

Postbus 579
7550 AV Hengelo (Ov.)
tel: 073-534 10 53
fax: 073-534 10 28
info@ponderaservices.nl
www.ponderaservices.nl

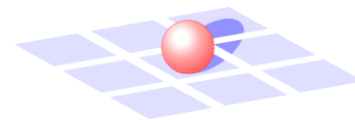
Opdrachtgever: Windpark Zierikzee B.V.
Langstraat 76
3256 AM Achthuizen

Kenmerk: S110003 PM-Zierikzee.TS6.docx

Betreft: Akoestisch onderzoek en onderzoek naar slagschaduw hinder
voor het op te richten windpark "Zierikzee" met drie turbines
langs de Gouweveerse Zeedijk te Zierikzee in de gemeente
Schouwen-Duiveland.

Contactpersoon opdrachtgever:
de heer David Mol,
tel: (0187) 63 18 77.

Behandeld door:
L. van Grinsven,
juli 2011.



Inhoud

1.	Inleiding	1
1.1	Beschrijving van de locatie	1
1.2	Omgeving	2
1.3	Regelgeving	2
1.4	Gegevens turbines	2
2.	Akoestisch onderzoek	5
2.1	Normstelling	5
2.2	Geluidbron Enercon E-82	5
2.3	Geluidbron Nordex N90/2500 LS	5
2.4	Geluidbron Siemens SWT 2.3-93	5
2.5	Geluidbron Nordex N100/2500	6
2.6	Geluidbron Siemens SWT 2.3-101	6
2.7	Geluidbron Siemens SWT 3.0-101	6
2.8	Geluidbron Enercon E-101	6
2.9	Geluidbron Siemens SWT 3.6-107	6
2.10	Invoer rekenmodel	6
2.11	Windaanbod	7
2.12	Rekenresultaten Enercon E-82 2,3 MW	13
2.13	Rekenresultaten Enercon E-82 3 MW	13
2.14	Rekenresultaten Nordex N90/2500 LS	14
2.15	Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-93	14
2.16	Rekenresultaten Nordex N100/2500	15
2.17	Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-101	15
2.18	Rekenresultaten Siemens SWT 3.0-101	16
2.19	Rekenresultaten Enercon E-101	16
2.20	Rekenresultaten Siemens SWT 3.6-107	17
3.	Onderzoek slagschaduw	18
3.1	Normstelling	18
3.2	Schaduwgebied	18
3.3	Potentiële schaduw	19
3.4	Rekenresultaten	20
3.5	Hinderduur bij woningen	20
3.6	Maatregelen	24
4.	Bespreking geluid	25
5.	Bespreking slagschaduw	26

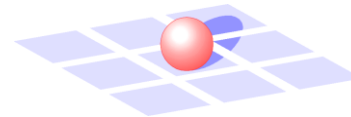


Bijlagen

bijlage 1	: objecten rekenmodel	27
bijlage 2	: verklarende begrippenlijst slagschaduw	29

Figuren

figuur 1	: objecten rekenmodel	30
figuur 2	: geluidcontour E-82 2,3 MW en toetspunten	31
figuur 3	: geluidcontour E-82 3 MW en toetspunten	32
figuur 4	: geluidcontour N90/2500 LS en toetspunten	33
figuur 5	: geluidcontour SWT 2.3-93 en toetspunten	34
figuur 6	: geluidcontour N100/2500 en toetspunten	35
figuur 7	: geluidcontouren SWT 2.3-101 en toetspunten	36
figuur 8	: geluidcontour Lnight SWT 2.3-101 en toetspunten	37
figuur 9	: geluidcontour +1,5 m SWT 2.3-101 en toetspunten	38
figuur 10	: geluidcontour SWT 3.0-101 en toetspunten	39
figuur 11	: geluidcontour Enercon E-101 en toetspunten	40
figuur 12	: geluidcontour SWT 3.6-107 en toetspunten	41
figuur 13	: E-82 schaduwcontouren en rekenpunten	42
figuur 14	: N90 schaduwcontouren en rekenpunten	43
figuur 15	: SWT 2.3-93 schaduwcontouren en rekenpunten	44
figuur 16	: N100 schaduwcontouren en rekenpunten	45
figuur 17	: SWT 2.3-101, 3.0-101 en E-101 schaduwcontouren en rekenpunten	46
figuur 18	: SWT 3.6-107 schaduwcontouren en rekenpunten	47



1. Inleiding

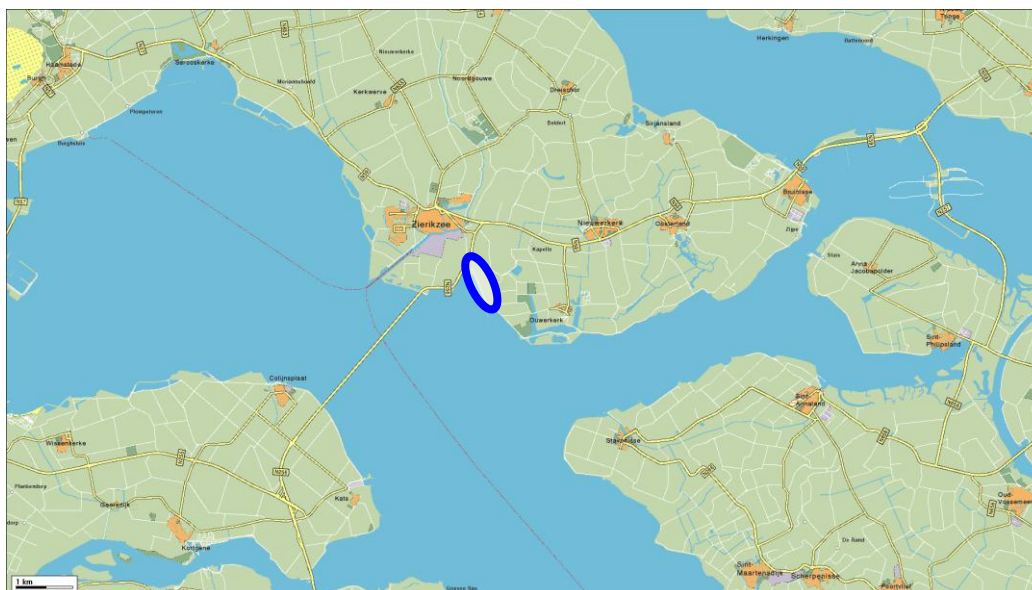
In opdracht van Windpark Zierikzee B.V. te Achthuizen is een akoestisch onderzoek en een onderzoek naar mogelijke slagschaduwhinder uitgevoerd. Het betreft het op te richten windpark "Zierikzee" met drie turbines langs de Gouweveerse Zeedijk te Zierikzee in de gemeente Schouwen-Duiveland. Een definitieve keuze voor het type turbine en ashoogte is nog niet gemaakt. Dit onderzoek is uitgevoerd voor negen verschillende turbintypen:

- Enercon E-82 2,3 MW met een ashoogte van 78 m;
- Enercon E-82 3 MW met een ashoogte van 78 m;
- Nordex N90/2500 LS met een ashoogte van 80 m;
- Siemens SWT 2.3-93 met een ashoogte van 80 m.
- Nordex N100/2500 met een ashoogte van 80 m;
- Siemens SWT 2.3-101 met een ashoogte van 80 m;
- Siemens SWT 3.0-101 met een ashoogte van 80 m;
- Enercon E-101 3 MW met een ashoogte van 79 m;
- Siemens SWT 3.6-107 met een ashoogte van 80 m.

De rapportage van dit onderzoek dient mede ter onderbouwing van de turbinekeuze en wordt ook gebruikt bij de procedure in het kader van de ruimtelijke ordening. Later, bij de melding in het kader van het Activiteitenbesluit, wordt een aangepaste en meer gedetailleerde rapportage van het onderzoek gevoegd op basis van een definitieve keuze van de ashoogte en het type turbine.

1.1 Beschrijving van de locatie

Afbeelding 1-1: Locatie



De inrichting is gelegen circa 85 m ten oosten van de Gouweveerse Zeedijk, circa 1,5 km ten zuidoosten van de plaats Zierikzee (zie ook figuur 1 op pagina 30).



1.2 Omgeving

De inrichting is gelegen in een poldergebied met verspreid gelegen boerderijen. De woningen zijn veelal bedrijfs- en/of grondgebonden. Op een afstand vanaf circa 1.200 m ten noordwesten van turbine 1 begint de bebouwde kom van Zierikzee. De meest nabij gelegen geluidgevoelige bestemming van derden bevindt zich op een afstand van circa 475 m ten oosten van turbine 3. Op een afstand van circa 135 m ten zuidwesten van de turbinelijn ligt het natuurgebied de Oosterschelde (zie ook de figuren).

1.3 Regelgeving

De inrichting valt onder artikel 3.13 van het Activiteitenbesluit¹. Volgens artikel 1.11 derde lid moet bij de melding een rapport van een akoestisch onderzoek worden overlegd. Het akoestisch onderzoek wordt uitgevoerd overeenkomstig de ministeriële regeling². Binnen een afstand van twaalf maal de rotordiameter (maximaal 12x107 m) bevinden zich woningen van derden zodat ook een onderzoek naar slagschaduw is uitgevoerd.

1.4 Gegevens turbines



De Enercon E-82 heeft een rotordiameter van 82 m en drie rotorbladen. Het nominale elektrische vermogen is 2,3 of 3 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6 en 20 tpm.

De turbine wordt hier geplaatst op een conische stalen mast waardoor de rotoras circa 78 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 119 m hoog. De mast heeft een diameter van circa 4,2 m aan de voet en circa 2 m aan de top. De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 3,8 m, aan de tip zijn de bladen circa 0,6 m breed.



De Nordex N90/2500 LS heeft een rotordiameter van 90 m met drie rotorbladen LM 43.8p. Het nominale elektrische vermogen is 2,5 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 9,6 en 17 tpm. De turbines worden hier geplaatst op conische stalen buismasten waardoor de rotoras circa 80 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 125 m hoog. De stalen mast heeft een diameter van 4,05 m aan de voet en 2,95 m aan de top. De turbine begint te draaien bij een windsnelheid van circa 3 m/s. Bij windsnelheden boven 25 m/s wordt de rotor gestopt uit veiligheidsoverwegingen.

De kleur van de rotorbladen en de mast is lichtgrijs. De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is 3,17 m; aan de tip zijn de bladen circa 1 m breed.

¹ Besluit algemene regels voor inrichtingen milieubeheer, 19 oktober 2007, nr.07.00113, Staatsblad 2007/415.

² Reken- en meetvoorschrift windturbines, Staatscourant nr 19592, 23 december 2010.



De Siemens SWT 2.3-93 heeft een rotordiameter van 93 m en drie rotorbladen B45. Het nominale elektrische vermogen is 2,3 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6 en 16 tpm.

De turbine wordt hier geplaatst op een conische stalen mast waardoor de rotoras circa 80 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 127 m hoog. De mast heeft een diameter van circa 4,2 m aan de voet en circa 2,5 m aan de top.

De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 3,5 m, aan de tip zijn de bladen circa 0,8 m breed.



De Nordex N100/2500 heeft een rotordiameter van 100 m met drie rotorbladen. Het nominale elektrische vermogen is 2,5 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 9,6 en 17 tpm. De turbines worden hier geplaatst op conische stalen buismasten waardoor de rotoras circa 80 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 130 m hoog. De stalen mast heeft een diameter van 4,05 m aan de voet en 2,95 m aan de top.

De turbine begint te draaien bij een windsnelheid van circa 3 m/s. Bij windsnelheden boven 25 m/s wordt de rotor gestopt uit veiligheidsoverwegingen.

De kleur van de rotorbladen en de mast is lichtgrijs. De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is 3,17 m; aan de tip zijn de bladen circa 1 m breed.



De Enercon E-101 heeft een rotordiameter van 101 m met drie rotorbladen. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6 en 15 tpm. Het nominale generatorvermogen is 3 MW. De turbine wordt hier geplaatst op een conische mast waardoor de rotoras circa 79 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 130 m hoog. De turbine begint te draaien bij een windsnelheid van circa 3 m/s. Bij windsnelheden boven 28 á 34 m/s wordt de turbine gestopt uit veiligheidsoverwegingen.

De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 4,4 m; aan de tip zijn de bladen circa 0,75 m breed.



De Siemens SWT 2.3-101 heeft een rotordiameter van 101 m en drie rotorbladen B49. Het nominale elektrische vermogen is 2,3 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6 en 16 tpm.

De turbine wordt hier geplaatst op een conische stalen mast waardoor de rotoras circa 80 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 131 m hoog. De mast heeft een diameter van circa 4,2 m aan de voet en circa 2,5 m aan de top.

De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 3,4 m, aan de tip zijn de bladen circa 0,8 m breed.

De direct-drive Siemens SWT 3.0-101 heeft een rotordiameter van 101 m en drie rotorbladen B49. Het nominale elektrische vermogen is 3 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 6 en 16 tpm. De turbine wordt hier geplaatst op een conische stalen mast waardoor de rotoras circa 80 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 131 m hoog.

De mast heeft een diameter van circa 4,2 m aan de voet en circa 2,5 m aan de top. De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 3,4 m, aan de tip zijn de bladen circa 0,8 m breed.



De Siemens SWT 3.6-107 heeft een rotordiameter van 107 m en drie rotorbladen B52. Het nominale elektrische vermogen is 3,6 MW. Het toerental van de rotor is continu variabel tussen circa 5 en 13 tpm.

De turbine wordt hier geplaatst op een conische stalen mast waardoor de rotoras circa 80 m boven het maaiveld komt. Het hoogste punt van de rotor wordt circa 134 m hoog. De mast heeft een diameter van circa 4,2 m aan de voet en circa 2,5 m aan de top.

De rotorbladen zijn semi-mat. De grootste breedte van het blad is circa 4,2 m, aan de tip zijn de bladen circa 1 m breed.



2. Akoestisch onderzoek

Bij lage windsnelheden draaien de turbines met een laag toerental, bij hogere windsnelheden neemt het toerental toe. Bij het lage toerental daalt de bronsterkte. Dit is een gunstige eigenschap: juist bij lage windsnelheden is de kans op eventuele hinder het grootst omdat dan de referentieniveaus het laagst zijn. Bij hogere windsnelheden wordt het turbinegeluid eerder gemaskeerd door windgeluid rondom obstakels zoals gebouwen en beplanting.

2.1 Normstelling

Volgens artikel 3.14a eerste lid van het Activiteitenbesluit wordt het geluidniveau vanwege windturbines dat optreedt bij woningen van derden getoetst aan de waarde $L_{den}=47$ dB en $L_{night}=41$ dB.

2.2 Geluidbron Enercon E-82

Van de Enercon E-82 E2 2,3 MW (mode I) en de Enercon E-82 3 MW (mode III) zijn nog geen gedetailleerde geluidmeetgegevens bekend. Op basis van berekeningen publiceert de leverancier echter een maximale bronsterkte van 104 dB(A) voor de 2,3 MW³ en 106 dB(A) voor de 3 MW⁴ als de turbine werkt op 95% van het nominale vermogen. Dit vermogen wordt opgewekt bij een windsnelheid van circa $V_{as}=11$ m/s. Bij windsnelheden van $V_{10}=7$ m/s bedragen de bronsterkten 103,5 en 105 dB(A).

2.3 Geluidbron Nordex N90/2500 LS

Door Nordex zijn geluidgegevens gepubliceerd van de Nordex N90/2500 LS⁵. De bronsterkte bedraagt 102,5 dB(A) bij een windsnelheid van 7 m/s boven een vlak landbouwgebied. De rotorashoogte bedroeg 80 m. De relatie tussen de bronsterkte en de windsnelheid op 10 m hoogte is circa 1,1 dB(A)/m/s. Er waren geen hoorbare tonen aanwezig en het geluid was niet impulsachtig.

2.4 Geluidbron Siemens SWT 2.3-93

Door Siemens zijn geluidgegevens gepubliceerd van de Siemens SWT 2.3-93⁶. De bronsterkte bedraagt 105,4 dB(A) bij een windsnelheid van 7 m/s boven een vlak landbouwgebied. De rotorashoogte bedroeg 80 m. De relatie tussen de bronsterkte en de windsnelheid op 10 m hoogte is circa 0,7 dB(A)/m/s. Er waren geen hoorbare tonen aanwezig en het geluid was niet impulsachtig.

³ SIAS-04-SPL E-82 E2 OM I 2.3 MW, Enercon, April 2010.

⁴ SIAS-04-SPL E-82 E3 OM I 3 MW, Enercon, mei 2010.

⁵ F008_148_A03 EN_EN_R03_N90LS-2500 kW, Nordex 2010-04-19...

⁶ Acoustic Emission SWT-2.3-93, Siemens 2009.03.31.



2.5 Geluidbron Nordex N100/2500

Door Nordex zijn geluidgegevens gepubliceerd van de Nordex N100/2500⁷. De bronsterkte bedraagt 105,8 dB(A) bij een windsnelheid van 7 m/s boven een vlak landbouwgebied. De rotorashoogte bedroeg 80 m. De relatie tussen de bronsterkte en de windsnelheid op 10 m hoogte is circa 1,5 dB(A)/m/s. Er waren geen hoorbare tonen aanwezig en het geluid was niet impulsachtig.

2.6 Geluidbron Siemens SWT 2.3-101

Door Siemens is de bronsterkte van de SWT 2.3-101 gepubliceerd⁸. Bij een rotorashoogte van 91 m bedraagt de bronsterkte 107 dB(A) bij een windsnelheid van $V_{10}=7$ m/s en een ruwheidslengte van $z_0=0,05$ m. De relatie tussen de bronsterkte en de windsnelheid op 10 m hoogte is circa 1,5 dB(A)/m/s.

2.7 Geluidbron Siemens SWT 3.0-101

Door Siemens is de bronsterkte van de SWT 3.0-101 gepubliceerd⁹. Bij een rotorashoogte van 79,5 m bedraagt de bronsterkte 105,5 dB(A) bij een windsnelheid van $V_{10}=7$ m/s en een ruwheidslengte van $z_0=0,05$ m. De relatie tussen de bronsterkte en de windsnelheid op 10 m hoogte is circa 1,6 dB(A)/m/s. Door het instellen van een noise reduced mode kan de turbine (in stappen van 1 dB) worden ingesteld op een tot 5 dB lagere bronsterkte.

2.8 Geluidbron Enercon E-101

Van de Enercon E-101 zijn nog geen gedetailleerde geluidmeetgegevens bekend. Op basis van berekeningen verwacht de leverancier echter een bronsterkte van 99 dB(A) bij een windsnelheid van $V_{10}=5$ m/s en 106 dB(A) als de turbine werkt op 95% van het nominale vermogen¹⁰. Dit nominale vermogen wordt opgewekt bij een windsnelheid vanaf circa $V_{10}=9$ m/s.

2.9 Geluidbron Siemens SWT 3.6-107

Door DELTA is de bronsterkte van de SWT 3.6-107 gemeten¹¹. Bij een rotorashoogte van 80 m bedraagt de bronsterkte 104,5 dB(A) bij een windsnelheid van $V_{10}=7$ m/s en een ruwheidslengte van $z_0=0,05$ m. De relatie tussen de bronsterkte en de windsnelheid op 10 m hoogte is circa 0,6 dB(A)/m/s.

2.10 Invoer rekenmodel

Van de situatie is een akoestisch rekenmodel opgebouwd met behulp van het programma *Geomilieu*[®] versie 1.90 van DGMR. Hiermee zijn de jaargemiddelde geluidniveaus berekend. De modellering en de overdrachtsberekening zijn uitgevoerd conform het Reken- en meetvoorschrift windturbines.

⁷ F008_228_A03_EN_R04_N100-2500kW, Nordex 2010-14-19.

⁸ Document ID: E R WP-EN431-10-0000-0170-00, Siemens, 2009.03.31.

⁹ SWT-3.0-101 at 79.5 HH Acoustic Emissions, Siemens, 2010.

¹⁰ SA-04-SPL E-101 OM I 3 MW Est Rev1, Enercon, June 2010

¹¹ DELTA Acoustics & Electronics, Projnr: A580293, 6 november 2006.



De geometrie van de omgeving is vastgesteld aan de hand van kaartmateriaal en luchtfoto's. De bodem is als akoestisch absorberend ($B=1$) ingevoerd terwijl enkele wegen en wateroppervlakken zijn ingevoerd als akoestisch reflecterend ($B=0$). De windturbines zijn akoestisch gemodelleerd als rondom uitstralende puntbronnen ter hoogte van de rotoras.

In het akoestische model zijn toetspunten gedefinieerd ter plaatse van nabijgelegen geluidgevoelige bestemmingen van derden:

- Toetspunt 1 ligt bij de woning Gouweveerseweg 8a, circa 485 m ten noordoosten van turbinelocatie 2.
- Toetspunt 2 ligt bij een woning aan de Boterhoekseweg, circa 475 m ten oosten van turbinelocatie 3.

De toetspunten zijn aangegeven in figuur 2 op pagina 31. De beoordelingshoogte is +5 m boven het plaatselijke maaiveld. Op de toetspunten is het langtijdgemiddelde geluidniveau berekend. Het rekenresultaat is het niveau van het invallende geluid (dus exclusief een eventuele bijdrage door reflectie tegen de achterliggende gevel).

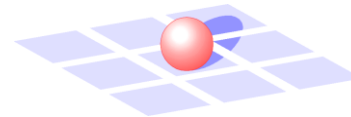
Daarnaast zijn er vier toetspunten o1-o4 ingevoerd op de grens van het natuurgebied Oosterschelde. De beoordelingshoogte is hier 1,5 m boven maaiveld.

Gedetailleerde akoestische informatie over de in het rekenmodel ingevoerde objecten vindt u in de bijlagen.

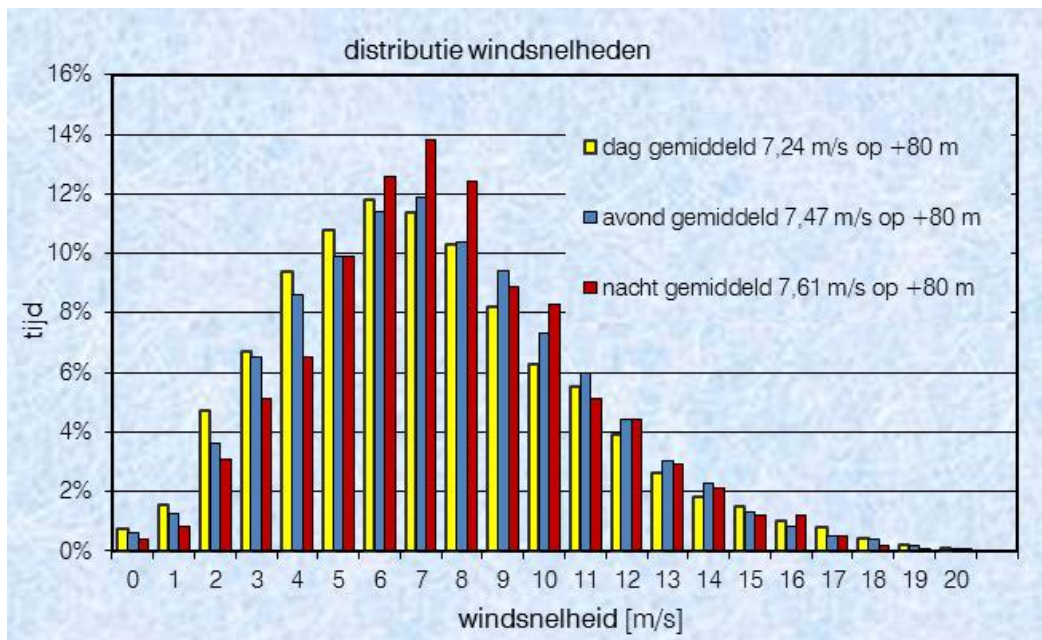
2.11 Windaanbod

De jaargemiddelde bronsterkte L_E van een windturbine is afhankelijk van de optredende windsnelheden op ashoogte. Door het KNMI zijn gegevens gepubliceerd over de distributie van voorkomende windsnelheden op 80 tot 120 m hoogten. Deze distributies zijn gespecificeerd voor de dag, de avond en de nachtperiode. De data zijn gebaseerd op het meteo-model van het KNMI en beschikbaar op rasterpunten over geheel Nederland.

De verschillen tussen de dag, de avond en de nacht zijn beperkt. De verschillen in windsnelheid bij de afzonderlijke turbines zijn ook minimaal. Grafiek 2-1 geeft de verdeling van de jaargemiddelde windsnelheden op +80 m.

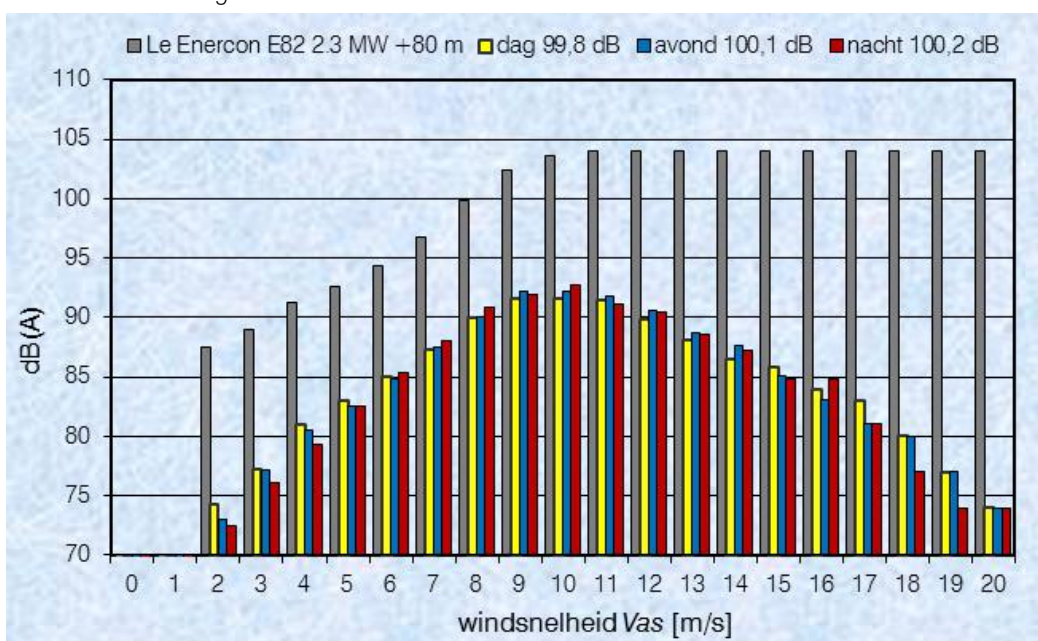


Grafiek 2-1: voorkomende windsnelheden op ashoogte 80 m

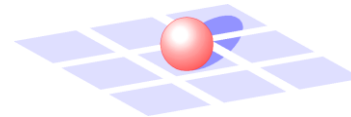


De gerapporteerde bronsterkten in relatie tot de windsnelheid op 10 m hoogte zijn omgerekend naar bronsterkten in relatie tot de windsnelheid op ashoogte. Dit levert de waarden op die zijn weergegeven met grijze staven in Grafiek 2-2 tot en met Grafiek 2-10.

Grafiek 2-2: verdeling bronsterkten Enercon E-82 2.3MW



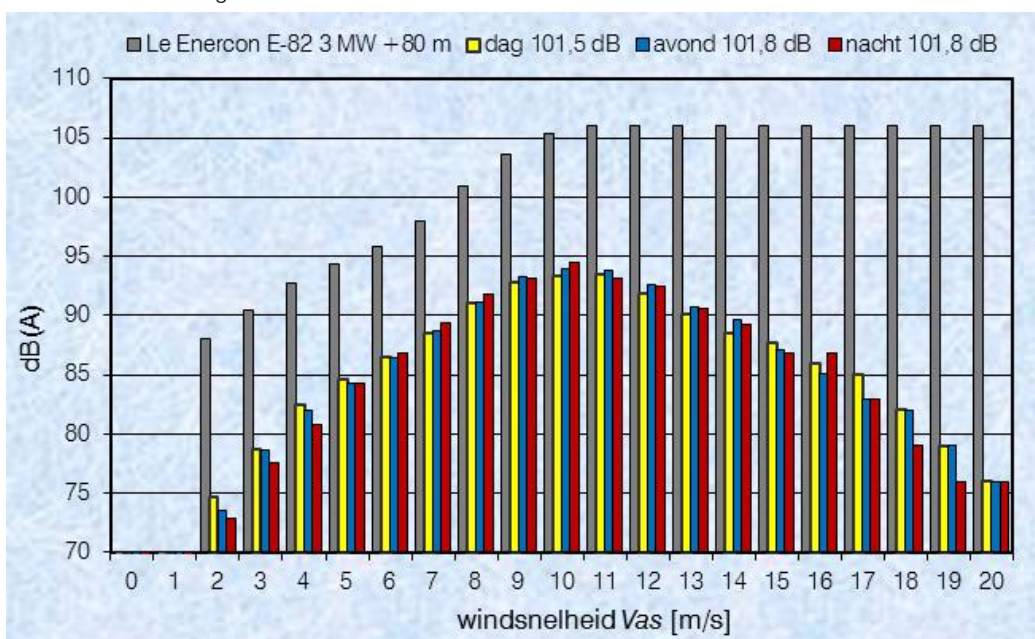
Ter informatie zijn in bovenstaande grafiek ook de gecorrigeerde bronsterkten van de Enercon E 82 2,3 MW weergegeven per windsnelheidsklasse voor de dag, de avond en de nacht. De gele, blauwe en rode staven representeren de bronsterkten gecorrigeerd voor het percentage van de tijd dat de betreffende windsnelheidsklasse optreedt. Hieruit valt op te maken dat het geluid bij windsnelheden



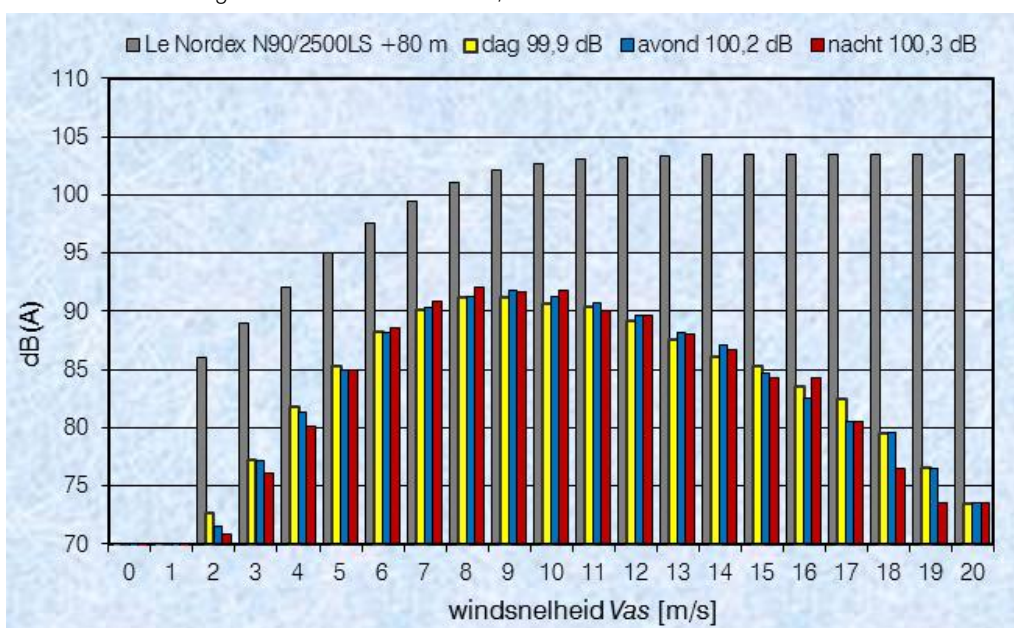
van $V_{as}=8$ tot 12 m/s de hoogste bijdrage levert aan het jaargemiddelde. Het geluid bij windsnelheden tot $V_{as}=5$ m/s en vanaf 15 m/s heeft een lage bijdrage. Cumulatie van deze bronsterkten over alle windsnelheidsklassen levert de jaargemiddelde bronsterkten op. Deze waarden L_E bedragen 99,8 100,1 en 100,2 dB(A) voor respectievelijk de dag, de avond en de nacht.

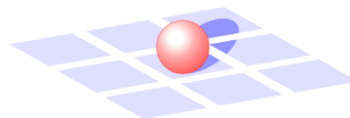
Voor de overige windturbines zijn de verdelingen van bronsterkten weergegeven in Grafiek 2-3 tot en met Grafiek 2-10.

Grafiek 2-3: verdeling bronsterkten Enercon E-82 3 MW

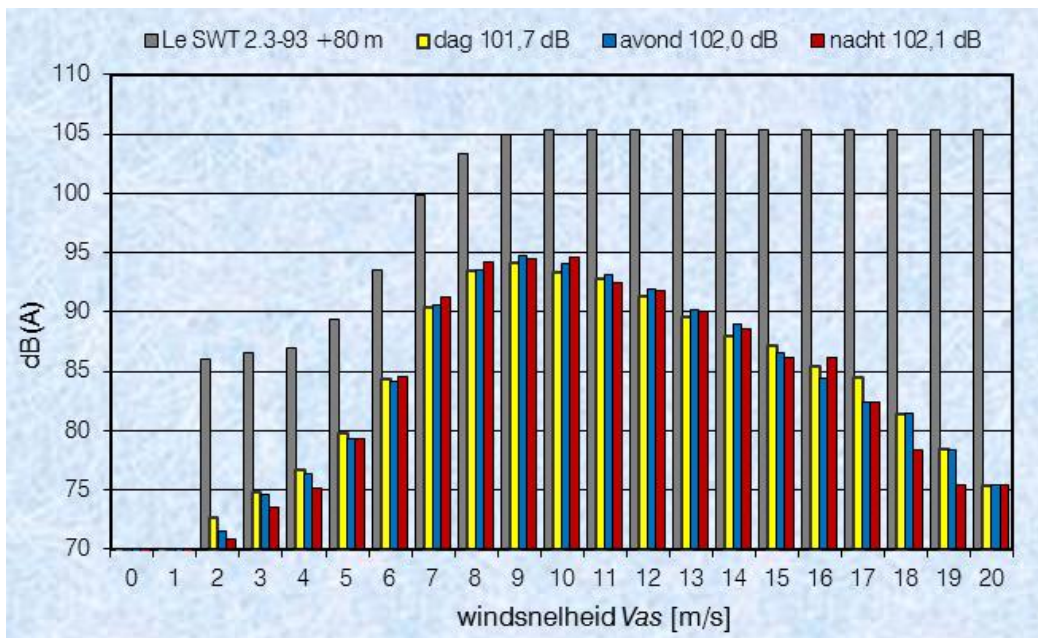


Grafiek 2-4: verdeling bronsterkten Nordex N90/2500LS

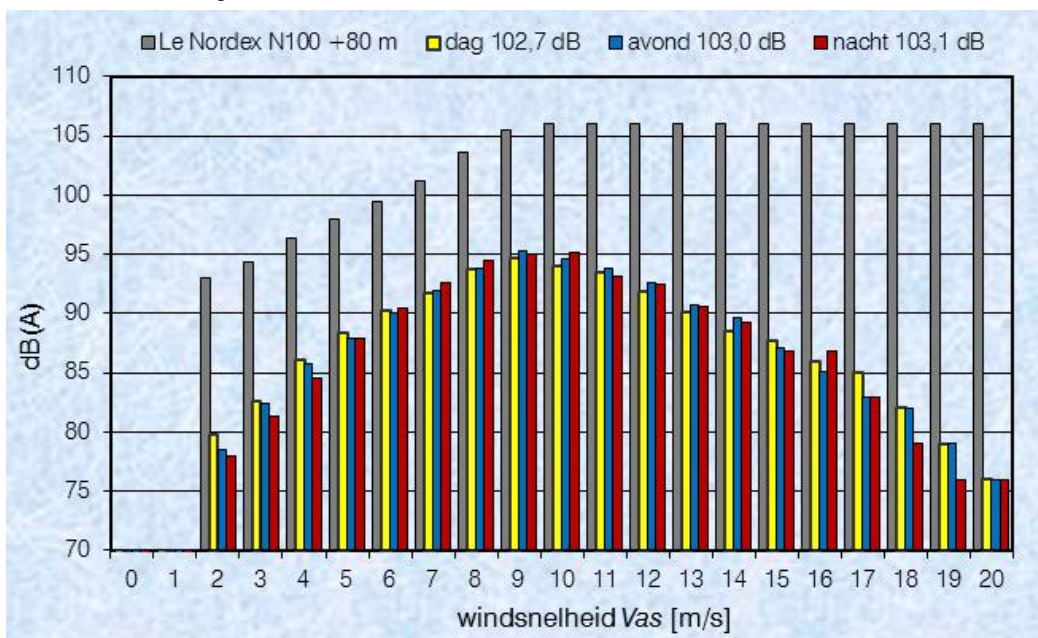


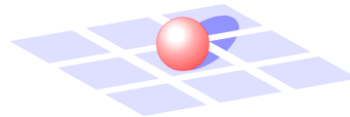


Grafiek 2-5: verdeling bronsterkten Siemens SWT 2.3-93

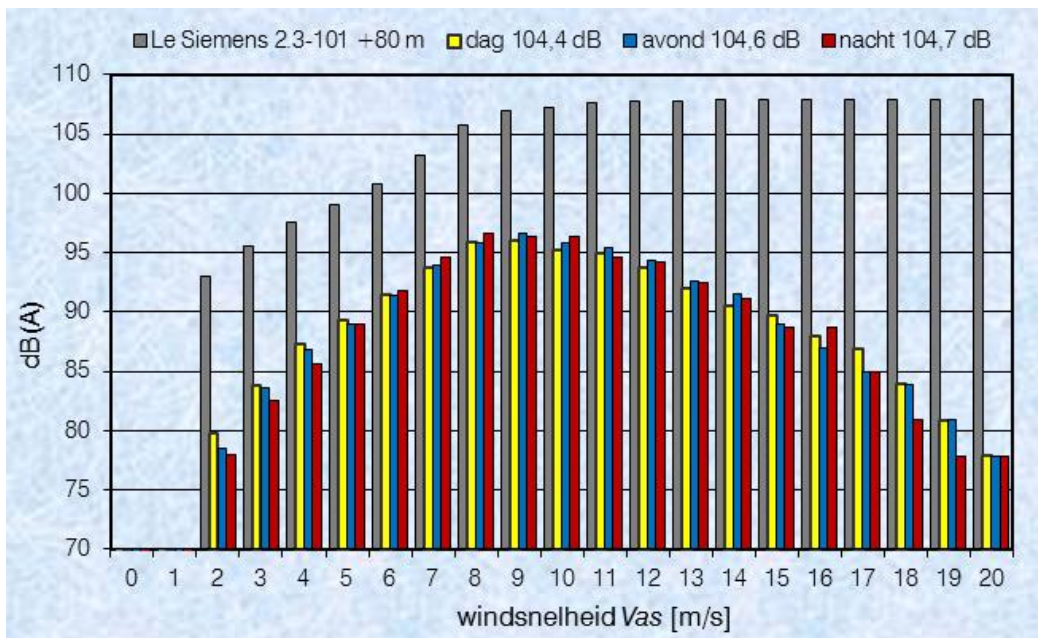


Grafiek 2-6: verdeling bronsterkten Nordex N100/2500

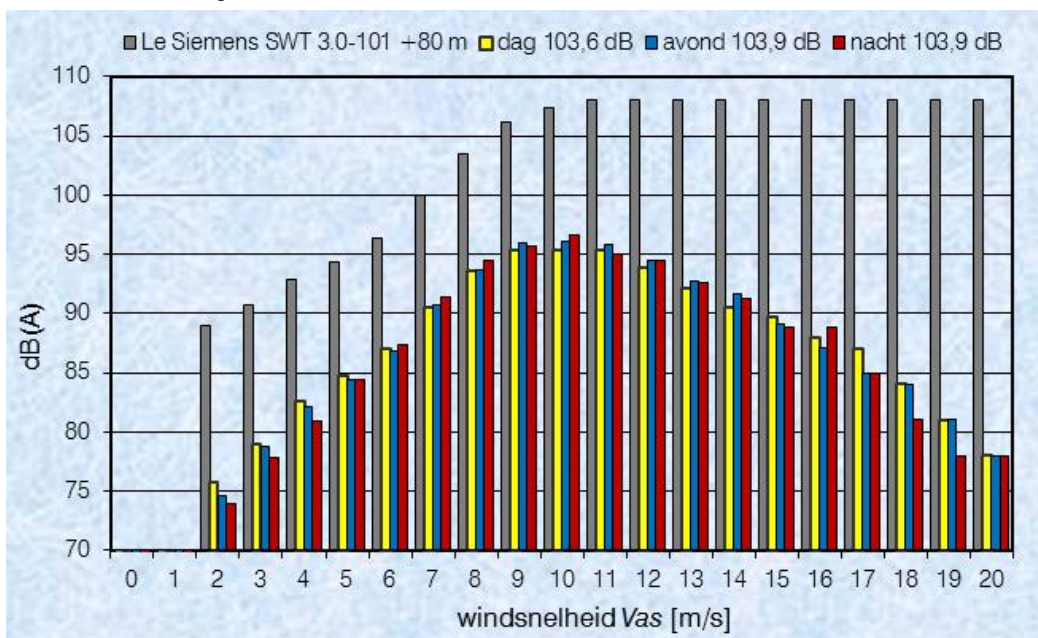




Grafiek 2-7: verdeling bronsterkten Siemens SWT 2.3-101

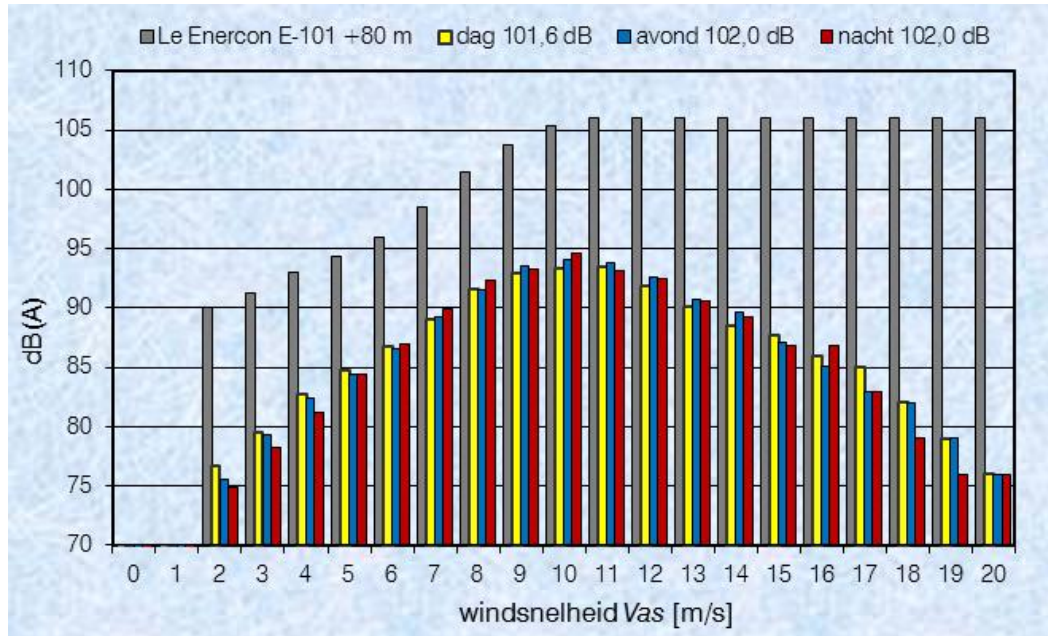


Grafiek 2-8: verdeling bronsterkten Siemens SWT 3.0-101

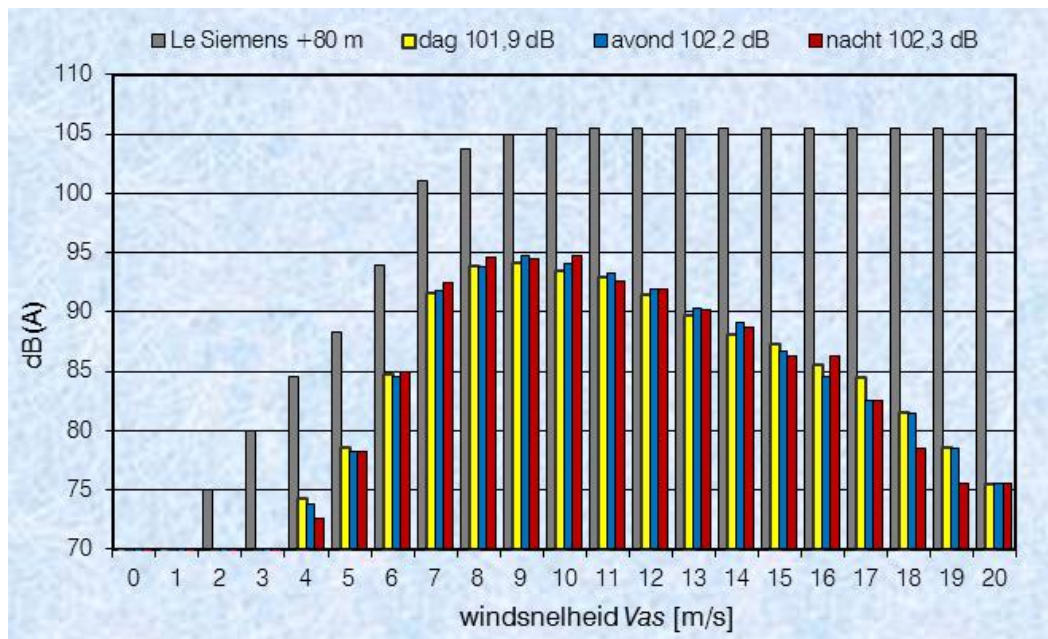




Grafiek 2-9: verdeling bronsterkten Enercon E-101 3 MW



Grafiek 2-10: verdeling bronsterkten Siemens SWT 3.6-107





2.12 Rekenresultaten Enercon E-82 2,3 MW

In Tabel 2-1 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} en L_{night} die daar optreden. L_{den} is het tijdgewogen gemiddelde van:

- Het jaargemiddelde geluidniveau in de dag L_{day} ;
- Het jaargemiddelde geluidniveau in de avond L_{even} vermeerderd met 5 dB;
- Het jaargemiddelde geluidniveau in de nacht L_{night} vermeerderd met 10 dB.

Tabel 2-1: rekenresultaten Enercon E-82 2,3 MW

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	36	36	36	42
2	woning Boterhoekseweg	36	36	36	42
o1	Oosterschelde	35	36	36	42
o2	Oosterschelde	43	44	44	50
o3	Oosterschelde	43	44	44	50
o4	Oosterschelde	44	44	44	50

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

In figuur 2 op pagina 31 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals die optreedt op een waarnemhoogte van +5 m.

2.13 Rekenresultaten Enercon E-82 3 MW

In Tabel 2-2 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-2: rekenresultaten Enercon E-82 3MW

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	37	38	38	44
2	woning Boterhoekseweg	37	38	38	44
o1	Oosterschelde	37	37	37	44
o2	Oosterschelde	45	45	45	52
o3	Oosterschelde	45	45	45	52
o4	Oosterschelde	45	46	46	52

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

In figuur 3 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals die optreedt op een waarnemhoogte van +5 m.



2.14 Rekenresultaten Nordex N90/2500 LS

In Tabel 2-3 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-3: rekenresultaten Nordex N90/2500 LS

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	35	36	36	42
2	woning Boterhoekseweg	35	36	36	42
o1	Oosterschelde	35	35	35	41
o2	Oosterschelde	43	43	43	50
o3	Oosterschelde	43	43	43	50
o4	Oosterschelde	43	44	44	50

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.
In figuur 4 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals die optreedt op een waarnemhoogte van +5 m.

2.15 Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-93

In Tabel 2-4 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-4: rekenresultaten Siemens SWT 2.3-93

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	37	37	37	44
2	woning Boterhoekseweg	37	37	38	44
o1	Oosterschelde	35	36	36	42
o2	Oosterschelde	43	44	44	50
o3	Oosterschelde	43	44	44	50
o4	Oosterschelde	44	44	44	51

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.
In figuur 5 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals die optreedt op een waarnemhoogte van +5 m.



2.16 Rekenresultaten Nordex N100/2500

In Tabel 2-5 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-5: rekenresultaten Nordex N100/2500

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	37	37	37	44
2	woning Boterhoekseweg	37	37	38	44
o1	Oosterschelde	35	36	36	42
o2	Oosterschelde	43	44	44	50
o3	Oosterschelde	43	44	44	50
o4	Oosterschelde	44	44	44	51

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

In figuur 6 op pagina 35 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals die optreedt op een waarneemhoogte van +5 m.

2.17 Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-101

In Tabel 2-6 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-6: rekenresultaten Siemens SWT 2.3-101

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	39	40	40	46
2	woning Boterhoekseweg	40	40	40	46
o1	Oosterschelde	39	39	39	46
o2	Oosterschelde	47	47	48	54
o3	Oosterschelde	47	48	48	54
o4	Oosterschelde	48	48	48	54

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

De Siemens SWT 2.3-101 produceert van de onderzochte turbines het meeste geluid. Dit is het worst-case scenario. In figuur 7 zijn de 37 dB, 42 dB en 47 dB contour weergegeven zoals die optreden op een hoogte van +5 m. Hieruit blijkt dat bij de woonbebouwing in de bebouwde kom van Zierikzee de geluidbelasting circa 15 dB lager is dan de norm.

In figuur 8 is de $L_{night}=41$ dB contour op +5m weergegeven. Hieruit blijkt dat de nachtelijke geluidniveaus bij alle woningen voldoen aan de nachtnorm.

In figuur 9 is de 58 dB contour op +1,5m weergegeven. Hieruit blijkt dat de geluidbelasting in de natuurgebieden lager is dan $L_{den}=58$ dB.



2.18 Rekenresultaten Siemens SWT 3.0-101

In Tabel 2-7 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-7: rekenresultaten Siemens SWT 3.0-101

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	39	39	39	45
2	woning Boterhoekseweg	39	39	39	45
o1	Oosterschelde	38	38	38	45
o2	Oosterschelde	46	47	47	53
o3	Oosterschelde	46	47	47	53
o4	Oosterschelde	47	47	47	53

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

In figuur 10 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals optreedt op een waarneemhoogte van +5 m.

2.19 Rekenresultaten Enercon E-101

In Tabel 2-8 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-8: rekenresultaten Enercon E-101 3 MW

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	37	38	38	44
2	woning Boterhoekseweg	37	38	38	44
o1	Oosterschelde	37	37	37	44
o2	Oosterschelde	45	45	45	52
o3	Oosterschelde	45	45	45	52
o4	Oosterschelde	45	46	46	52

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

In figuur 11 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals optreedt op een waarneemhoogte van +5 m.



2.20 Rekenresultaten Siemens SWT 3.6-107

In Tabel 2-9 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de jaargemiddelde geluidniveaus L_{day} , L_{even} , L_{night} en L_{den} die daar optreden.

Tabel 2-9: rekenresultaten Siemens SWT 3.6-107

Id	omschrijving	L_{day} dB	L_{even} dB	L_{night} dB	L_{den} dB
1	woning Gouweveerse Weg 8a	37	37	37	44
2	woning Boterhoekseweg	37	37	37	44
o1	Oosterschelde	36	37	37	43
o2	Oosterschelde	44	45	45	51
o3	Oosterschelde	45	45	45	51
o4	Oosterschelde	45	45	45	52

Bij alle woningen wordt voldaan aan de norm $L_{den}=47$ dB. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

In figuur 12 is de bijbehorende 47 dB contour weergegeven zoals die optreedt op een waarnemhoogte van +5 m.



3. Onderzoek slagschaduw

3.1 Normstelling

Schaduweffecten van een draaiende windturbine kunnen hinder veroorzaken bij mensen. De flikkerfrequentie, het contrast en de tijdsduur van blootstelling zijn van invloed op de mate van hinder die ondervonden kan worden. Bekend is dat flikkerfrequenties tussen 2,5 en 14 Hz als erg storend worden ervaren en schadelijk kunnen zijn. Een groter verschil tussen licht en donker (meer contrast) wordt als hinderlijker ervaren. Verder speelt de blootstellingsduur een grote rol bij de beleving.

In het Activiteitenbesluit in artikel 3.14 onder 4. wordt verwezen naar de bij de ministeriële regeling te stellen maatregelen. In deze regeling¹² is in artikel 3.12 voorgeschreven dat een turbine is voorzien van een automatische stilstandvoorziening die de windturbine afschakelt indien slagschaduw optreedt ter plaatse van gevoelige objecten voorzover de afstand tussen de turbine en de woning minder bedraagt dan twaalf maal de rotordiameter en gemiddeld meer dan 17 dagen per jaar gedurende meer dan 20 minuten slagschaduw kan optreden¹³. In het kader van dit onderzoek wordt dit artikel als volgt geïnterpreteerd:

- Bij de beoordeling worden alleen woningen van derden betrokken.
- De eventuele schaduw van turbines op een grotere afstand dan twaalf maal de rotordiameter wordt verwaarloosd.
- Schaduw bij een zonnestand lager dan vijf graden wordt als niet-hinderlijk beoordeeld. Bij zonsopkomst en zonsondergang is het licht vrij diffuus en wordt de turbine vaak aan het zicht onttrokken door gebouwen en begroeiing.
- Bij een windpark worden de schaduwduren en schaduwdagen van afzonderlijke turbines opgeteld voor zover de schaduwen elkaar niet overlappen.
- Er is geen stilstandvoorziening nodig als de gemiddelde duur van hinderlijke schaduw minder is dan zes uur per jaar. Dit is een strengere beoordeling dan volgens het Activiteitenbesluit omdat ook nog slagschaduw gedurende minder dan 20 minuten aanvaardbaar wordt geacht buiten de 17 dagen met meer dan 20 minuten slagschaduwhinder en bovendien de hinderduur gedurende 17 dagen per jaar meer mag bedragen dan 20 minuten.

3.2 Schaduwgebied

Bij de opkomst en de ondergang van de zon kan de schaduw van een turbine aan de westkant en aan de oostkant ver reiken. Op afstanden groter dan twaalf maal de rotordiameter wordt de slagschaduw echter niet meer als hinderlijk beoordeeld. Aan de noordzijde wordt het schaduwgebied begrensd omdat de zon in het zuiden altijd hoog staat. Aan de zuidzijde treedt nooit schaduw op omdat de zon nooit in het noorden staat.

¹² Regeling van de minister van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer van 9 november 2007 nr. DJZ 2007104180 houdende algemene regels voor inrichtingen (Regeling algemene regels voor inrichtingen milieubeheer).

¹³ Voor de letterlijke tekst wordt verwezen naar de regeling.



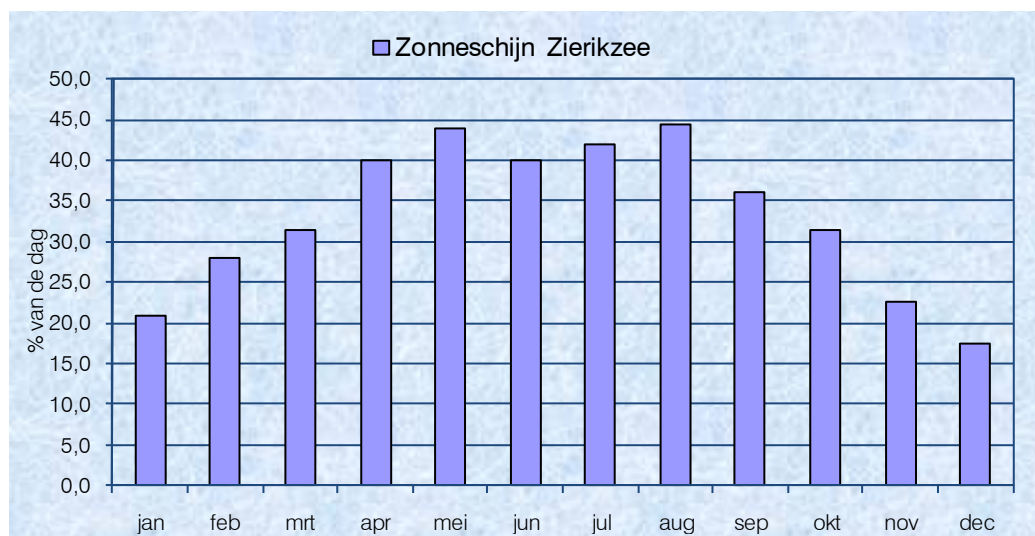
3.3 Potentiële schaduw

Op basis van de turbineafmetingen, de gang van de zon op deze locatie en een minimale zonshoogte van vijf graden, zijn de dagen en tijden berekend waarop slagschaduw kan optreden. De gang van de zon is voor alle dagen van het jaar bepaald met een astronomisch rekenmodel waarbij rekening is gehouden met de betreffende locatie (noorderbreedte en oosterlengte) op de aarde. Deze potentiële hinderduur is een theoretisch maximum. Hieruit is de verwachte hinderduur berekend door het toepassen van correcties. Als gevolg van deze correcties is de verwachte hinderduur aanmerkelijk korter dan de potentiële hinderduur.

3.3.1 Zonneschijn

Schaduw is er alleen als de zon schijnt. Deze correctie is gebaseerd op het percentage van de daglengte dat de zon gemiddeld schijnt in dit gebied en in de betreffende maand. De percentages worden ontleend aan meerjarige data van nabijgelegen meteostations.

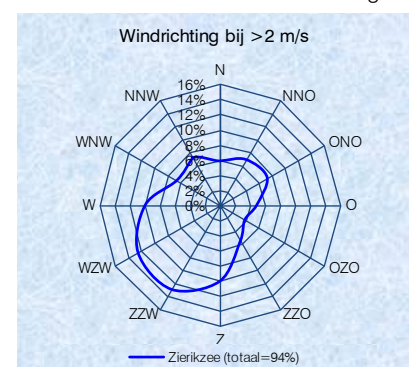
Grafiek 3-1: percentage zonneschijn.



3.3.2 Oriëntatie

Het rotorvlak staat niet altijd haaks op de schaduwrichting waardoor de hinderduur wordt beperkt. Als het rotorvlak evenwijdig staat aan de schaduwrichting treedt er geen of nauwelijks lichtflikkering op. Deze correctie is gebaseerd op de distributie van de voorkomende windrichtingen. De percentages worden ontleend aan meerjarige data van meteostations waarbij alleen de windsnelheden boven 2 m/s zijn betrokken. Afhankelijk van de richting van waaruit de turbine wordt gezien ligt de deze correctie tussen circa 55% en 75%.

Grafiek 3-2: Distributie windrichtingen.





3.3.3 Bedrijfstijd

Slagschaduwhinder treedt alleen op als de rotor draait. De correctie is gebaseerd op de distributie van de voorkomende windsnelheden. Windturbines zijn veelal 80% tot 95% van de tijd in bedrijf.

3.4 Rekenresultaten

Van het windpark zijn de cumulatieve schaduwduren in het omliggende gebied berekend. In figuur 13 tot en met figuur 18 zijn voor de verschillende varianten met een groene, blauwe en een rode isolijn aangegeven waar de totale jaarlijkse verwachte hinderduur 0, 5 of 15 uur bedraagt. Overschrijding van de norm voor de jaarlijkse hinderduur kan optreden bij de woningen binnen de blauwe 5 uur contour. Bij woningen buiten de blauwe 5 uur contour wordt aan de norm voor de maximale hinderduur voldaan.

3.5 Hinderduur bij woningen

De jaarlijkse hinderduur bij vijf woningen (zie figuur 13 tot en met figuur 18) is berekend. Bij de beoordeling van slagschaduwhinder wordt niet uitgegaan van een bepaalde positie maar van een gevelvlak dat alle ramen omvat. Vanwege de afmetingen van dat vlak duurt de schaduwpassage langs het vlak wat langer dan de passage langs een punt. Voor de gevelhoogte is uitgegaan van 5 m en voor de geprojecteerde breedte van het gevelvlak is 8 m aangehouden. In de berekening van de contouren is met deze afmetingen geen rekening gehouden.

De resultaten zijn weergegeven in onderstaande tabellen. In Tabel 3-1 is voor de variant Enercon E-82 per woning aangegeven: de potentiële jaarlijkse hinderduur, het aantal dagen per jaar waarop hinder kan optreden, de maximale passageduur van de schaduw langs de gevel en de verwachte hinderduur per jaar (tijden in uu:mm).

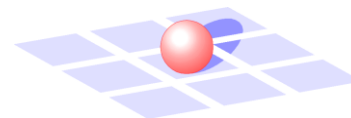
Tabel 3-1: Enercon E-82, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	--	--	--	--
2	31:43	64	0:43	5:25
3	17:40	76	0:30	3:39
4	38:19	104	0:44	7:49
5	25:40	83	0:39	5:34

Binnen een afstand van 395 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een rotorblad. De rotor moet dan haaks staan op de richting van de zon. De schaduw is dan maximaal en wordt als meer hinderlijk ervaren. Op grotere afstanden is de schaduw nooit volledig.

De frequenties van de lichtflikkeringen ligt tussen 0,3 en 1,0 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

Bij de bepaling van de schaduwduren is geen rekening gehouden met eventuele beplanting en gebouwen die het zicht kunnen belemmeren. Hierdoor kan de hinder worden beperkt.



Tabel 3-2: Nordex N90, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduw dagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	--	--	--	--
2	36:52	69	0:47	6:19
3	21:49	83	0:32	4:33
4	44:30	111	0:48	9:07
5	30:22	89	0:43	6:37

Binnen een afstand van 330 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een rotorblad. De frequenties van de lichtflikkeringen ligt tussen 0,5 en 0,9 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

Tabel 3-3: Siemens SWT 2.3-93, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduw dagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	--	--	--	--
2	38:27	72	0:48	6:35
3	23:00	85	0:33	4:48
4	46:16	113	0:49	9:29
5	31:51	93	0:44	6:58

Binnen een afstand van 365 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een rotorblad. De frequenties van de lichtflikkeringen ligt tussen 0,3 en 0,8 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

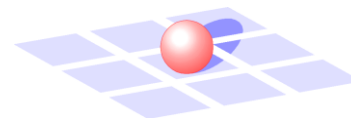
Tabel 3-4: Nordex N100, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduw dagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	0:44	9	0:06	0:05
2	43:05	76	0:51	7:23
3	26:34	93	0:35	5:34
4	51:48	121	0:52	10:38
5	36:06	99	0:47	7:55

Binnen een afstand van 330 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een rotorblad. De frequenties van de lichtflikkeringen ligt tussen 0,5 en 0,8 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

Tabel 3-5: Siemens SWT 2.3-101, SWT 3.0-101 en Enercon E-101, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduw dagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	1:08	10	0:08	0:07
2	43:37	76	0:52	7:29
3	27:06	93	0:35	5:41
4	52:39	121	0:53	10:49
5	36:46	100	0:47	8:03



Binnen een afstand van 355 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een rotorblad. De frequenties van de lichtflikkeringen ligt tussen 0,3 en 0,8 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

Tabel 3-6: Siemens SWT 3.6-107, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	3:20	18	0:14	0:23
2	47:37	80	0:55	8:10
3	30:20	102	0:37	6:23
4	57:13	126	0:56	11:47
5	40:20	103	0:49	8:51

Binnen een afstand van 440 m vanaf een turbine kan de zon volledig bedekt worden door een rotorblad. De frequenties van de lichtflikkeringen ligt tussen 0,25 en 0,65 Hz. Deze frequenties zijn niet extra hinderlijk.

In Tabel 3-7 zijn de verwachte jaarlijkse hinderduren per turbine weergegeven en in de meest rechtse kolom staat het totaal van het windpark. Het totaal kan lager zijn dan de som van de afzonderlijke turbines als er overlap optreedt. De **vetgedrukte** tijden duiden op overschrijding van de norm voor de jaarlijkse hinderduur vanwege het gehele windpark. Deze schaduwtijden worden door een maatregel weggenomen. De eventueel resterende hinderduur is dan minder dan de norm.

Tabel 3-7: Enercon E-82, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	totaal
1	--	--	--	--
2	5:25	--	--	5:25
3	--	1:22	2:17	3:39
4	--	2:08	5:41	7:49
5	--	0:34	5:00	5:34

Tabel 3-8: Nordex N90, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	totaal
1	--	--	--	--
2	6:19	--	--	6:19
3	--	1:50	2:43	4:33
4	--	2:26	6:41	9:07
5	--	0:44	5:53	6:37

Tabel 3-9: SWT 2.3-93, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	totaal
1	--	--	--	--
2	6:35	--	--	6:35
3	--	1:57	2:51	4:48
4	--	2:31	6:58	9:29
5	--	0:48	6:10	6:58



Tabel 3-10: Nordex N100, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	totaal
1	0:05	--	--	0:05
2	7:23	--	--	7:23
3	--	2:20	3:14	5:34
4	--	2:45	7:53	10:38
5	--	0:57	6:58	7:55

Tabel 3-11: Siemens SWT 2.3-101 SWT 3.0-101 en Enercon E-101, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	totaal
1	0:07	--	--	0:07
2	7:29	--	--	7:29
3	--	2:23	3:18	5:41
4	--	2:48	8:01	10:49
5	--	0:58	7:05	8:03

Tabel 3-12: Siemens SWT 3.6-107, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	totaal
1	0:23	--	--	0:23
2	8:10	--	--	8:10
3	--	2:46	3:37	6:23
4	--	3:01	8:46	11:47
5	--	1:05	7:46	8:51

De nauwkeurigheid waarmee de potentiële hinderduur is berekend is relatief hoog. Deze nauwkeurigheid is afhankelijk van de invoer van de geometrie en van de nauwkeurigheid waarmee de zonnestand wordt bepaald. De correcties om te komen tot de verwachte hinderduur zijn echter een voorspelling op basis van de geschiedenis. De meteogegevens zijn bepaald op basis van gemiddelde gemeten data over twintig jaar. De verwachting is dat in de toekomst deze gemiddelden over langere perioden niet veel zullen veranderen maar dit blijft onzeker. In het weer treden grote dagelijkse verschillen op en ook variëren de jaargemiddelde gegevens behoorlijk.



3.6 Maatregelen

Om te voldoen aan de norm voor de jaarlijkse hinderduren, moeten sommige turbines worden voorzien van een stilstandregeling die de rotor stopt. In de turbinebesturingen worden hiervoor blokken van dagen en tijden geprogrammeerd waarin de rotor wordt gestopt als de zon schijnt. De totale stilstandduur kan met een zonnenschijnsensor beperkt worden. Bij de berekening van de verwachte stilstand is daar rekening mee gehouden. De verwachte stilstand is meer dan de totale verwachte hinderduur omdat de stilstandregeling geen rekening houdt met de oriëntatie van de rotor en omdat de geprogrammeerde tijden alle begin- en eindtijden binnen het blok van dagen omvat. De tijden zijn aangegeven in MET (Midden Europese Tijd, wintertijd). Voor de zomertijd moet er een uur worden bijgeteld. Bij de bepaling van het productieverlies is ook rekening gehouden met het per maand variërende windaanbod volgens de meerjarig landelijk gemiddelde maandelijkse windex.

In onderstaande tabel zijn als voorbeeld deze blokken aangegeven voor de varianten met de SWT 2.3-101, de SWT 3.0-101 of de Enercon E-101. Bij andere varianten zijn er minder maatregelen nodig of wat meer bij de variant met de grotere SWT 3.6-107.

Tabel 3-13: Siemens SWT2.3-101, stilstandtijden per turbine.

woning	van	tot	stop	start
turbine 2 verwachte jaarlijkse netto stilstand 19 uur (0,27% verlies)				
2	23-apr	27-mei	19:00	19:40
	17-jul	19-aug	19:10	19:50
turbine 3 verwachte jaarlijkse netto stilstand 41 uur (0,40% verlies).				
4-5	9-mrt	21-apr	17:33	18:45
	22-aug	5-okt	17:18	18:44

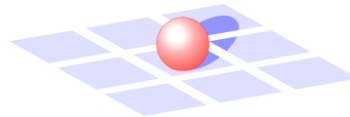


4. Bespreking geluid

Het jaargemiddelde geluidniveau vanwege het windpark bedraagt maximaal $L_{den}=47$ dB ter plaatse van nabij gelegen woningen van derden. Het nachtelijke geluidniveau L_{night} bedraagt niet meer dan 41 dB. Uit het akoestisch onderzoek blijkt dat bij alle woningen wordt voldaan aan de regelgeving. Dat geldt voor alle turbintypen.

Op de grens van het natuurgebied is de geluidbelasting lager dan $L_{den}=58$ dB.

De turbine met de hoogste geluidbelasting is de Siemens SWT 2.3-101. Deze veroorzaakt op de gevel van de meest dichtbijgelegen woning van derden een L_{night} van 40 dB en een L_{den} van 46 dB.



5. Bespreking slagschaduw

Uit het slagschaduwonderzoek blijkt dat hinder wordt verwacht bij woningen van derden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten twee turbines worden voorzien van een automatische regeling die de rotor stopt als er slagschaduw optreedt ter plaatse van enkele woningen van derden. Zeer hinderlijke flikkerfrequenties boven 2,5 Hz komen niet voor.

Door deze maatregelen wordt bij alle woningen van derden voldaan aan de eisen die het Activiteitenbesluit stelt aan de maximale jaarlijkse duur voor slagschaduw-hinder. Dit gaat gepaard met enig opbrengstverlies. Gemiddeld over het gehele windpark bedraagt het productieverlies 0,22% in de variant met de Siemens SWT2.3-101 turbines, voor de andere varianten is dit minder, of iets meer bij de grotere SWT-3.6-107.

Windpark met drie windturbines Enercon E-82

De voorgestelde norm voor de hinderduur (zes uur per jaar) wordt bij een woning overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moet turbine 3 worden voorzien van een automatische regeling die de rotor stopt als er slagschaduw optreedt bij een woning van derden. Er resteren dan nog circa zes woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.

Windpark met drie windturbines Nordex N90

De norm voor de hinderduur wordt bij drie woningen overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten de turbines 1 en 3 worden voorzien van een stilstandregeling. Er resteren dan nog circa zeven woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.

Windpark met drie windturbines Siemens SWT 2.3-93

Met deze turbine wordt de norm bij drie woningen overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten de turbines 1 en 3 worden voorzien van een stilstandregeling. Er resteren dan nog circa acht woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.

Windpark met drie windturbines Nordex N100

De norm voor de hinderduur wordt bij drie woningen overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten de turbines 1 en 3 worden voorzien van een stilstandregeling. Er resteren dan nog circa acht woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.

Windpark met drie windturbines Siemens SWT 2.3-101, SWT 3.0 of Enercon E-101

Met deze grote turbine wordt de norm bij drie woningen overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten de turbines 1 en 3 worden voorzien van een stilstandregeling. Er resteren dan nog circa acht woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.

Windpark met drie windturbines Siemens SWT 3.6-107

Met deze grootste turbine wordt de norm voor de hinderduur bij vier woningen overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten de turbines 1 en 3 worden voorzien van een stilstandregeling. Er resteren dan nog circa zeven woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.



Van Grinsven Advies,
L.A.M. van Grinsven.



Bodemgebieden

Id	Omschr.	X	Y	Bf
1	Gouweveerse Zeedijk	54810,94	407050,57	0,00
2	Boterhoekseweg	55421,37	405077,45	0,00
3	water	54267,01	405832,39	0,00

Rekenpunten geluid

Id	Omschr.	X	Y	Hoogte
1	woning Gouweveerse Weg 8a	55339,37	406401,22	5,00
2	woning Boterhoekseweg	55810,26	405189,30	5,00
o1	Oosterschelde	54630,00	406343,00	1,50
o2	Oosterschelde	54812,59	406059,22	1,50
o3	Oosterschelde	55007,00	405582,00	1,50
o4	Oosterschelde	55348,36	405020,33	1,50

Rekenraster geluid

Id	Omschr.	X	Y	Hoogte	DeltaX	DeltaY	X-aantal	Y-aantal
1	grid	54368,23	403115,90	5,00	45	45	102	117
2	grid	54368,23	403115,90	1,50	45	45	102	117

Rekenpunten slagschaduw

Id	Omschr.	X	Y
1	woning Gouweveerse Weg	55338,18	406783,00
2	woning Gouweveerse Weg	55348,13	406395,87
3	woning Boterhoekseweg	55990,71	405192,60
4	woning Boterhoekseweg	55813,17	405189,370
6	woning Boterhoekseweg	55842,22	405124,81

Turbines geometrie

Id	Omschr.	X	Y	Hoogte
1	Enercon E-82 - 2.3 MW	54937,00	406124,00	78,00
2	Enercon E-82 - 2.3 MW	55137,00	405637,00	78,00
3	Enercon E-82 - 2.3 MW	55337,00	405150,00	78,00

De andere turbintypen staan op dezelfde XY coördinaten.

Turbines jaargemiddelde bronsterkten dag

1	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,13	89,83	91,23	94,93	95,13	88,23	75,03	74,63	99,84
2	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,13	89,83	91,23	94,93	95,13	88,23	75,03	74,63	99,84
3	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,13	89,83	91,23	94,93	95,13	88,23	75,03	74,63	99,84
1	Enercon E-82 3 MW	--	85,79	91,49	92,89	96,59	96,79	89,89	76,69	76,29	101,50
2	Enercon E-82 3 MW	--	85,79	91,49	92,89	96,59	96,79	89,89	76,69	76,29	101,50
3	Enercon E-82 3 MW	--	85,79	91,49	92,89	96,59	96,79	89,89	76,69	76,29	101,50
1	Nordex N90/2500 LS	--	84,81	89,81	94,01	94,01	91,11	91,31	89,21	79,01	99,94
2	Nordex N90/2500 LS	--	84,81	89,81	94,01	94,01	91,11	91,31	89,21	79,01	99,94
3	Nordex N90/2500 LS	--	84,81	89,81	94,01	94,01	91,11	91,31	89,21	79,01	99,94
1	Siemens 2.3 MW - 93	--	79,66	90,46	97,26	96,66	92,96	89,96	86,46	80,26	101,67
2	Siemens 2.3 MW - 93	--	79,66	90,46	97,26	96,66	92,96	89,96	86,46	80,26	101,67
3	Siemens 2.3 MW - 93	--	79,66	90,46	97,26	96,66	92,96	89,96	86,46	80,26	101,67
1	Nordex N100/2500	--	83,89	89,61	96,38	98,08	96,28	91,68	90,08	81,98	102,75
2	Nordex N100/2500	--	83,89	89,61	96,38	98,08	96,28	91,68	90,08	81,98	102,75
3	Nordex N100/2500	--	83,89	89,61	96,38	98,08	96,28	91,68	90,08	81,98	102,75
1	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,34	91,54	95,64	99,24	99,44	96,04	88,64	84,34	104,38
2	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,34	91,54	95,64	99,24	99,44	96,04	88,64	84,34	104,38
3	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,34	91,54	95,64	99,24	99,44	96,04	88,64	84,34	104,38
1	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,53	90,73	94,83	98,43	98,63	95,23	87,83	83,53	103,57
2	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,53	90,73	94,83	98,43	98,63	95,23	87,83	83,53	103,57
3	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,53	90,73	94,83	98,43	98,63	95,23	87,83	83,53	103,57
1	Enercon E-101 3 MW	--	85,93	91,63	93,03	96,73	96,93	90,03	76,83	76,43	101,64
2	Enercon E-101 3 MW	--	85,93	91,63	93,03	96,73	96,93	90,03	76,83	76,43	101,64
3	Enercon E-101 3 MW	--	85,93	91,63	93,03	96,73	96,93	90,03	76,83	76,43	101,64
1	Siemens SWT 3.6 MW - 107	70,99	82,54	91,19	96,05	95,40	94,73	93,58	89,84	83,32	101,88
2	Siemens SWT 3.6 MW - 107	70,99	82,54	91,19	96,05	95,40	94,73	93,58	89,84	83,32	101,88
3	Siemens SWT 3.6 MW - 107	70,99	82,54	91,19	96,05	95,40	94,73	93,58	89,84	83,32	101,88



Turbines jaargemiddelde bronsterkten avond

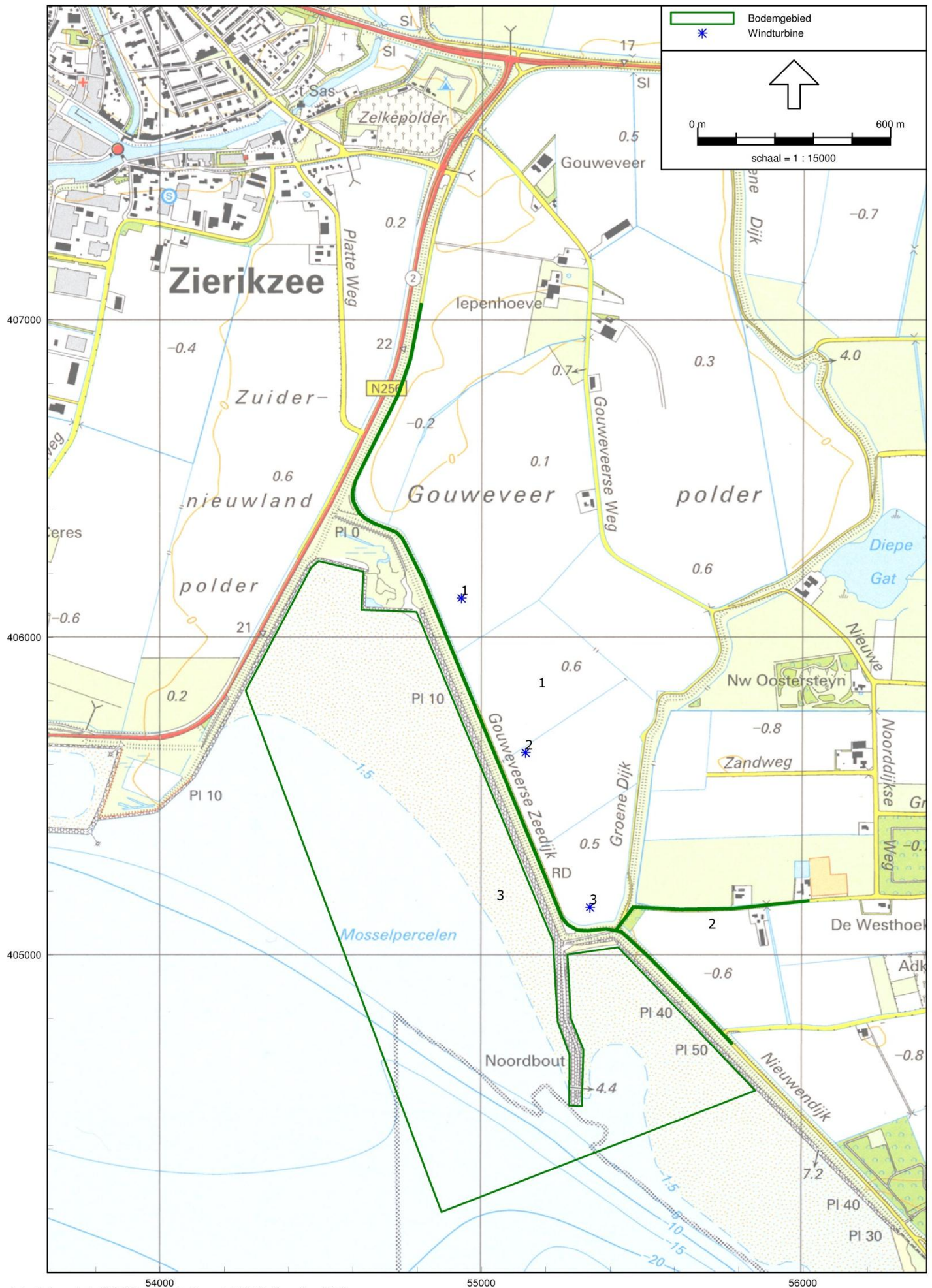
1	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,44	90,14	91,54	95,24	95,44	88,54	75,34	74,94	100,15
2	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,44	90,14	91,54	95,24	95,44	88,54	75,34	74,94	100,15
3	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,44	90,14	91,54	95,24	95,44	88,54	75,34	74,94	100,15
1	Enercon E-82 3 MW	--	86,11	91,81	93,21	96,91	97,11	90,21	77,01	76,61	101,82
2	Enercon E-82 3 MW	--	86,11	91,81	93,21	96,91	97,11	90,21	77,01	76,61	101,82
3	Enercon E-82 3 MW	--	86,11	91,81	93,21	96,91	97,11	90,21	77,01	76,61	101,82
1	Nordex N90/2500 LS	--	85,06	90,06	94,26	94,26	91,36	91,56	89,46	79,26	100,19
2	Nordex N90/2500 LS	--	85,06	90,06	94,26	94,26	91,36	91,56	89,46	79,26	100,19
3	Nordex N90/2500 LS	--	85,06	90,06	94,26	94,26	91,36	91,56	89,46	79,26	100,19
1	Siemens 2.3 MW - 93	--	79,99	90,79	97,59	96,99	93,29	90,29	86,79	80,59	102,00
2	Siemens 2.3 MW - 93	--	79,99	90,79	97,59	96,99	93,29	90,29	86,79	80,59	102,00
3	Siemens 2.3 MW - 93	--	79,99	90,79	97,59	96,99	93,29	90,29	86,79	80,59	102,00
1	Nordex N100/2500	--	84,17	89,89	96,66	98,36	96,56	91,96	90,36	82,26	103,03
2	Nordex N100/2500	--	84,17	89,89	96,66	98,36	96,56	91,96	90,36	82,26	103,03
3	Nordex N100/2500	--	84,17	89,89	96,66	98,36	96,56	91,96	90,36	82,26	103,03
1	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,62	91,82	95,92	99,52	99,72	96,32	88,92	84,62	104,66
2	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,62	91,82	95,92	99,52	99,72	96,32	88,92	84,62	104,66
3	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,62	91,82	95,92	99,52	99,72	96,32	88,92	84,62	104,66
1	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,86	91,06	95,16	98,76	98,96	95,56	88,16	83,86	103,90
2	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,86	91,06	95,16	98,76	98,96	95,56	88,16	83,86	103,90
3	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,86	91,06	95,16	98,76	98,96	95,56	88,16	83,86	103,90
1	Enercon E-101 3 MW	--	86,24	91,94	93,34	97,04	97,24	90,34	77,14	76,74	101,95
2	Enercon E-101 3 MW	--	86,24	91,94	93,34	97,04	97,24	90,34	77,14	76,74	101,95
3	Enercon E-101 3 MW	--	86,24	91,94	93,34	97,04	97,24	90,34	77,14	76,74	101,95
1	Siemens SWT 3.6 MW - 107	71,31	82,87	91,51	96,37	95,73	95,05	93,91	90,16	83,64	102,21
2	Siemens SWT 3.6 MW - 107	71,31	82,87	91,51	96,37	95,73	95,05	93,91	90,16	83,64	102,21
3	Siemens SWT 3.6 MW - 107	71,31	82,87	91,51	96,37	95,73	95,05	93,91	90,16	83,64	102,21

Turbines jaargemiddelde bronsterkten nacht

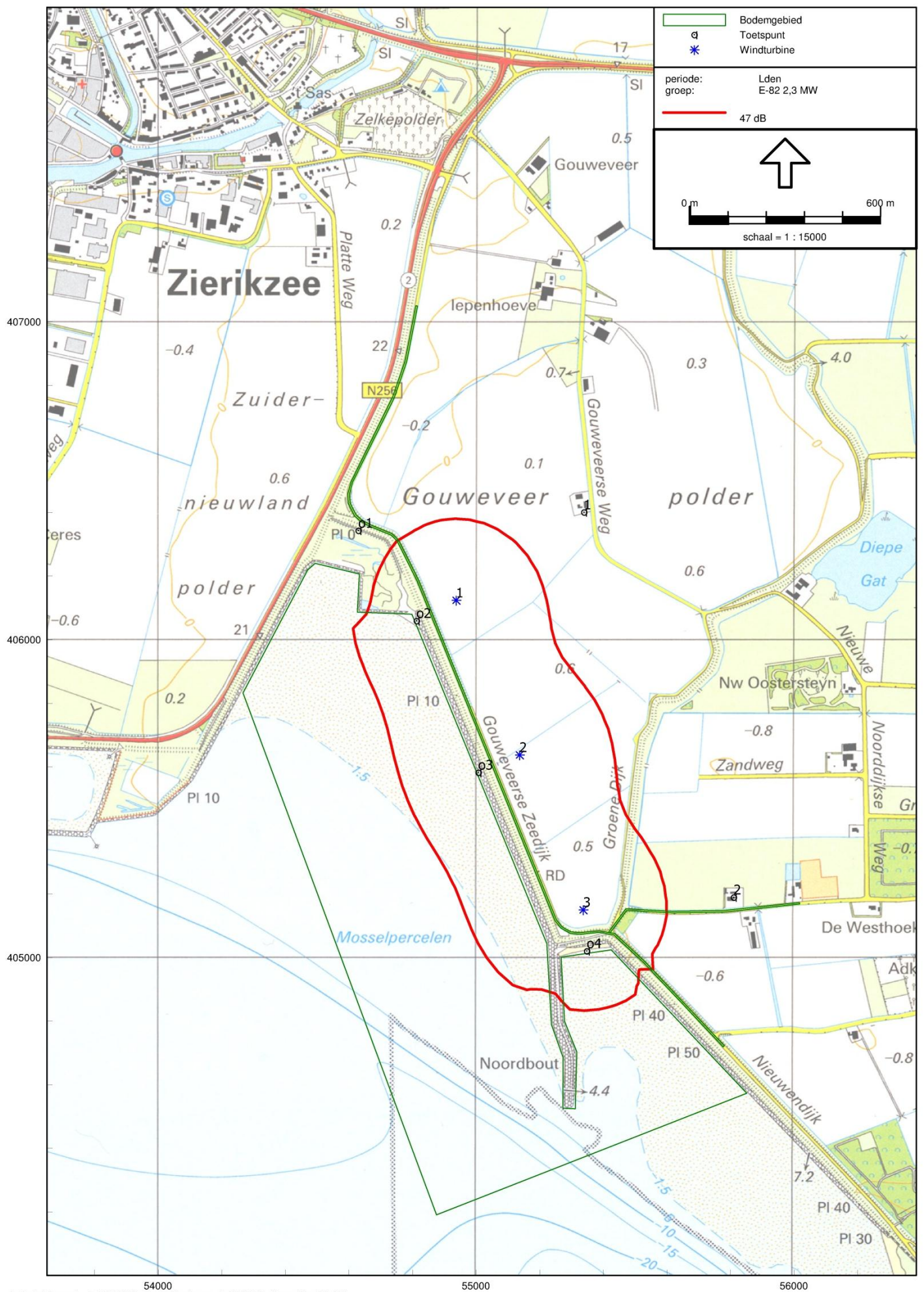
1	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,48	90,18	91,58	95,28	95,48	88,58	75,38	74,98	100,19
2	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,48	90,18	91,58	95,28	95,48	88,58	75,38	74,98	100,19
3	Enercon E-82 - 2.3 MW	--	84,48	90,18	91,58	95,28	95,48	88,58	75,38	74,98	100,19
1	Enercon E-82 3 MW	--	86,13	91,83	93,23	96,93	97,13	90,23	77,03	76,63	101,84
2	Enercon E-82 3 MW	--	86,13	91,83	93,23	96,93	97,13	90,23	77,03	76,63	101,84
3	Enercon E-82 3 MW	--	86,13	91,83	93,23	96,93	97,13	90,23	77,03	76,63	101,84
1	Nordex N90/2500 LS	--	85,18	90,18	94,38	94,38	91,48	91,68	89,58	79,38	100,31
2	Nordex N90/2500 LS	--	85,18	90,18	94,38	94,38	91,48	91,68	89,58	79,38	100,31
3	Nordex N90/2500 LS	--	85,18	90,18	94,38	94,38	91,48	91,68	89,58	79,38	100,31
1	Siemens 2.3 MW - 93	--	80,10	90,90	97,70	97,10	93,40	90,40	86,90	80,70	102,11
2	Siemens 2.3 MW - 93	--	80,10	90,90	97,70	97,10	93,40	90,40	86,90	80,70	102,11
3	Siemens 2.3 MW - 93	--	80,10	90,90	97,70	97,10	93,40	90,40	86,90	80,70	102,11
1	Nordex N100/2500	--	84,25	89,97	96,74	98,44	96,64	92,04	90,44	82,34	103,11
2	Nordex N100/2500	--	84,25	89,97	96,74	98,44	96,64	92,04	90,44	82,34	103,11
3	Nordex N100/2500	--	84,25	89,97	96,74	98,44	96,64	92,04	90,44	82,34	103,11
1	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,71	91,91	96,01	99,61	99,81	96,41	89,01	84,71	104,75
2	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,71	91,91	96,01	99,61	99,81	96,41	89,01	84,71	104,75
3	Siemens 2.3 MW - 101	--	80,71	91,91	96,01	99,61	99,81	96,41	89,01	84,71	104,75
1	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,88	91,08	95,18	98,78	98,98	95,58	88,18	83,88	103,92
2	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,88	91,08	95,18	98,78	98,98	95,58	88,18	83,88	103,92
3	Siemens SWT 3.0 MW - 101	--	79,88	91,08	95,18	98,78	98,98	95,58	88,18	83,88	103,92
1	Enercon E-101 3 MW	--	86,27	91,97	93,37	97,07	97,27	90,37	77,17	76,77	101,98
2	Enercon E-101 3 MW	--	86,27	91,97	93,37	97,07	97,27	90,37	77,17	76,77	101,98
3	Enercon E-101 3 MW	--	86,27	91,97	93,37	97,07	97,27	90,37	77,17	76,77	101,98
1	Siemens SWT 3.6 MW - 107	71,44	82,99	91,64	96,50	95,86	95,18	94,03	90,29	83,77	102,34
2	Siemens SWT 3.6 MW - 107	71,44	82,99	91,64	96,50	95,86	95,18	94,03	90,29	83,77	102,34
3	Siemens SWT 3.6 MW - 107	71,44	82,99	91,64	96,50	95,86	95,18	94,03	90,29	83,77	102,34



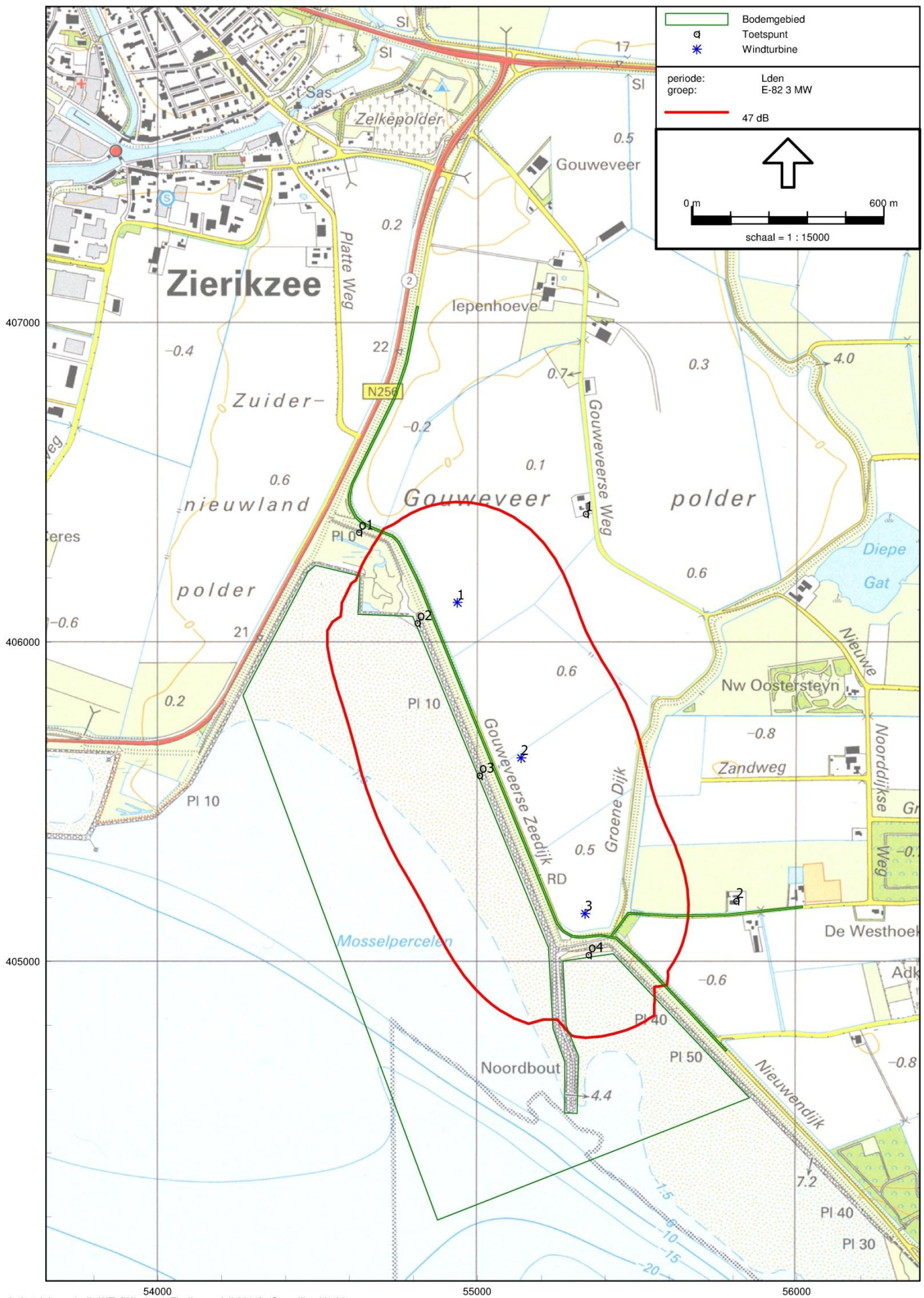
Flikkerfrequentie	Het aantal passages per seconde van een rotorblad. Flikkerfrequenties boven 2,5 Hz (2,5 passages per seconde) zijn zeer hinderlijk voor mensen maar komen bij grotere windturbines niet voor.
Gevoelige bestemming	Woningen zijn gevoelige bestemmingen, waarbij wettelijk geluidhinder onderzocht moet worden. Onderzoek naar slagschaduwhinder is niet wettelijk verplicht maar wordt geadviseerd indien gevoelige bestemmingen binnen een afstand van twaalf maal de rotordiameter aanwezig zijn. Kantoren en gebouwen op industrieterreinen zijn geen gevoelige objecten.
Gevelvlak	De slagschaduw wordt niet getoetst op een enkel punt maar op een vlak dat alle ramen van een verblijfsruimte omvat. In dit onderzoek wordt een vlak beoordeeld met een geprojecteerde breedte van acht meter en een hoogte van vijf meter.
Hinderduur	De hinderduur is de verwachte gemiddelde duur per jaar van hinderlijke slagschaduw op de gevel. Hierbij is de potentiële schaduwduur gecorrigeerd voor de maandelijkse kans op zon, de kans op het draaien van de rotor en de richting van het rotorvlak. Als een jaar zonniger is dan gemiddeld kan de hinderduur langer zijn dan de gemiddelde hinderduur.
Lichtflikkeringen	Als de schaduw van een rotorblad langs het gevelvlak gaat zal verschil in lichtintensiteit optreden. Het aantal lichtflikkeringen per periode bepaalt de flikkerfrequentie.
Meteogegevens	Statistische gegevens van meetstations in de omgeving van het windpark. De meteogegevens bevatten de distributies van windsnelheden en windrichtingen en de maandelijkse kans op zonneshijn.
Passageduur	De maximale duur op een dag van de schaduw op (een deel van) het gevelvlak. Hierbij wordt uitgegaan van continu zonneshijn en de meest ongunstige richting van het rotorvlak.
Potentiële schaduwduur	De jaarlijkse duur van de schaduw over het gevelvlak indien de zon altijd schijnt, de turbine altijd in werking is en de richting van de rotor altijd dwars staat op de lijn van de turbine naar de woning.
Slagschaduw	Bewegende schaduw van de draaiende rotorbladen. Bij slagschaduw op een raam wordt het afwisselend licht en donker in de verblijfsruimte. Buiten is dit minder hinderlijk omdat het licht dan vanuit meerdere richtingen komt.
Stilstandvoorziening	Instellingen voor de turbine waardoor deze stilgezet kan worden indien anders de norm voor slagschaduwhinder overschreden zou worden. Een stilstandvoorziening kan als optie geïnstalleerd worden. De voorziening moet automatisch werken.



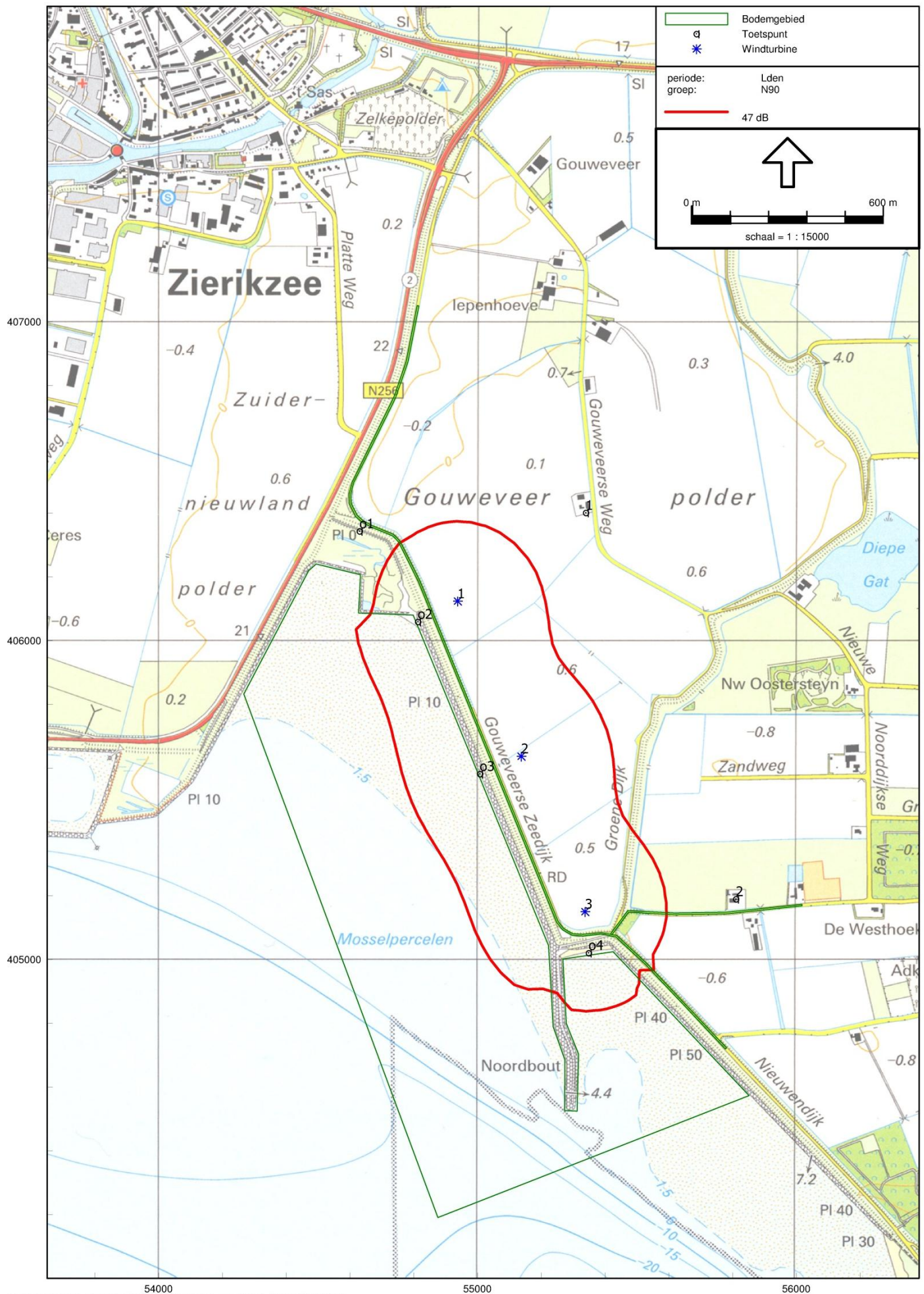
figuur 2 : geluidcontour E-82 2,3 MW en toetspunten

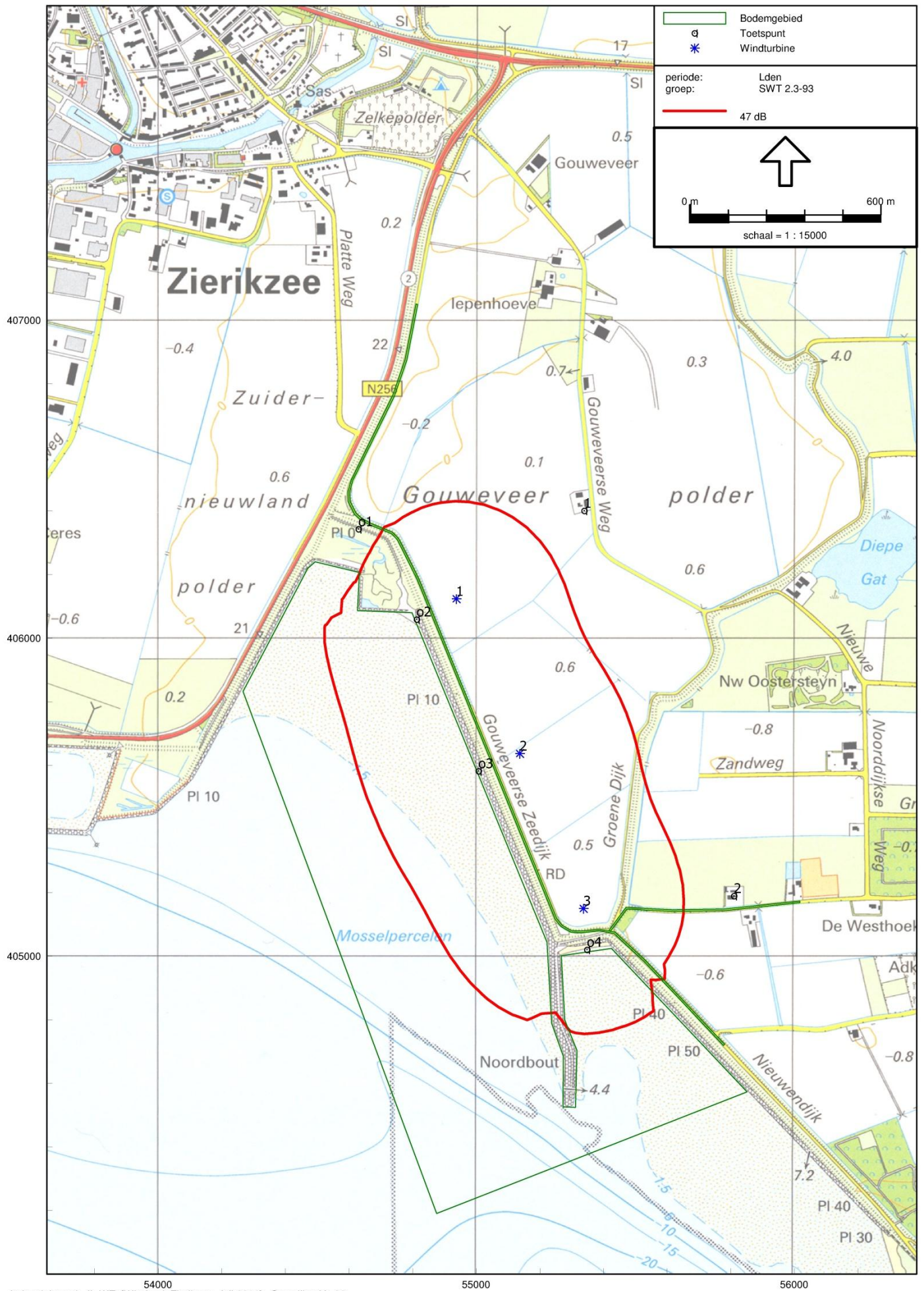


figuur 3 : geluidcontour E-82 3 MW en toetspunten

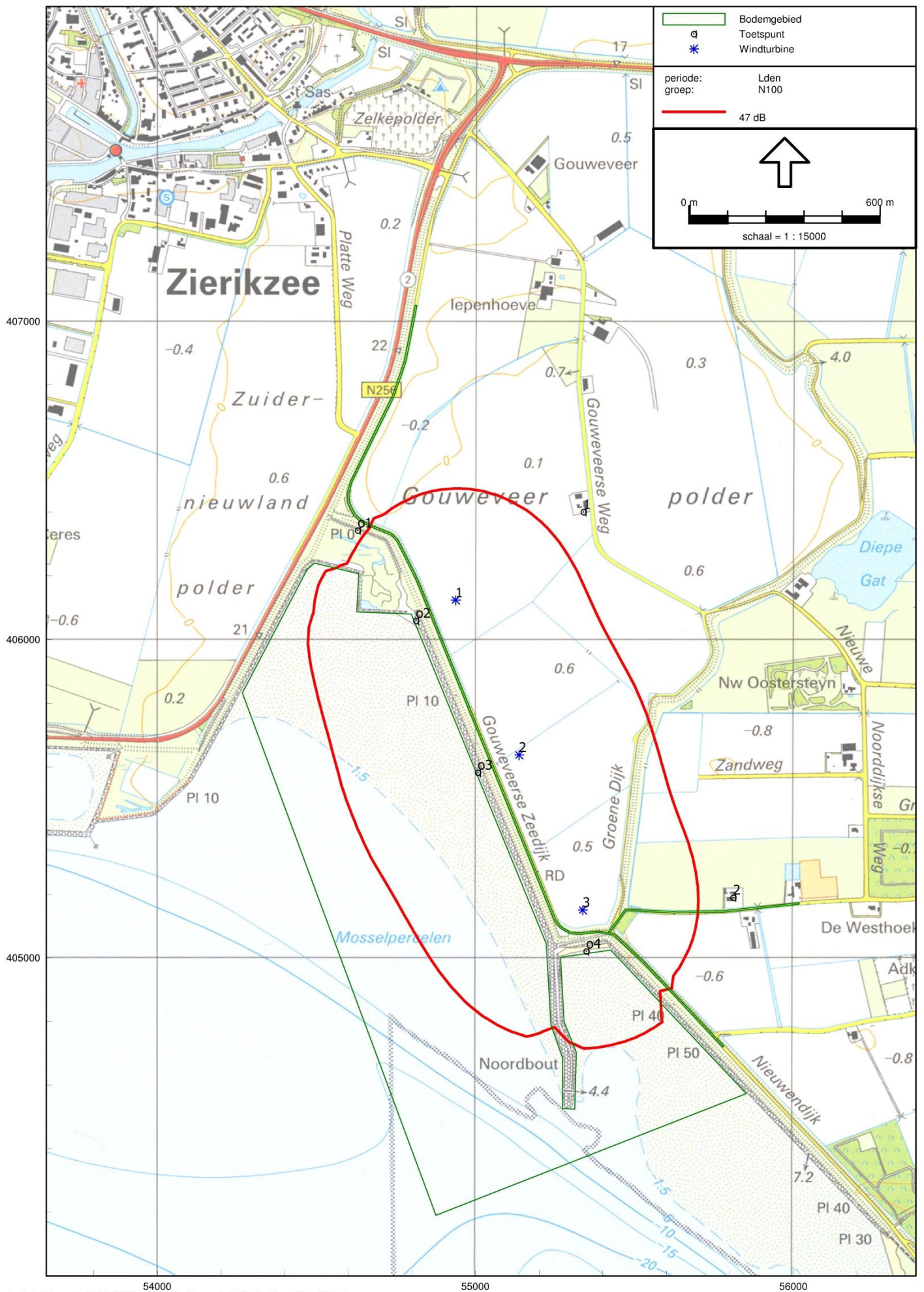


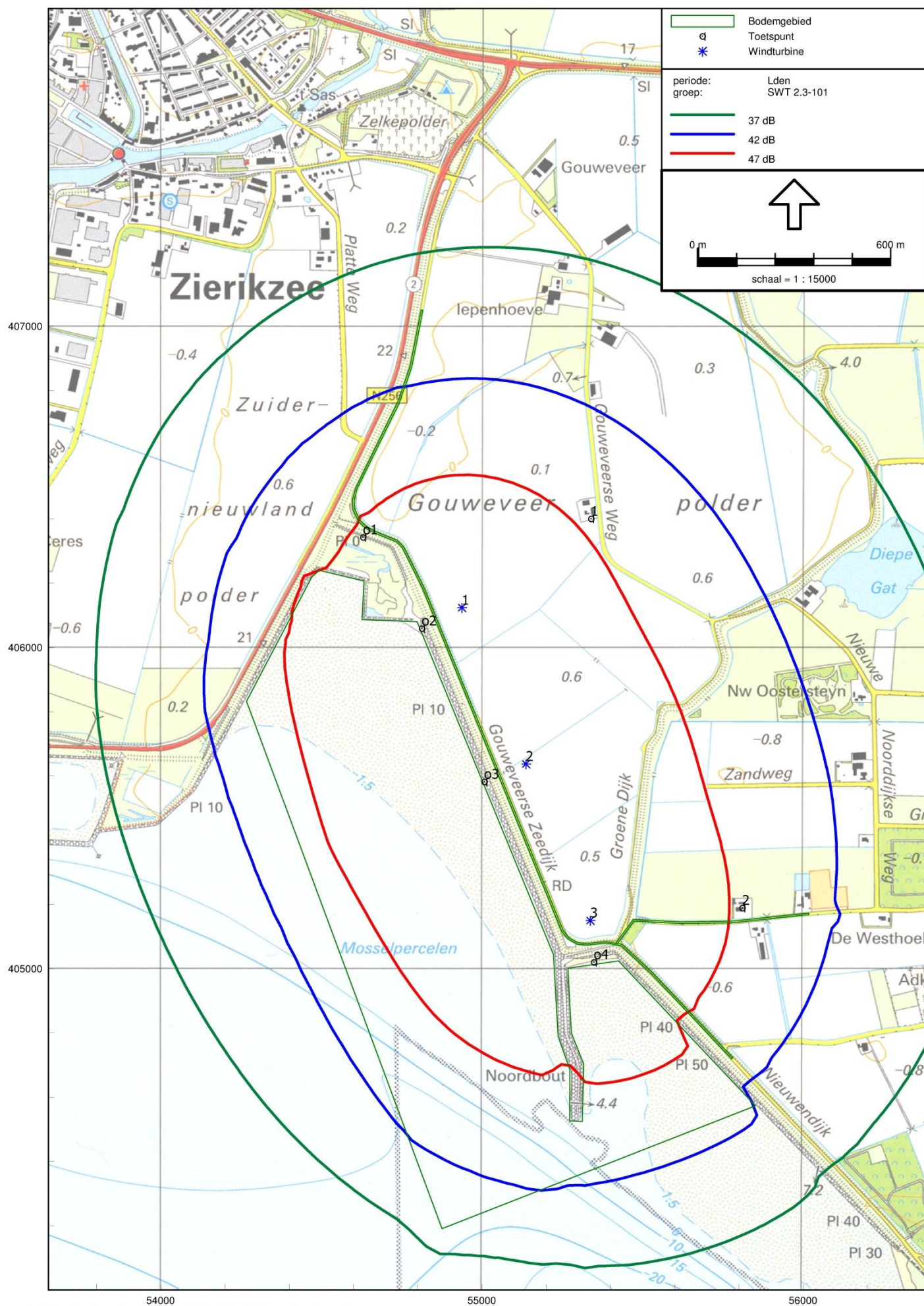
figuur 4 : geluidcontour N90/2500 LS en toetspunten

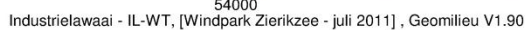


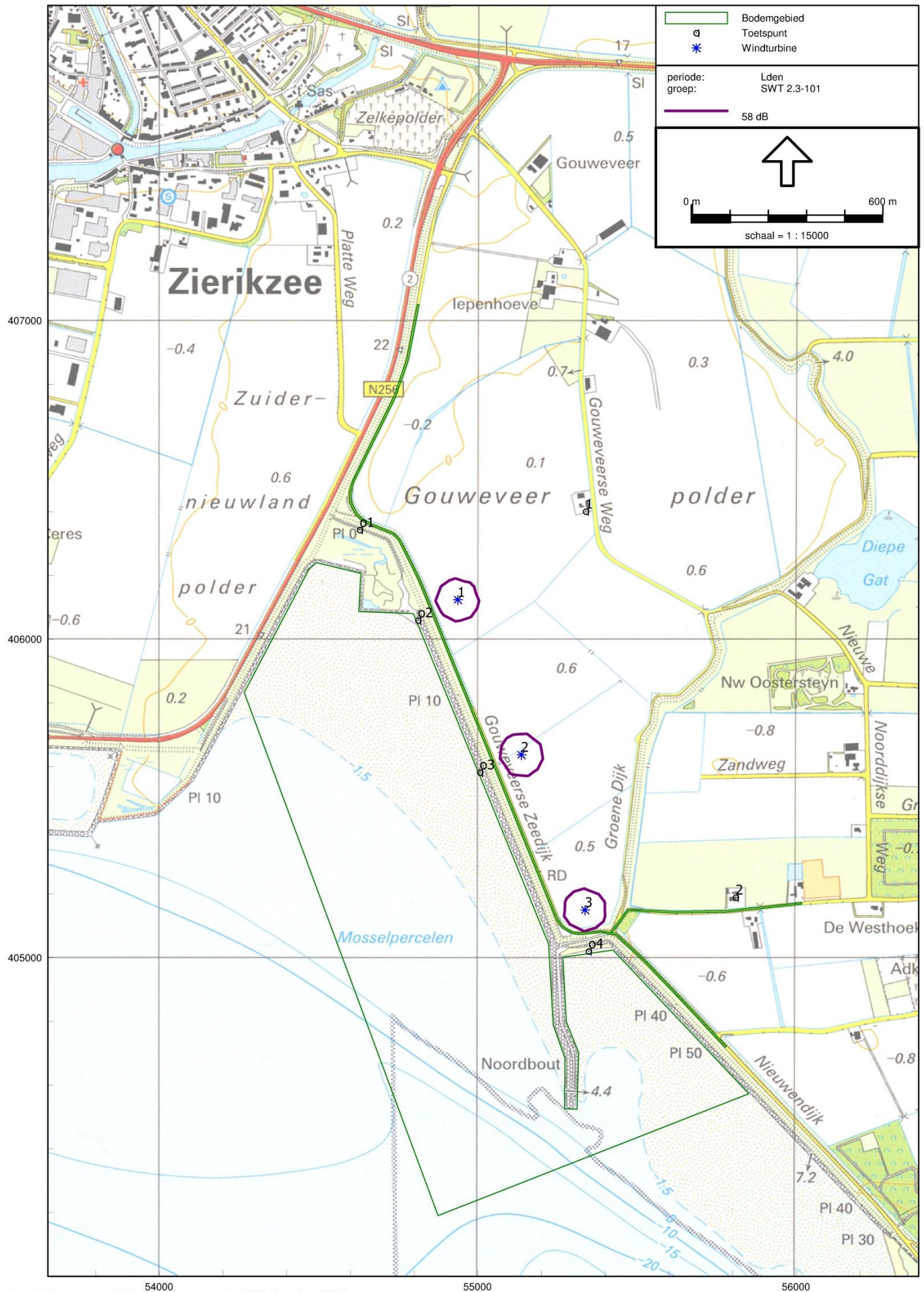


figuur 6 : geluidcontour N100/2500 en toetspunten

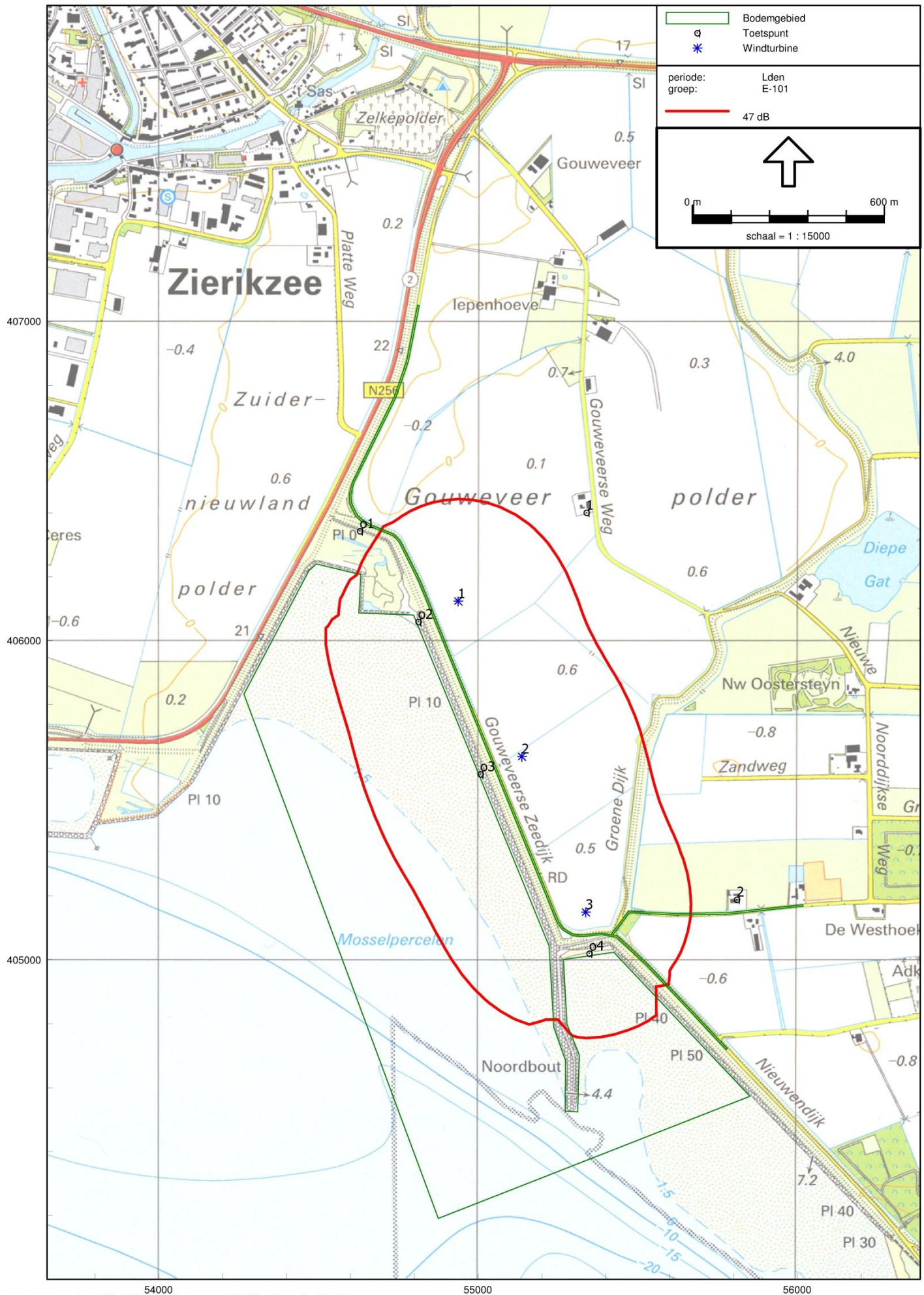


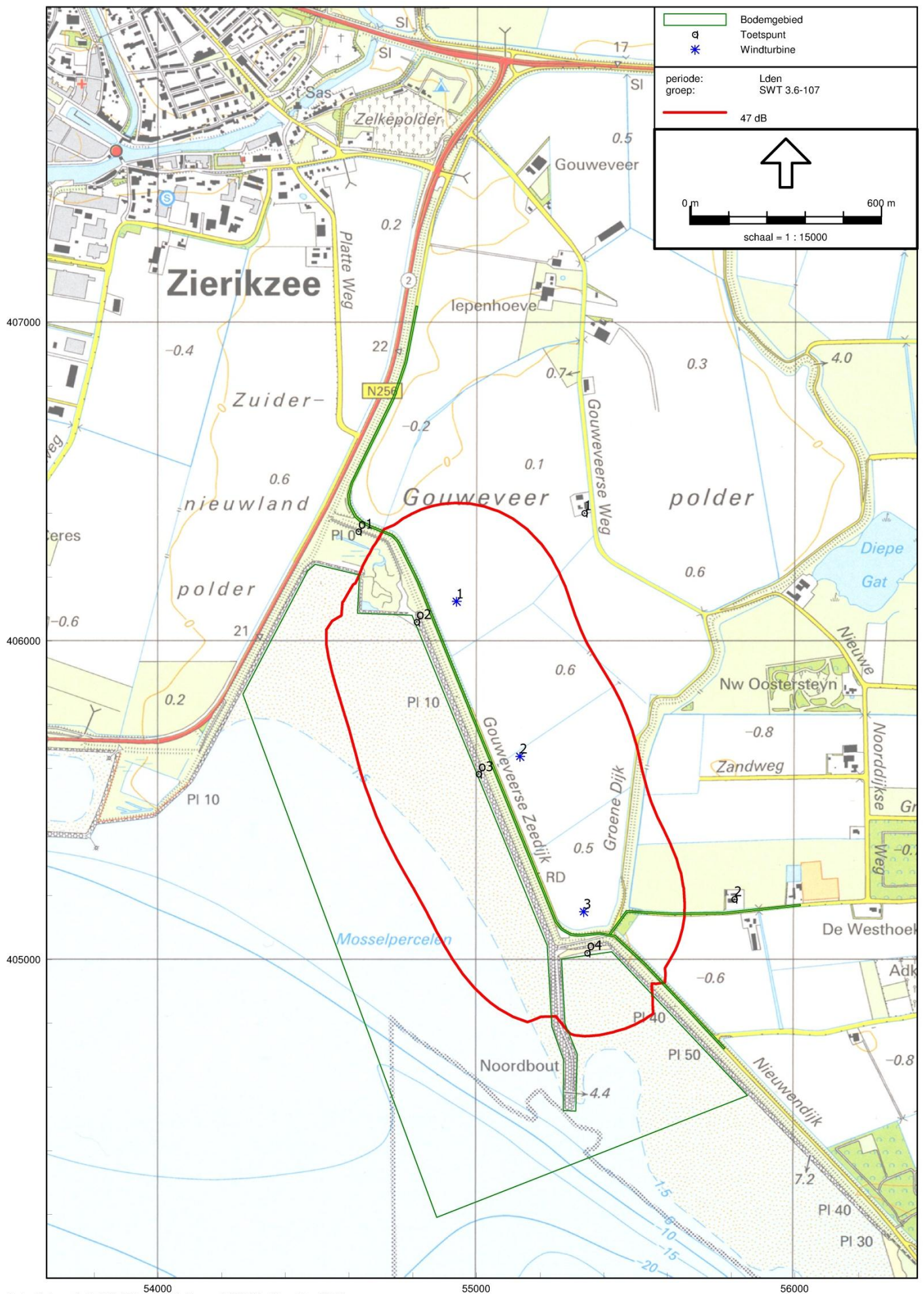






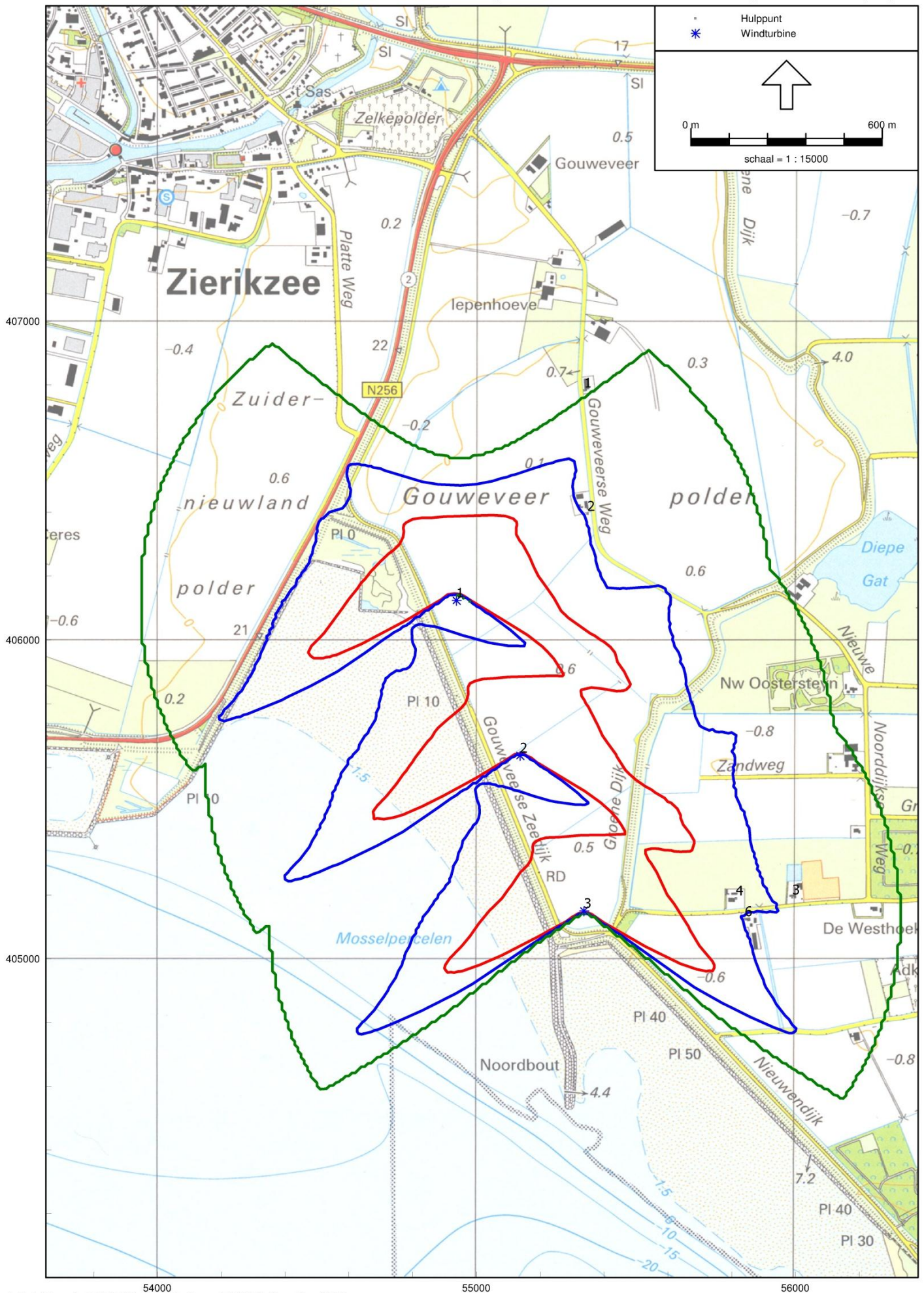




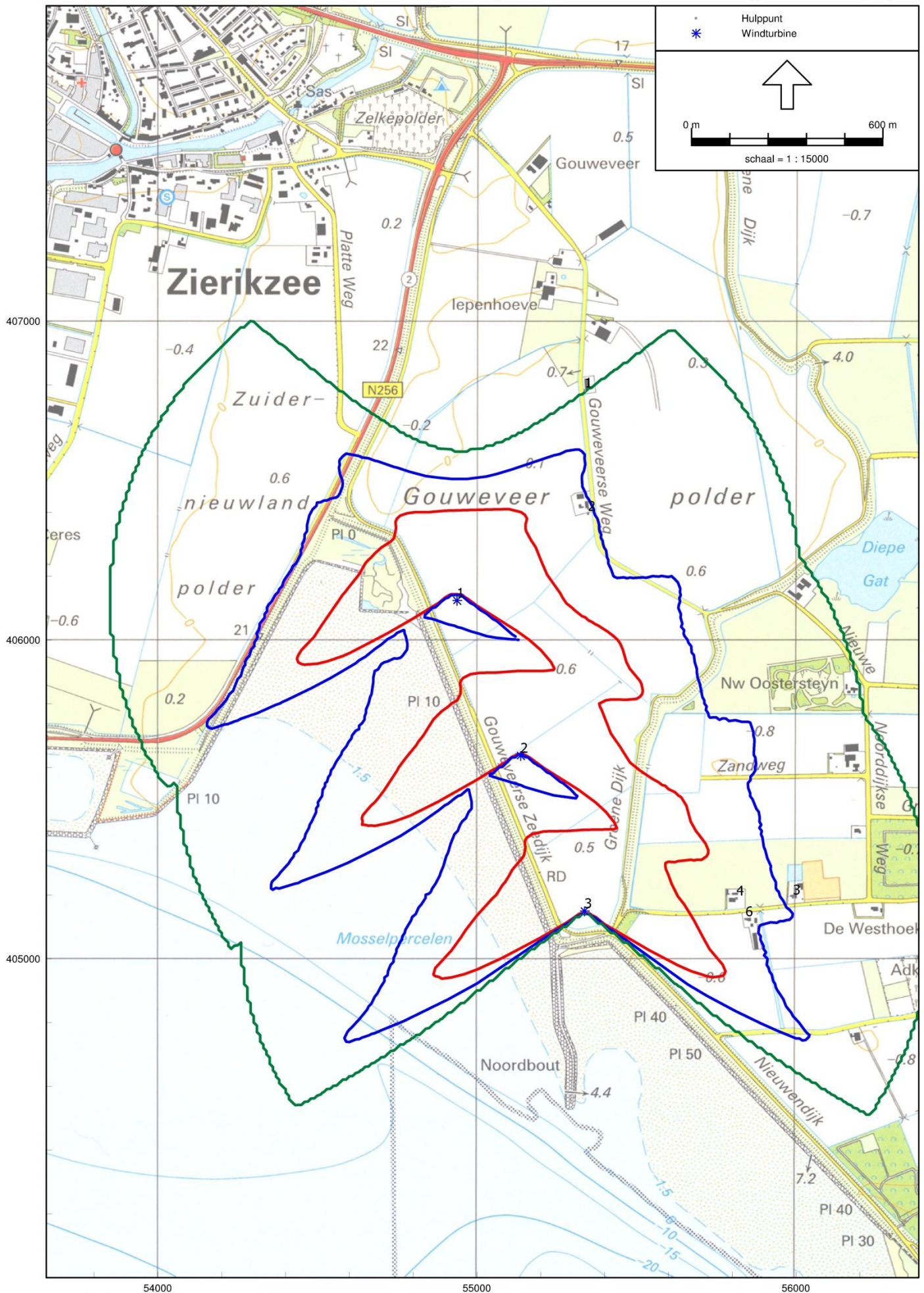


figuur 13: E-82 schaduwcontouren en rekenpunten

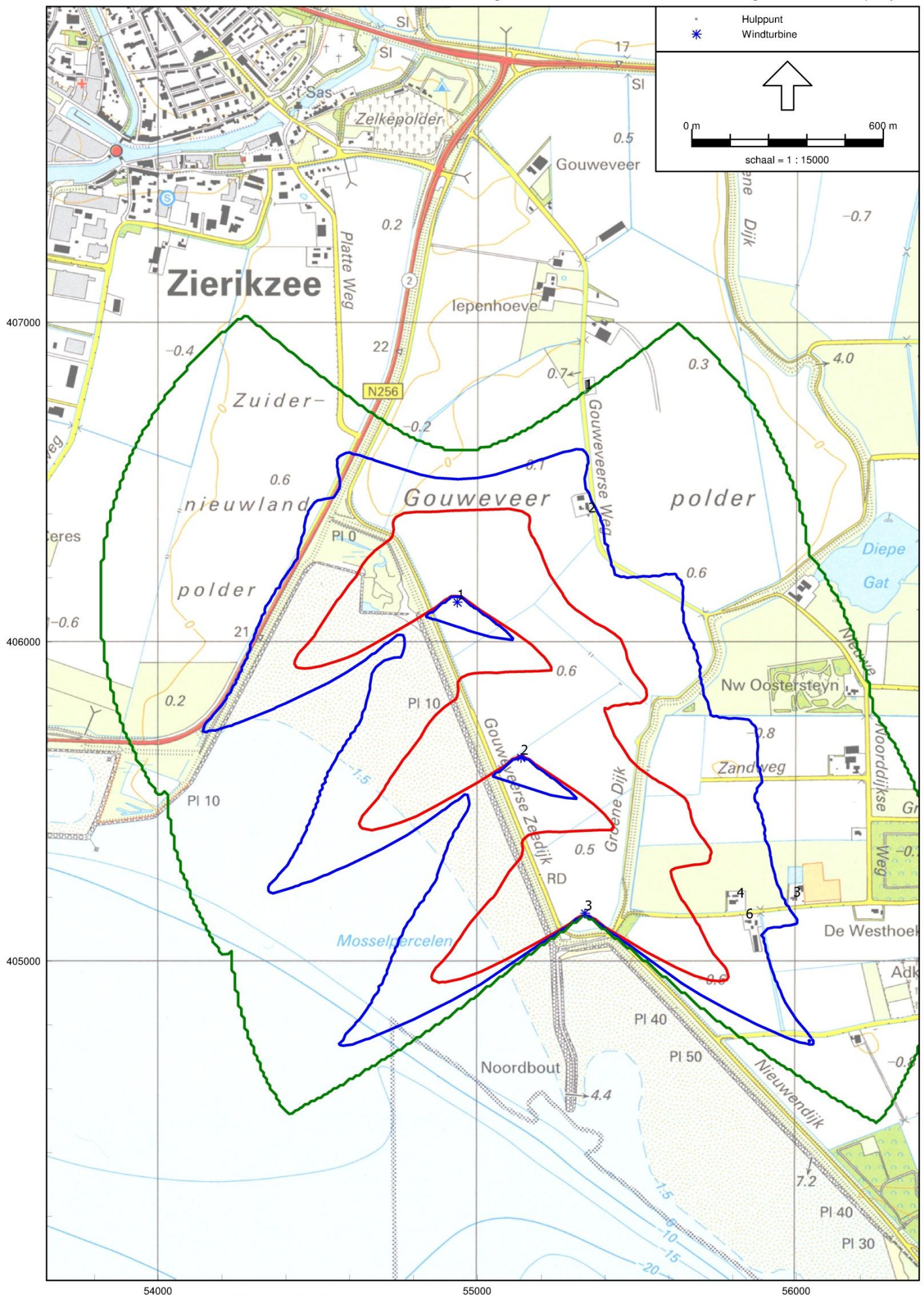
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.



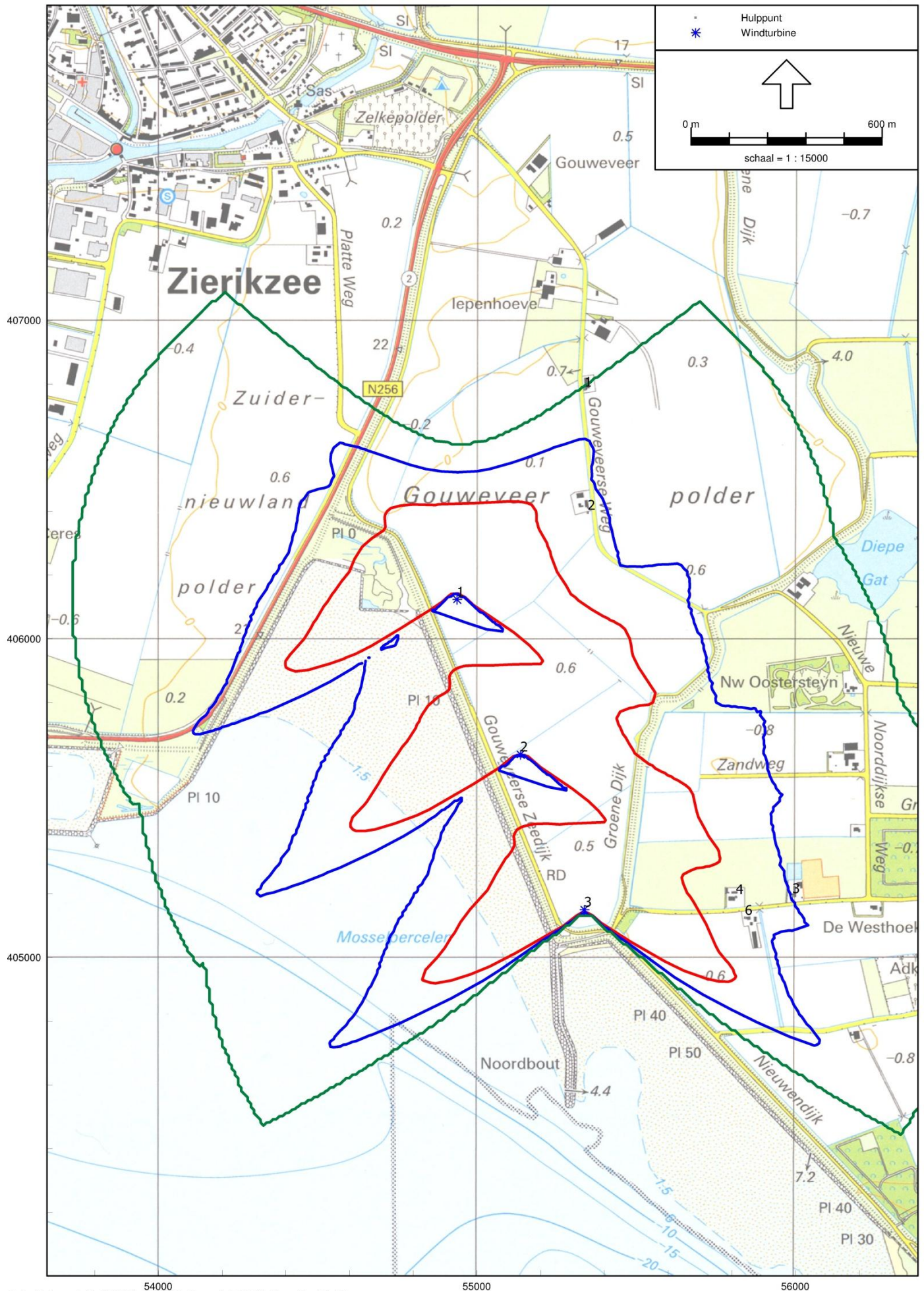
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.



groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.



groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.





groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwinder per jaar.

