11.88	-5.94	-5.53	-5.03	6.11	-3.06	-2.85	-2.59
12.50	-6.23	-5.80	-5.27	6.43	-3.20	-2.98	-2.71
13.13	-6.52	-6.07	-5.53	6.75	-3.36	-3.12	-2.84
13.75	-6.81	-6.34	-5.77	7.07	-3.50	-3.26	-2.97
14.38	-7.07	-6.58	-5.98	7.40	-3.64	-3.38	-3.08
15.00	-7.32	-6.80	-6.18	7.72	-3.76	-3.50	-3.18
15.63	-7.56	-7.03	-6.38	8.04	-3.89	-3.62	-3.28
16.25	-7.82	-7.27	-6.60	8.36	-4.02	-3.74	-3.39
16.88	-8.05	-7.47	-6.78	8.68	-4.14	-3.84	-3.49
17.50	-8.23	-7.64	-6.93	9.00	-4.23	-3.93	-3.56
18.13	-8.27	-7.66	-6.94	9.32	-4.25	-3.94	-3.57
18.75	-8.21	-7.60	-6.87	9.65	-4.22	-3.91	-3.54
19.38	-8.06	-7.45	-6.73	9.97	-4.14	-3.83	-3.46
20.00	-7.80	-7.20	-6.49	10.29	-4.01	-3.70	-3.34
20.63	-7.47	-6.90	-6.21	10.61	-3.85	-3.55	-3.20
21.25	-7.09	-6.54	-5.88	10.93	-3.65	-3.36	-3.02
21.88	-6.69	-6.16	-5.54	11.25	-3.44	-3.17	-2.85
22.50	-6.28	-5.78	-5.19	11.57	-3.23	-2.97	-2.67
23.13	-5.88	-5.41	-4.85	11.90	-3.03	-2.78	-2.50
23.75	-5.54	-5.09	-4.57	12.22	-2.85	-2.62	-2.35
24.38	-5.21	-4.79	-4.29	12.54	-2.68	-2.46	-2.21
25.00	-4.92	-4.52	-4.05	12.86	-2.53	-2.32	-2.08
25.63	-4.68	-4.30	-3.85	13.18	-2.41	-2.21	-1.98
26.25	-4.45	-4.08	-3.66	13.50	-2.29	-2.10	-1.88
26.88	-4.23	-3.88	-3.48	13.83	-2.18	-2.00	-1.79
27.50	-4.03	-3.70	-3.31	14.15	-2.08	-1.90	-1.70