VAN
GRINSVEN
ADVIES

De Bendels 9
5391 GD Nuland
tel: (073) 534 10 53
fax: (073) 534 10 28
info@vangrinsvenadvies.nl
www.vangrinsvenadvies.nl
Rabobank 13.75.30.447
BTW nr: NL933.40.692.B01
Kamer van Koophandel: 16064749

milieuadvies
akoestisch onderzoek
fotovisualisaties
vergunningaanvragen
Wet milieubeheer

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

Kenmerk: PM-Zierikzee.TS3.docx

Betreft: Akoestisch onderzoek en onderzoek naar slagschaduwhinder voor het op te richten windpark “Zierikzee” met vier 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 2010.

Op alle opdrachten, betalingen en transacties zijn van toepassing de Regeling van de Verhouding tussen Opdrachtgever en adviserend Ingenieursbureau RVOI-2001

Inhoud

1. Inleiding 1
   1.1 Beschrijving van de locatie 1
   1.2 Gegevens turbines 2

2. Uitgangspunten 5
   2.1 Regelgeving 5
   2.2 Windklimaat 5
   2.3 Omgeving 5

3. Akoestisch onderzoek 6
   3.1 Geluidbron Enercon E-82 MW 6
   3.2 Geluidbron Nordex N90/2500 LS 6
   3.3 Geluidbron Siemens SWT 2.3-93 6
   3.4 Geluidbron Nordex N100/2500 6
   3.5 Geluidbron Siemens SWT 2.3-101 7
   3.6 Geluidbron Siemens SWT 3.0-101 7
   3.7 Geluidbron Enercon E-101 7
   3.8 Geluidbron Siemens SWT 3.6-107 7
   3.9 Representatieve bedrijfsomstandigheden 7
   3.10 Normstelling 8
   3.11 Invoer rekenmodel 8
   3.12 Rekenresultaten Enercon E-82 2,3 MW 9
   3.13 Rekenresultaten Enercon E-82 3 MW 9
   3.14 Rekenresultaten Nordex N90/2500 LS 10
   3.15 Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-93 10
   3.16 Rekenresultaten Nordex N100/2500 11
   3.17 Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-101 12
   3.18 Rekenresultaten Siemens SWT 3.0-101 13
   3.19 Rekenresultaten Enercon E-101 14
   3.20 Rekenresultaten Siemens SWT 3.6-107 14

4. Onderzoek slagschaduw 15
   4.1 Normstelling 15
   4.2 Schaduwgebied 15
   4.3 Potentiële schaduw 16
   4.4 Rekenresultaten 17
   4.5 Hinderduur bij woningen 17
   4.6 Maatregelen 21

5. Bespreking geluid 22

6. Bespreking slagschaduw 23

Bijlagen

bijlage 1 : objecten rekenmodel 24

Figuren

figuur 1 : objecten rekenmodel 26
figuur 2 : geluidcontour E-82 2,3 MW en toetspunten. 27
figuur 3 : geluidcontour E-82 3 MW en toetspunten. 28
figuur 4 : geluidcontour N90/2500 LS en toetspunten. 29
figuur 5 : geluidcontour SWT 2.3-93 en toetspunten. 30
figuur 6 : geluidcontour N100/2500 en toetspunten. 31
figuur 7 : geluidcontour SWT 2.3-101 en toetspunten. 32
figuur 8 : geluidcontour +1,5 m SWT 2.3-101 en toetspunten. 33
figuur 9 : geluidcontour SWT 3.0-101 en toetspunten. 35
figuur 10 : geluidcontour Enercon E-101 en toetspunten. 36
figuur 11 : geluidcontour SWT 3.6-107 en toetspunten. 37
figuur 12 : E-82 schaduwcontouren en rekenpunten 38
figuur 13 : N90 schaduwcontouren en rekenpunten 39
figuur 14 : SWT 2.3-93 schaduwcontouren en rekenpunten 40
figuur 15 : N100 schaduwcontouren en rekenpunten 41
figuur 16 : SWT 2.3-101, 3.0-101 en E-101 schaduwcontouren en rekenpunten. 42
figuur 17 : SWT 3.6-107 schaduwcontouren en rekenpunten 43

1. Inleiding

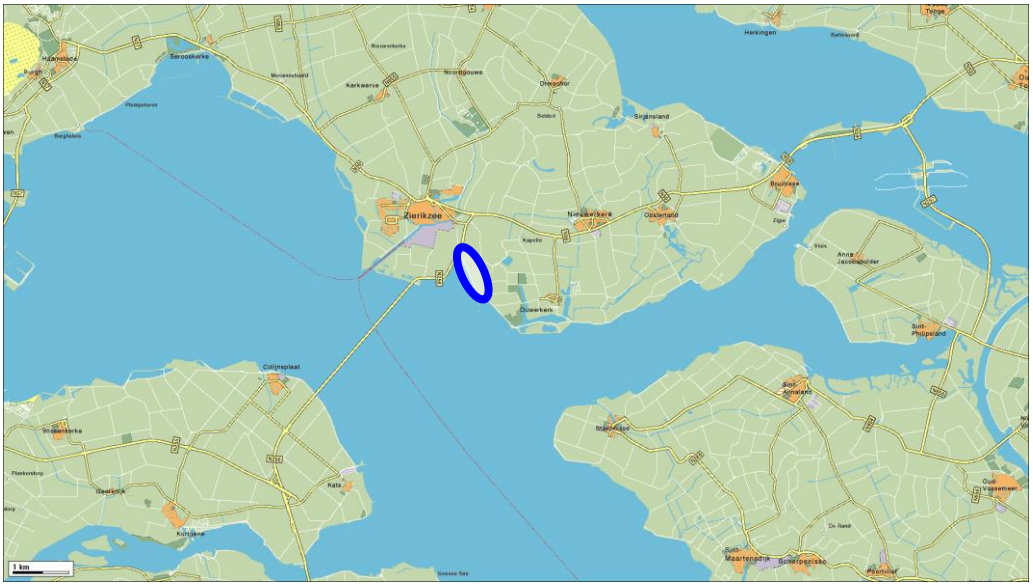
In opdracht van Windpark Zierikzee B.V. te Achthuizen is een akoestisch onderzoek en een onderzoek naar mogelijke slagschaduwhinder uitgevoerd. Het betreft het op te richten windpark “Zierikzee” met vier turbines langs de Gouweveerse Zeedijk te Zierikzee in de gemeente Schouwen-Duiveland. Een definitieve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

- 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 met een ashoogte van 80 m;
- Siemens SWT 2.3-93 met een ashoogte van 80 m.
- Nordex N100 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 km ten zuidoosten van de plaats Zierikzee (zie ook figuur 1).

1.2 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.

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. Uitgangspunten

2.1 Regelgeving

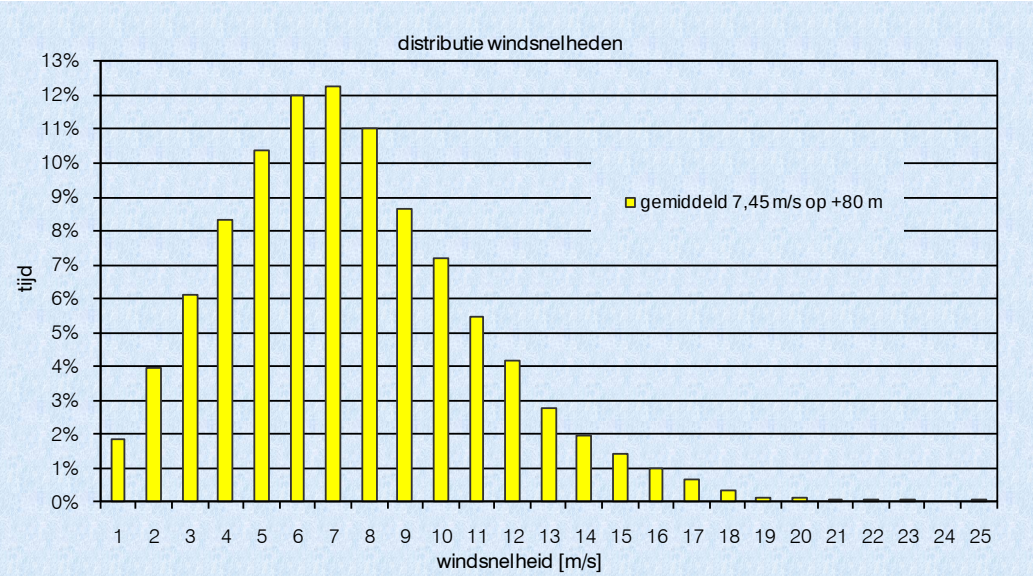
De kortste afstand tussen een woning van derden en een turbine bedraagt meer dan viermaal de ashoogte (maximaal 4x80 m). Het opgestelde vermogen bedraagt minder dan 15 MW. De inrichting is niet vergunningplichtig inzake de Wet milieubeheer. De inrichting valt onder artikel 3.13 van het Activiteitenbesluit[1].
De dichtstbijzijnde woning van derden ligt verder weg dan 300 m zodat het overleggen van een rapport van een akoestisch onderzoek formeel niet is vereist. Een dergelijk onderzoek is toch uitgevoerd. Binnen een afstand van twaalf maal de rotordiameter (maximaal 12x107 m) bevinden zich woningen van derden zodat ook een onderzoek naar slagschaduw is uitgevoerd.

Het windpark valt niet onder onderdeel D (beoordelingsplicht) van het Besluit MER (MilieuEffectRapportage).

2.2 Windklimaat

Op deze locatie worden de volgende windsnelheden verwacht.

Afbeelding 2-1: windaanbod.



2.3 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 750 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 4. Op een afstand van circa 135 m ten zuidwesten van de turbinelijn ligt het natuurgebied de Oosterschelde (zie ook de figuren).

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

3. 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.

3.1 Geluidbron Enercon E-82 MW

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 MW[2] en 106 dB(A) voor de 3 MW[3] 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).

3.2 Geluidbron Nordex N90/2500 LS

Door WIND-consult GmbH zijn geluidmetingen verricht aan de Nordex N90/2500 LS[4]. De bronsterkte bedraagt 102,8 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 1,1 dB(A)/m/s. Er waren geen hoorbare tonen aanwezig en het geluid was niet impulsachtig.

3.3 Geluidbron Siemens SWT 2.3-93

Door WindTest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH zijn geluidmetingen verricht aan de Siemens SWT 2.3-93[5]. De bronsterkte bedraagt 104,9 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 0,9 dB(A)/m/s. Er waren geen hoorbare tonen aanwezig en het geluid was niet impulsachtig.

3.4 Geluidbron Nordex N100/2500

Door WIND-consult GmbH zijn geluidmetingen verricht aan de Nordex N100/2500[6]. De bronsterkte bedraagt 106,1 dB(A) bij een windsnelheid van 7 m/s boven een vlak landbouwgebied. De rotorashoogte bedroeg 100 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.

---

[2] SIAS-04-SPL E82 E2 OM I 2.3 MW, Enercon, april 2010.
[3] SIAS-04-SPL E82 E3 OM I 3 MW, Enercon, mei 2010.
[4] Test report 246SEB06/04, Wind-consult GmbH, 2009-04-29.
[5] Report WT 4498/05, Windtest Kaiser-Wilhelm-Koog GmbH, September 2005.
[6] Prüfbericht WICO 083SE408/02, Wind-consult GmbH, 23.01.2009.

3.5 Geluidbron Siemens SWT 2.3-101

Door Siemens is de bronsterkte van de SWT 2.3-101 gepubliceerd[7]. 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.

3.6 Geluidbron Siemens SWT 3.0-101

Door Siemens is de bronsterkte van de SWT 3.0-101 gepubliceerd[8]. Bij een rotorashoogte van 79,5 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 1,6 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.

3.7 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 107 dB(A) als de turbine werkt op 95% van het nominale vermogen[9]. Dit nominale vermogen wordt opgewekt bij een windsnelheid vanaf circa V_{10}=9 m/s. Bij een windsnelheid van V_{10}=7 m/s is de bronsterkte 106 dB(A).

3.8 Geluidbron Siemens SWT 3.6-107

Door Siemens is de bronsterkte van de SWT 3.6-107 gepubliceerd[10]. Bij een rotorashoogte van 80 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 0,6 dB(A)/m/s.

3.9 Representatieve bedrijfsomstandigheden

Bij een windsnelheid van circa 3 m/s komt een turbine in bedrijf. Bij toenemende windsnelheid neemt de geluidproductie toe terwijl het referentieniveau ook toeneemt als gevolg van het door de wind opgewekte geluid (turbulentie rond obstakels). Hoewel een turbine dus niet altijd in werking is, wordt er voor de beoordeling toch van uitgegaan dat deze het gehele etmaal in bedrijf is. Dit zal namelijk vaak genoeg voorkomen.

---

[7] Document ID: E R WP-EN431-10-0000-0170-00, Siemens, 2009.03.31.
[8] SWT-3.0-101 at 79.5 HH Acoustic Emissions, Siemens, 2010.
[9] SA-04-SPL Estimation E-101, Enercon, 20.01.10
[10] SWT-3.6-107 at 80 HH Acoustic Emission from a Siemens SWT-3.6-107, DELTA, BSG/CRP-lm, 6 November 2006.

3.10 Normstelling

Het langtijdgemiddelde geluidniveau $L_{Ar,LT}$ vanwege het windpark mag ter plaatse van geluidgevoelige bestemmingen van derden de waarden van de WNC40 curve uit Grafiek 3.15 bij artikel 3.15 van het Activiteitenbesluit niet overschrijden. De hoogte van deze norm is afhankelijk van de windsnelheid en bedraagt 41 dB(A) bij lage windsnelheden, loopt op via 43 dB(A) bij een windsnelheid van 7 m/s tot 50 dB(A) bij een windsnelheid van 12 m/s. De rode lijn in Grafiek 3-1 op pagina 12 geeft deze normcurve weer.
Daarnaast wordt het geluidniveau op de grens van het natuurgebied Oosterschelde getoetst aan de WNC51. Deze norm geldt voor alle perioden van het etmaal.

3.11 Invoer rekenmodel

Van de situatie is een akoestisch rekenmodel opgebouwd met behulp van het programma *Geomilieu*® versie 1.60 van DGMR. Hiermee zijn de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ berekend die optreden bij een windsnelheid V_{10} van 7 m/s. Geluidniveaus bij andere windsnelheden worden afgeleid uit de relatie tussen bronsterkte en windsnelheid. De modellering en de overdrachtsberekening zijn uitgevoerd conform de *Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai 1999*[11] (HMRI) volgens methode II.8.

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.

- De bronsterkten L_{Wr} zijn opnieuw berekend volgens methode II.2 uit de HMRI. Deze Nederlandse methode houdt —in tegenstelling tot de IEC-methode[12]— wel rekening met luchtdemping. Rekening is gehouden met een bodemeffect van 6 dB(A) volgens de IEC-methode.
- De bronsterkten zijn gecorrigeerd voor een windsnelheid V_{10}=7 m/s boven een terrein met een ruwheidslengte van Z_0=0,1 m.
- De bronsterkten zijn zonodig gecorrigeerd voor een ashoogte van 78 of 80 m, in het geval deze afwijkt van de hoogte waarbij de metingen zijn verricht.

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 4.

De toetspunten zijn aangegeven in figuur 2. Deze punten hebben twee ontvangerhoogten boven het plaatselijke maaiveld voor de gevel van de woning. Beoordeeld worden de geluidniveaus op plaatsen waar personen kunnen verblijven.

[11] Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai, 1999, een uitgave van het ministerie van VROM, ISBN 90-422 02327.
[12] IEC 61400-11: Wind turbine generator systems – Part 11: Acoustic measurement techniques, Ed. 2.

Voor de dagperiode is dit de begane grond (+1,5 m). Voor de avond en nachtperiode is dit ter hoogte van verblijfruimten in de woningen (+5 m voor een woning met twee woonlagen).
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.

3.12 Rekenresultaten Enercon E-82 2,3 MW

In Tabel 3-1 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode. De etmaalwaarde L_{etmaal} is hier het geluidniveau in de nachtperiode vermeerderd met 10 dB(A). Een etmaalwaarde van 53 dB(A) komt overeen met de WNC40 normcurve bij V_{10}=7 m/s. Een etmaalwaarde van 64 dB(A) komt overeen met de WNC51 normcurve bij V_{10}=7 m/s.

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

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	38,5	40,5	40,5	51
2	woning Boterhoekseweg	37,3	39,2	39,2	49
o1	Oosterschelde	43,0	43,0	43,0	53
o2	Oosterschelde	47,2	47,2	47,2	57
o3	Oosterschelde	47,2	47,2	47,2	57
o4	Oosterschelde	47,4	47,4	47,4	57

Bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. In figuur 2 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m. Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau overal minder dan WNC51. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

3.13 Rekenresultaten Enercon E-82 3 MW

In Tabel 3-2 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

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

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	40,0	41,9	41,9	52
2	woning Boterhoekseweg	38,7	40,6	40,6	51
o1	Oosterschelde	44,5	44,5	44,5	55
o2	Oosterschelde	48,7	48,7	48,7	59
o3	Oosterschelde	48,7	47,8	48,7	59
o4	Oosterschelde	48,9	48,9	48,9	59

Bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. In figuur 3 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m. Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau overal minder dan WNC51. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

3.14 Rekenresultaten Nordex N90/2500 LS

In Tabel 3-3 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

Tabel 3-3: rekenresultaten Nordex N90/2500 LS.

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	37,4	39,7	39,7	50
2	woning Boterhoekseweg	36,2	38,5	38,5	49
o1	Oosterschelde	41,9	41,9	41,9	52
o2	Oosterschelde	46,1	46,1	46,1	56
o3	Oosterschelde	46,1	46,1	46,1	56
o4	Oosterschelde	46,3	46,3	46,6	56

Bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. In figuur 4 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m. Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau overal minder dan WNC51. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

3.15 Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-93

In Tabel 3-4 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

Tabel 3-4: rekenresultaten Siemens SWT-2.3-93.

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	40,0	43,3	43,3	53
2	woning Boterhoekseweg	38,8	42,0	42,0	52
o1	Oosterschelde	44,5	44,5	44,5	55
o2	Oosterschelde	48,6	48,6	48,6	59
o3	Oosterschelde	48,6	48,6	48,6	59
o4	Oosterschelde	48,8	48,8	48,8	59

Bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. In figuur 5 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m. Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau overal minder dan WNC51. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

3.16 Rekenresultaten Nordex N100/2500

In Tabel 3-5 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

Tabel 3-5: rekenresultaten Nordex N100/2500.

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	40,1	43,0	43,0	53
2	woning Boterhoekseweg	38,9	41,7	41,7	52
o1	Oosterschelde	44,6	44,6	44,6	55
o2	Oosterschelde	48,8	48,8	48,8	59
o3	Oosterschelde	48,7	48,7	48,7	59
o4	Oosterschelde	48,9	48,9	48,9	59

Bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. In figuur 6 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m. Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau overal minder dan WNC51. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

3.17 Rekenresultaten Siemens SWT 2.3-101

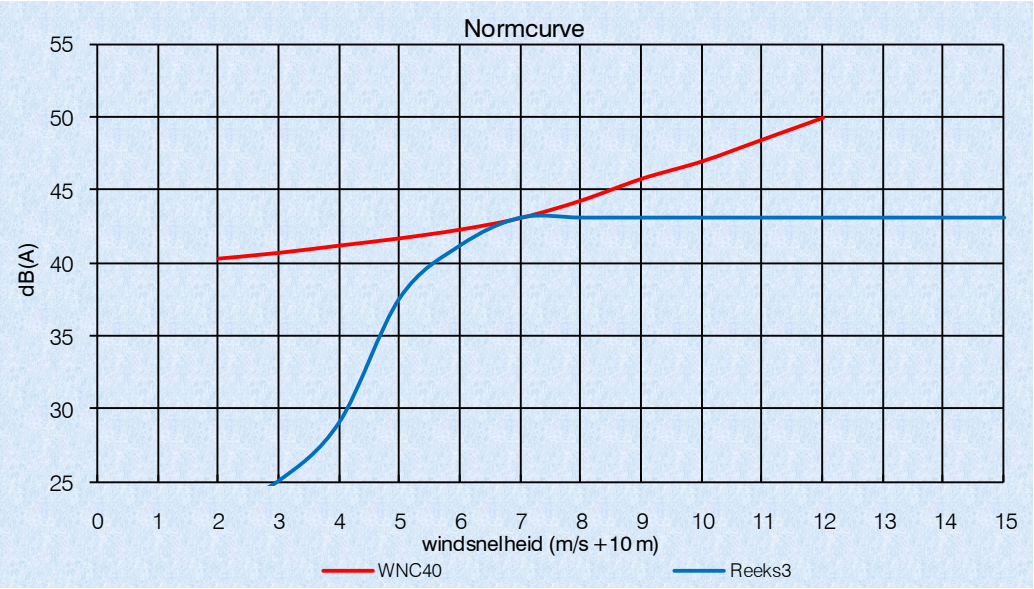
In Tabel 3-6 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

Tabel 3-6: rekenresultaten Siemens SWT-2.3-101.

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	41,9	44,2	43,3	53
2	woning Boterhoekseweg	40,6	42,9	42,8	53
o1	Oosterschelde	46,4	46,4	45,9	56
o2	Oosterschelde	50,6	50,6	48,9	59
o3	Oosterschelde	50,6	50,6	50,5	61
o4	Oosterschelde	50,8	50,8	50,8	61

Bij de woning bij toetspunt 1, Gouweveerseweg 8a, zou de norm met 1 dB worden overschreden als er geen maatregelen worden getroffen. Om aan de norm te voldoen wordt turbine 62 (de turbine op de kortste afstand tot de woning) in de nachtperiode ingesteld op een 2 dB stillere mode. Dit gaat gepaard met enig productieverlies. Bij alle woningen wordt dan voldaan aan de WNC40. In figuur 7 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m.

Grafiek 3-1: normcurve WNC40 en geluidnveau windpark met vier Siemens SWT 2.3-101 turbines.



Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau nergens meer dan WNC51. In figuur 8 is de bijbehorende 64 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +1,5 m.

3.18 Rekenresultaten Siemens SWT 3.0-101

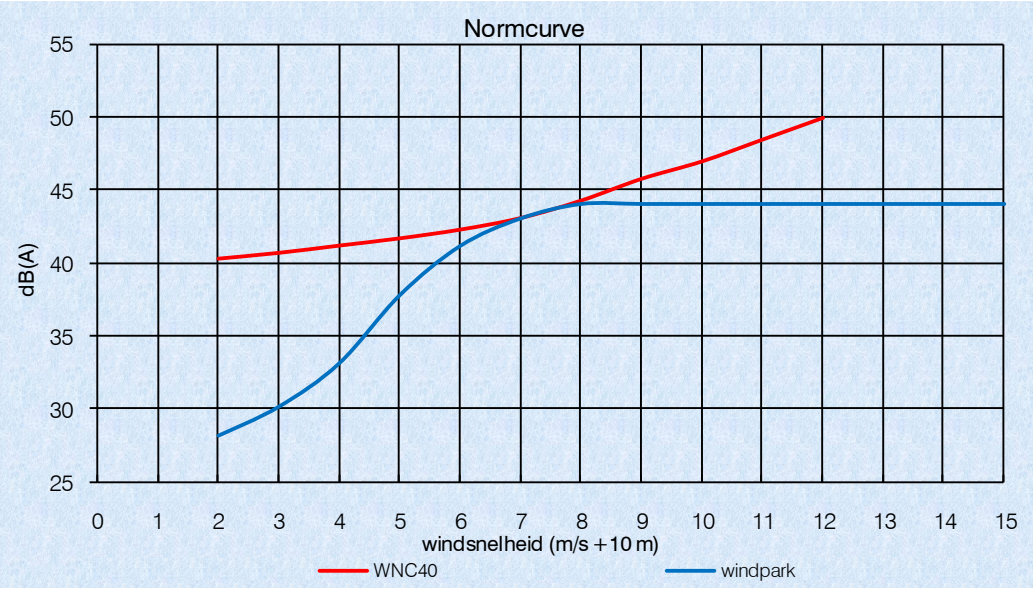
In Tabel 3-7 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

Tabel 3-7: rekenresultaten Siemens SWT-3.0-101.

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	41,7	44,0	43,1	53
2	woning Boterhoekseweg	40,4	42,7	42,7	53
o1	Oosterschelde	46,3	46,3	45,7	56
o2	Oosterschelde	50,5	50,5	48,7	61
o3	Oosterschelde	50,4	50,4	50,3	60
o4	Oosterschelde	50,6	50,6	50,6	61

Bij de woning bij toetspunt 1, Gouweveerseweg 8a, zou de norm met 1 dB worden overschreden als er geen maatregelen worden getroffen. Om aan de norm te voldoen wordt turbine 92 (de turbine op de kortste afstand tot de woning) in de nachtperiode ingesteld op een 2 dB stillere mode. Dit gaat gepaard met enig productieverlies. Bij alle woningen wordt dan voldaan aan de WNC40. In figuur 9 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m.

Grafiek 3-2: normcurve WNC40 en geluidniveau windpark met vier Siemens SWT 3.0-101 turbines.



Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau nergens meer dan WNC51.

3.19 Rekenresultaten Enercon E-101

In Tabel 3-8 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

Tabel 3-8: rekenresultaten Enercon E-101

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	40,1	42,4	42,4	52
2	woning Boterhoekseweg	38,8	41,1	41,1	51
o1	Oosterschelde	44,7	44,7	44,7	55
o2	Oosterschelde	49,0	49,0	49,0	59
o3	Oosterschelde	49,0	49,0	49,0	59
o4	Oosterschelde	49,2	49,2	49,2	59

Bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. In figuur 10 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m. Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau overal minder dan WNC51. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

3.20 Rekenresultaten Siemens SWT 3.6-107

In Tabel 3-9 zijn per toetspunt vermeld: een volgnummer en de langtijdgemiddelde geluidniveaus $L_{Ar,LT}$ die daar optreden bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s in de dag, avond- en nachtperiode.

Tabel 3-9: rekenresultaten Siemens SWT-3.6-107

Id	omschrijving	dag dB(A)	avond dB(A)	nacht dB(A)	etmaal dB(A)
1	woning Gouweveerse Weg 8a	39,2	41,6	41,6	52
2	woning Boterhoekseweg	37,9	40,3	40,3	50
o1	Oosterschelde	43,9	43,9	43,9	54
o2	Oosterschelde	48,3	48,3	48,3	58
o3	Oosterschelde	48,2	48,2	48,2	58
o4	Oosterschelde	48,5	48,5	48,5	59

Bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. In figuur 11 is de bijbehorende 53 dB(A) etmaalwaardecontour weergegeven zoals die optreedt bij een windsnelheid V_{10}=7 m/s en op een waarneemhoogte van +5 m. Ter plaatse van de kustlijn is het geluidniveau overal minder dan WNC51. Maatregelen om de geluiduitstraling te beperken zijn niet nodig.

4. Onderzoek slagschaduw

4.1 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 regeling[13] is in artikel 3.12 voorgeschreven dat een turbine is voorzien van een automatische stilstandsvoorziening 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 optreden[14]. 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 stilstandsvoorziening 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.

4.2 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.

[13] 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).
[14] Voor de letterlijke tekst wordt verwezen naar de regeling.

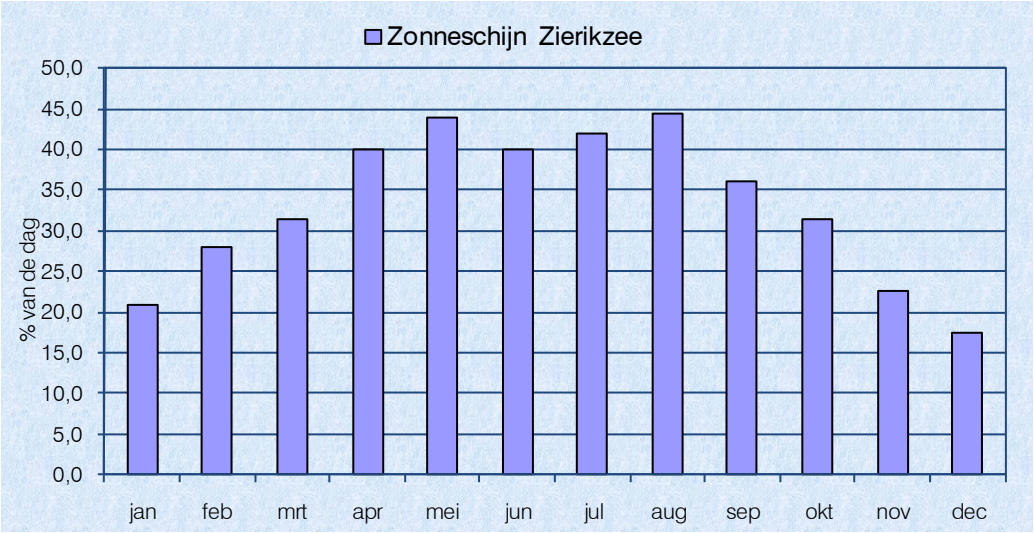
4.3 Potentiële schaduw

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.

4.3.1 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.

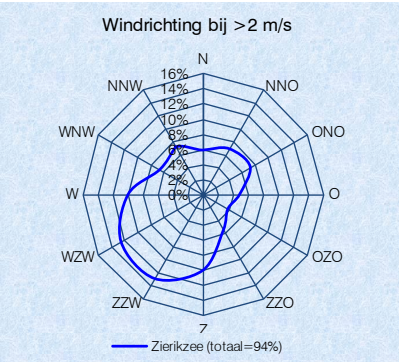
Grafiek 4-1: percentage zonneschijn.



4.3.2 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 4-2: Distributie windrichtingen.



4.3.3 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.

4.4 Rekenresultaten

Van het windpark zijn de cumulatieve schaduwduren in het omliggende gebied berekend. In de figuren 1-5 is voor de vijf 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 uurcontour. Bij woningen buiten de blauwe 5 uurcontour wordt aan de norm voor de maximale hinderduur voldaan.

4.5 Hinderduur bij woningen

De jaarlijkse hinderduur bij zes woningen (zie figuur 12 tot en met figuur 17) 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 4-1 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 4-1: Enercon E-82, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	20:37	76	0:31	2:46
2	13:48	40	0:32	2:35
3	51:33	120	0:43	9:59
4	17:40	76	0:30	3:39
5	38:19	104	0:44	7:49
6	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 4-2: Nordex N90, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	24:18	85	0:34	3:16
2	16:17	43	0:35	3:04
3	60:42	131	0:47	11:48
4	21:49	83	0:32	4:33
5	44:30	111	0:48	9:07
6	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 4-3: Siemens SWT 2.3-93, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	25:34	86	0:34	3:26
2	16:59	44	0:36	3:12
3	63:29	136	0:48	12:20
4	23:00	85	0:33	4:48
5	46:16	113	0:49	9:29
6	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 4-4: Nordex N100, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	28:44	88	0:36	3:52
2	19:49	56	0:38	3:41
3	71:50	145	0:51	13:59
4	26:34	93	0:35	5:34
5	51:48	121	0:52	10:38
6	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 4-5: Siemens SWT 2.3-10, SWT 3.0-1011 en Enercon E-101, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	29:18	88	0:37	3:56
2	20:36	57	0:39	3:47
3	72:51	147	0:52	14:12
4	27:06	93	0:35	5:41
5	52:39	121	0:53	10:49
6	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 4-6: Siemens SWT 3.6-107, schaduwduren bij woningen.

woning	potentiële schaduwduur	potentiële schaduwdagen	maximale passageduur	verwachte hinderduur
1	37:22	98	0:40	5:06
2	42:53	95	0:42	6:50
3	98:24	171	0:54	18:55
4	46:13	135	0:40	9:17
5	64:54	125	0:55	12:56
6	47:53	106	0:50	10:09

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 4-7 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 4-7: Enercon E82, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	totaal
1	2:46	--	--	--	2:46
2	2:35	--	--	--	2:35
3	4:34	**5:25**	--	--	9:59
4	--	--	1:22	2:17	3:39
5	--	--	2:08	**5:41**	7:49
6	--	--	0:34	5:00	5:34

Tabel 4-8: Nordex N90, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	totaal
1	3:16	--	--	--	3:16
2	3:04	--	--	--	3:04
3	5:29	**6:19**	--	--	11:48
4	--	--	1:50	2:43	4:33
5	--	--	2:26	**6:41**	9:07
6	--	--	0:44	**5:53**	6:37

Tabel 4-9: SWT 2.3-93, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	totaal
1	3:26	--	--	--	3:26
2	3:12	--	--	--	3:12
3	5:45	**6:35**	--	--	12:20
4	--	--	1:57	2:51	4:48
5	--	--	2:31	**6:58**	9:29
6	--	--	0:48	**6:10**	6:58

Tabel 4-10: Nordex N100, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	totaal
1	3:52	--	--	--	3:52
2	3:36	0:05	--	--	3:41
3	**6:36**	**7:23**	--	--	13:59
4	--	--	2:20	3:14	5:34
5	--	--	2:45	**7:53**	10:38
6	--	--	0:57	**6:58**	7:55

Tabel 4-11: 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	turbine 4	totaal
1	3:56	--	--	--	3:56
2	3:40	0:07	--	--	3:47
3	**6:43**	**7:29**	--	--	14:12
4	--	--	2:23	3:18	5:41
5	--	--	2:48	**8:01**	10:49
6	--	--	0:58	**7:05**	8:03

Tabel 4-12: Siemens SWT 3.6-107, verwachte jaarlijkse hinderduur in uren per turbine en totaal.

woning	turbine 1	turbine 2	turbine 3	turbine 4	totaal
1	5:06	--	--	--	5:06
2	**4:52**	1:58	--	--	6:50
3	**9:38**	**9:17**	--	--	18:55
4	--	--	4:48	**4:29**	9:17
5	--	--	3:00	**9:56**	12:56
6	--	--	1:06	**9:03**	10:09

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.

4.6 Maatregelen

Om te voldoen aan de norm voor de jaarlijkse hinderduren, moeten sommige turbines worden voorzien van een stilstandsregeling 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 stilstandsduur kan met een zonneschijnsensor 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 stilstandsregeling 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 4-13: Siemens SWT2.3-101, stilstandstijden per turbine.

woning	van	tot	stop	start
	turbine 1 verwachte jaarlijkse netto stilstand 19 uur (0,16% verlies).			
3	23-apr	27-mei	19:00	19:40
	17-jul	19-aug	19:10	19:50
	turbine 2 verwachte jaarlijkse netto stilstand 19 uur (0,27% verlies).			
3	21-jan	27-feb	16:11	17:03
	15-okt	21-nov	15:40	16:32
	turbine 4 verwachte jaarlijkse netto stilstand 41 uur (0,40% verlies).			
5-6	9-mrt	21-apr	17:33	18:45
	22-aug	5-okt	17:18	18:44

5. Bespreking geluid

Uit het akoestisch onderzoek blijkt dat bij alle woningen wordt voldaan aan de WNC40. Dat geldt voor alle turbinetypen.

De turbines met de hoogste geluidbelasting zijn de Siemens SWT 2.3-101 en de Siemens SWT 3.0-101. Deze veroorzaken, zonder mitigerende maatregelen, bij een windsnelheid van V_{10}=7 m/s een geluidniveau van 44 dB(A) op de gevel van de meest dichtbijgelegen woning van derden. Door de meest dichtbijgelegen turbine in de nachtperiode in te stellen op een 2 dB stillere mode wordt bij alle woningen voldaan aan de WNC40. Deze maatregel gaat gepaard met enig productieverlies.

Aan de normstelling WNC51 op de grens van het natuurgebied Oosterschelde wordt met de Siemens SWT 2.3-101 juist voldaan. De geluidniveaus vanwege andere turbinetypen zijn niet hoger.

6. Bespreking slagschaduw

Uit het slagschaduwonderzoek blijkt dat hinder wordt verwacht bij woningen van derden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten enkele 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 slagschaduwhinder. Dit gaat gepaard met enig opbrengstverlies. Gemiddeld over het gehele windpark bedraagt het productieverlies 0,21% 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 vier windturbines Enercon E-82
De voorgestelde norm voor de hinderduur (zes uur per jaar) wordt bij twee woningen overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten de turbines 12 en 14 (of 22 en 24 bij de 3MW) worden voorzien van een automatische regeling die de rotor stopt als er slagschaduw optreedt bij een woning van derden. Er resteren dan nog circa zestien woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.
Windpark met vier 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 32 en 34 worden voorzien van een stilstandsregeling. Er resteren dan nog circa 32 woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.
Windpark met vier 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 42 en 44 worden voorzien van een stilstandsregeling. Er resteren dan nog circa 35 woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.
Windpark met vier 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 52 en 54 worden voorzien van een stilstandsregeling. Er resteren dan nog circa 40 woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.
Windpark met vier windturbines Siemens SWT 2.3-101, SWT 3.0-101 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 drie turbines worden voorzien van een stilstandsregeling. Er resteren dan nog circa 40 woningen met een kortere jaarlijkse hinderduur.
Windpark met vier windturbines Siemens SWT 3.6-107
Met deze grootste turbine wordt de norm voor de hinderduur bij vijf woningen overschreden. Om te voldoen aan de eisen uit het Activiteitenbesluit moeten de turbines 71, 72 en 74 worden voorzien van een stilstandsregeling. Er resteren dan nog circa 45 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 A	Hoogte B
1	woning Gouweveerse Weg 8a	55342,00	406389,00	1,50	5,00
2	woning Boterhoekseweg	55810,26	405189,30	1,50	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+1,5 m	53942,68	406701,16	1,50	40	40	54	70

Rekenpunten slagschaduw

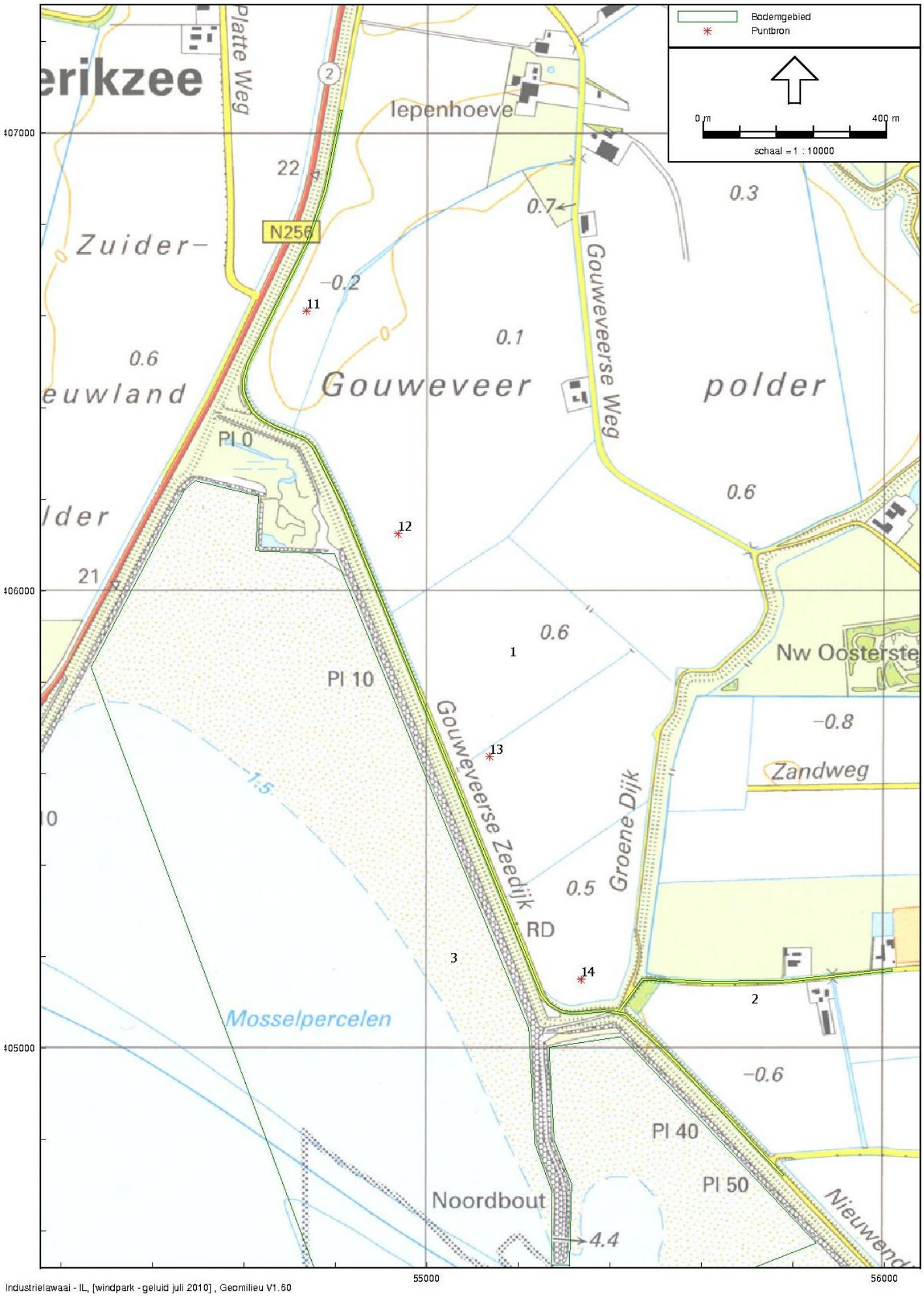
Id	Omschr.	X	Y	HoogteA	Hoogte B
1	woning Gouweveerse Weg	55231,80	407128,62	0,50	5,00
2	woning Gouweveerse Weg	55339,79	406783,68	0,50	5,00
3	woning Gouweveerse Weg	55342,04	406417,99	0,50	5,00
4	woning Boterhoekseweg	55995,72	405194,63	0,50	5,00
5	woning Boterhoekseweg	55810,26	405189,30	0,50	5,00
6	woning Boterhoekseweg	55869,00	405120,58	0,50	5,00

Turbines geometrie

Id	Omschr.	X	Y	Hoogte
11	E-82 2.3 MW 7 m/s	54737,00	406611,00	78,00
12	E-82 2.3 MW 7 m/s	54937,00	406124,00	78,00
13	E-82 2.3 MW 7 m/s	55137,00	405637,00	78,00
14	E-82 2.3 MW 7 m/s	55337,00	405150,00	78,00

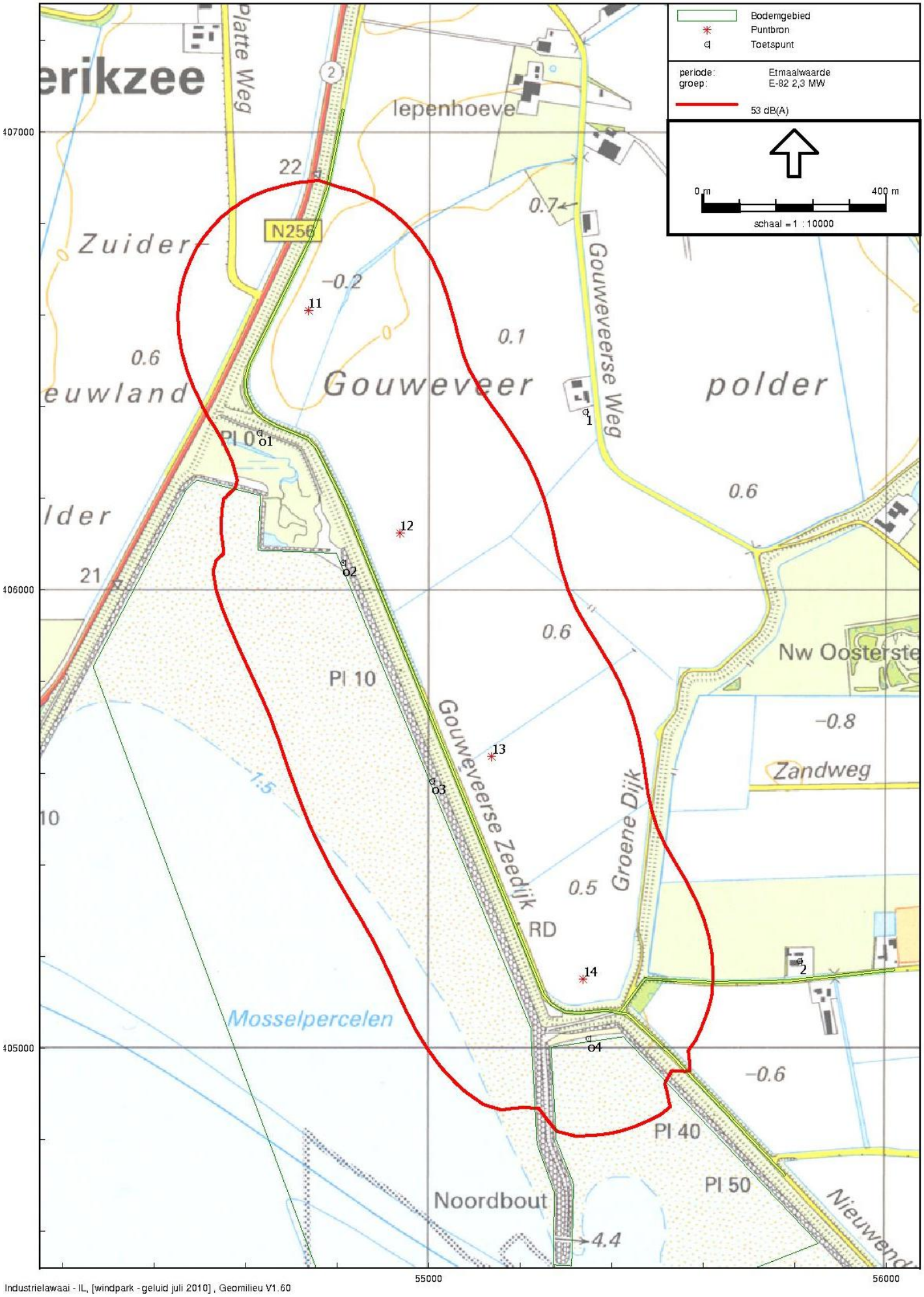
Geluidbronnen, bronsterkten

Id	Omschr.	Lwr 31	Lwr 63	Lwr 125	Lwr 250	Lwr 500	Lwr 1k	Lwr 2k	Lwr 4k	Lwr 8k	Lwr Totaal
11	E-82 2.3 MW 7 m/s	--	84,50	91,90	94,70	98,00	99,70	94,50	85,50	87,30	103,83
12	E-82 2.3 MW 7 m/s	--	84,50	91,90	94,70	98,00	99,70	94,50	85,50	87,30	103,83
13	E-82 2.3 MW 7 m/s	--	84,50	91,90	94,70	98,00	99,70	94,50	85,50	87,30	103,83
14	E-82 2.3 MW 7 m/s	--	84,50	91,90	94,70	98,00	99,70	94,50	85,50	87,30	103,83
21	E-82 3 MW 7 m/s	--	85,50	92,90	95,80	99,30	101,30	96,40	86,50	88,30	105,26
22	E-82 3 MW 7 m/s	--	85,50	92,90	95,80	99,30	101,30	96,40	86,50	88,30	105,26
23	E-82 3 MW 7 m/s	--	85,50	92,90	95,80	99,30	101,30	96,40	86,50	88,30	105,26
24	E-82 3 MW 7 m/s	--	85,50	92,90	95,80	99,30	101,30	96,40	86,50	88,30	105,26
31	N90 2500 LS 7 m/s	--	88,00	93,00	96,90	96,90	94,00	94,20	92,10	81,90	102,86
32	N90 2500 LS 7 m/s	--	88,00	93,00	96,90	96,90	94,00	94,20	92,10	81,90	102,86
33	N90 2500 LS 7 m/s	--	88,00	93,00	96,90	96,90	94,00	94,20	92,10	81,90	102,86
34	N90 2500 LS 7 m/s	--	88,00	93,00	96,90	96,90	94,00	94,20	92,10	81,90	102,86
41	SWT -2,3-93 7m/s	--	85,80	94,40	100,90	102,20	98,80	94,60	91,30	92,50	106,59
42	SWT -2,3-93 7m/s	--	85,80	94,40	100,90	102,20	98,80	94,60	91,30	92,50	106,59
43	SWT -2,3-93 7m/s	--	85,80	94,40	100,90	102,20	98,80	94,60	91,30	92,50	106,59
44	SWT -2,3-93 7m/s	--	85,80	94,40	100,90	102,20	98,80	94,60	91,30	92,50	106,59
51	N100/2500 7 m/s	--	87,30	93,00	99,80	101,50	99,70	95,10	93,50	85,40	106,17
52	N100/2500 7 m/s	--	87,30	93,00	99,80	101,50	99,70	95,10	93,50	85,40	106,17
53	N100/2500 7 m/s	--	87,30	93,00	99,80	101,50	99,70	95,10	93,50	85,40	106,17
54	N100/2500 7 m/s	--	87,30	93,00	99,80	101,50	99,70	95,10	93,50	85,40	106,17
61	SWT-2,3-101 7 m/s	--	83,60	94,80	98,90	102,50	102,70	99,30	91,90	87,60	107,64
62	SWT-2,3-101 7 m/s dag, avond	--	83,60	94,80	98,90	102,50	102,70	99,30	91,90	87,60	107,64
62n	SWT-2.3-101 7 m/s nacht -2 dB	73,80	81,60	92,80	96,90	100,50	100,70	97,30	89,90	85,60	105,64
63	SWT-2,3-101 7 m/s	--	83,60	94,80	98,90	102,50	102,70	99,30	91,90	87,60	107,64
64	SWT-2,3-101 7 m/s	--	83,60	94,80	98,90	102,50	102,70	99,30	91,90	87,60	107,64
71	SWT-3,6-107 7 m/s	73,80	85,40	94,10	99,00	98,50	98,00	97,50	95,90	97,60	105,97
72	SWT-3,6-107 7 m/s	73,80	85,40	94,10	99,00	98,50	98,00	97,50	95,90	97,60	105,97
73	SWT-3,6-107 7 m/s	73,80	85,40	94,10	99,00	98,50	98,00	97,50	95,90	97,60	105,97
74	SWT-3,6-107 7 m/s	73,80	85,40	94,10	99,00	98,50	98,00	97,50	95,90	97,60	105,97
81	Enercon E-101 7 m/s	--	82,20	93,20	96,90	100,70	100,70	98,20	92,20	94,40	106,20
82	Enercon E-101 7 m/s	--	82,20	93,20	96,90	100,70	100,70	98,20	92,20	94,40	106,20
83	Enercon E-101 7 m/s	--	82,20	93,20	96,90	100,70	100,70	98,20	92,20	94,40	106,20
84	Enercon E-101 7 m/s	--	82,20	93,20	96,90	100,70	100,70	98,20	92,20	94,40	106,20
91	SWT 3.0-101 7 m/s	--	83,10	94,30	99,10	102,10	102,70	99,10	91,40	87,10	107,47
92	SWT 3.0-101 7 m/s dag, avond	--	83,10	94,30	99,10	102,10	102,70	99,10	91,40	87,10	107,47
92n	SWT 3.0-101 7 m/s nacht -1 dB	--	81,10	92,30	97,10	100,10	100,70	97,10	89,40	85,10	105,47
93	SWT 3.0-101 7 m/s	--	83,10	94,30	99,10	102,10	102,70	99,10	91,40	87,10	107,47
94	SWT 3.0-101 7 m/s	--	83,10	94,30	99,10	102,10	102,70	99,10	91,40	87,10	107,47



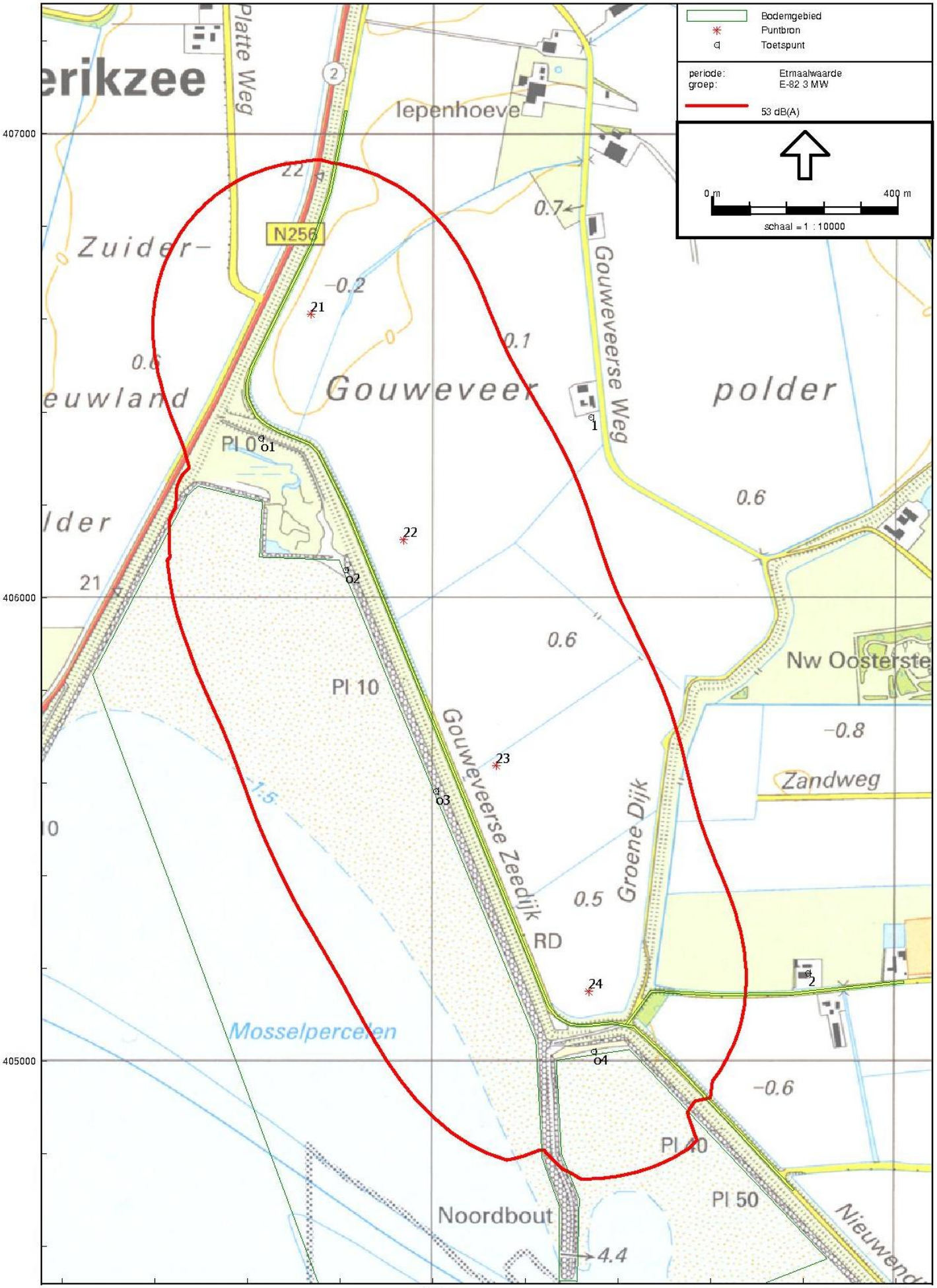
Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

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



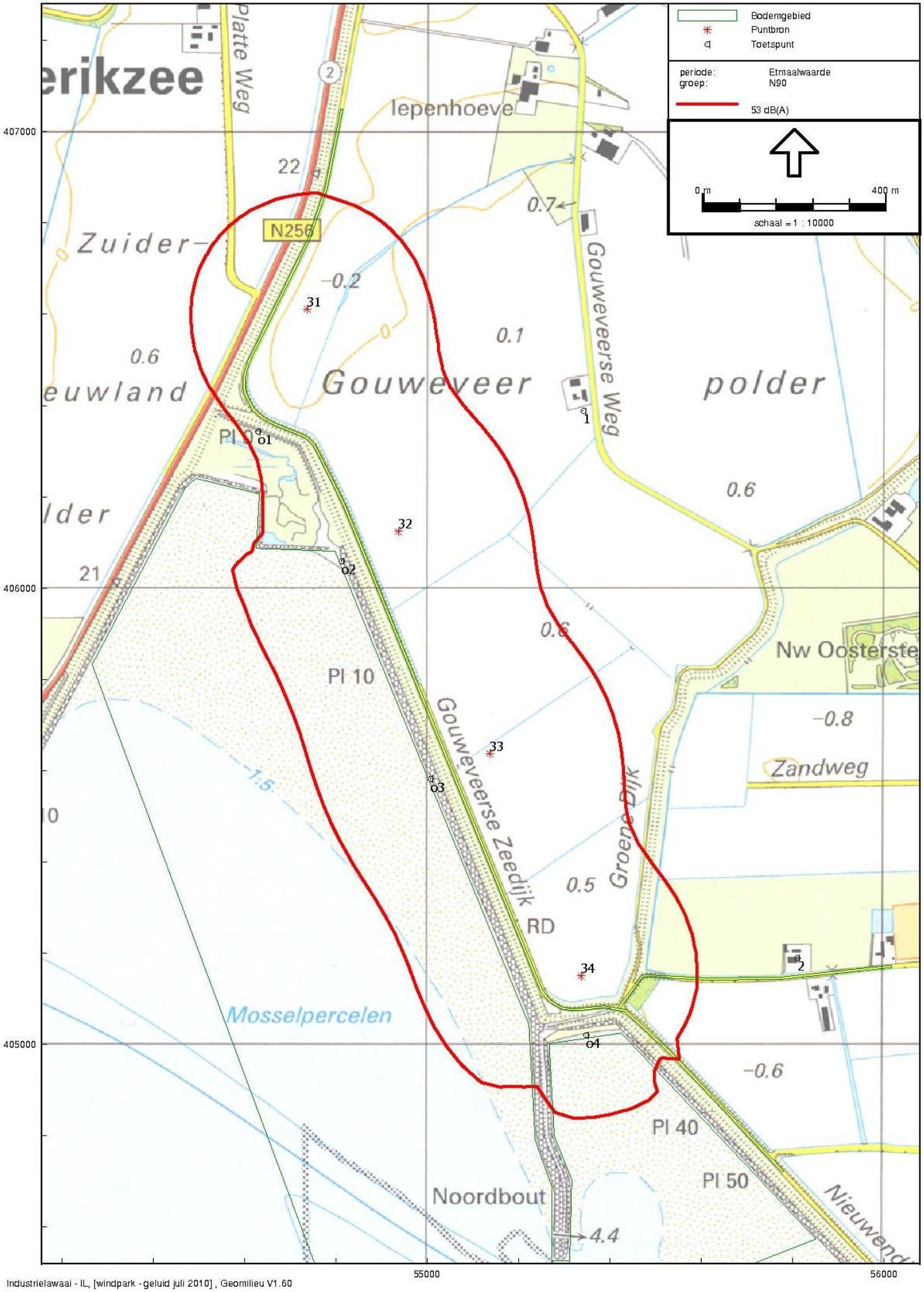
Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 3 : geluidcontour E-82 3 MW en toetspunten.

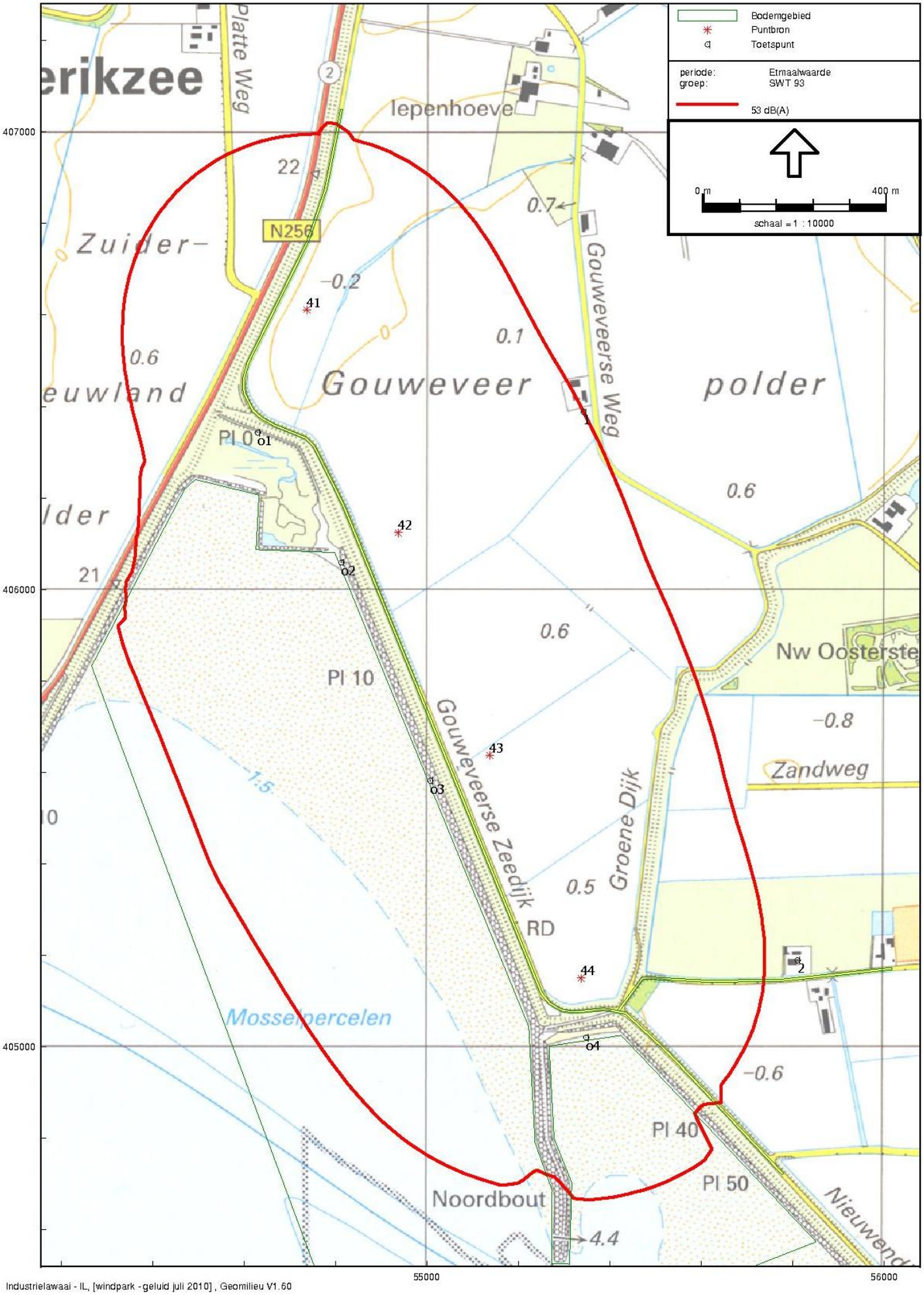


Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 4 : geluidcontour N90/2500 LS en toetspunten.

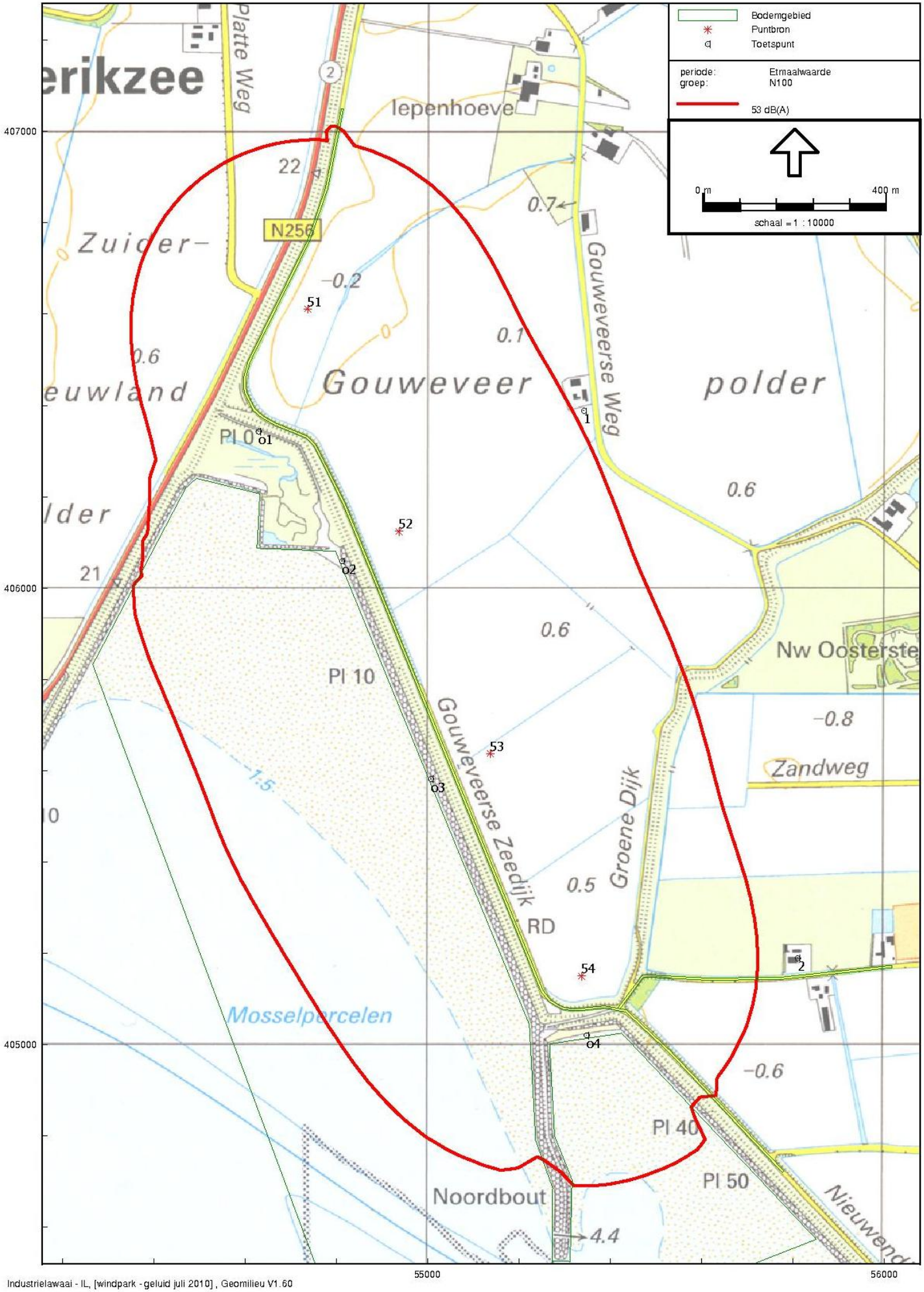


figuur 5 : geluidcontour SWT 2.3-93 en toetspunten.



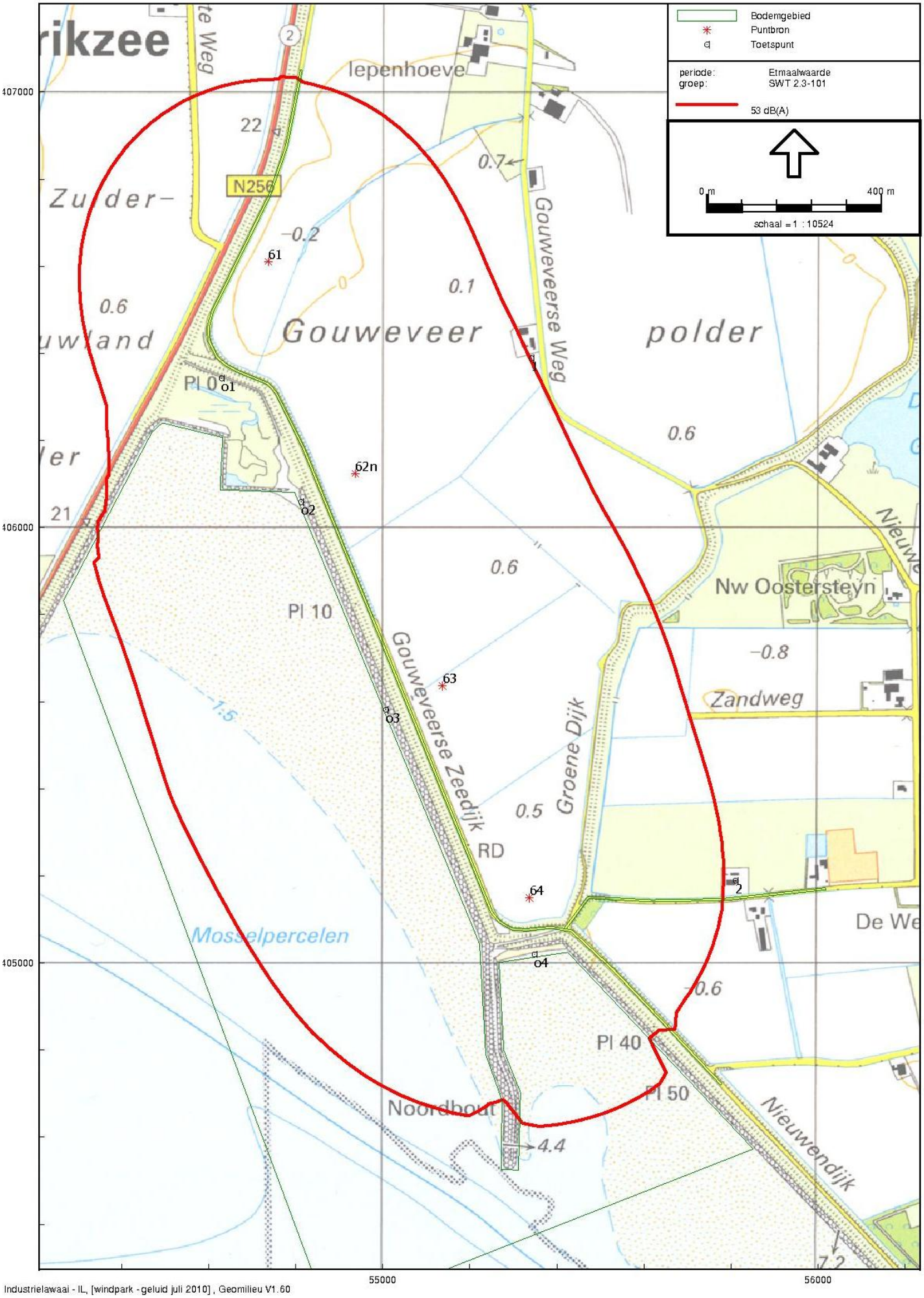
Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 6 : geluidcontour N100/2500 en toetspunten.



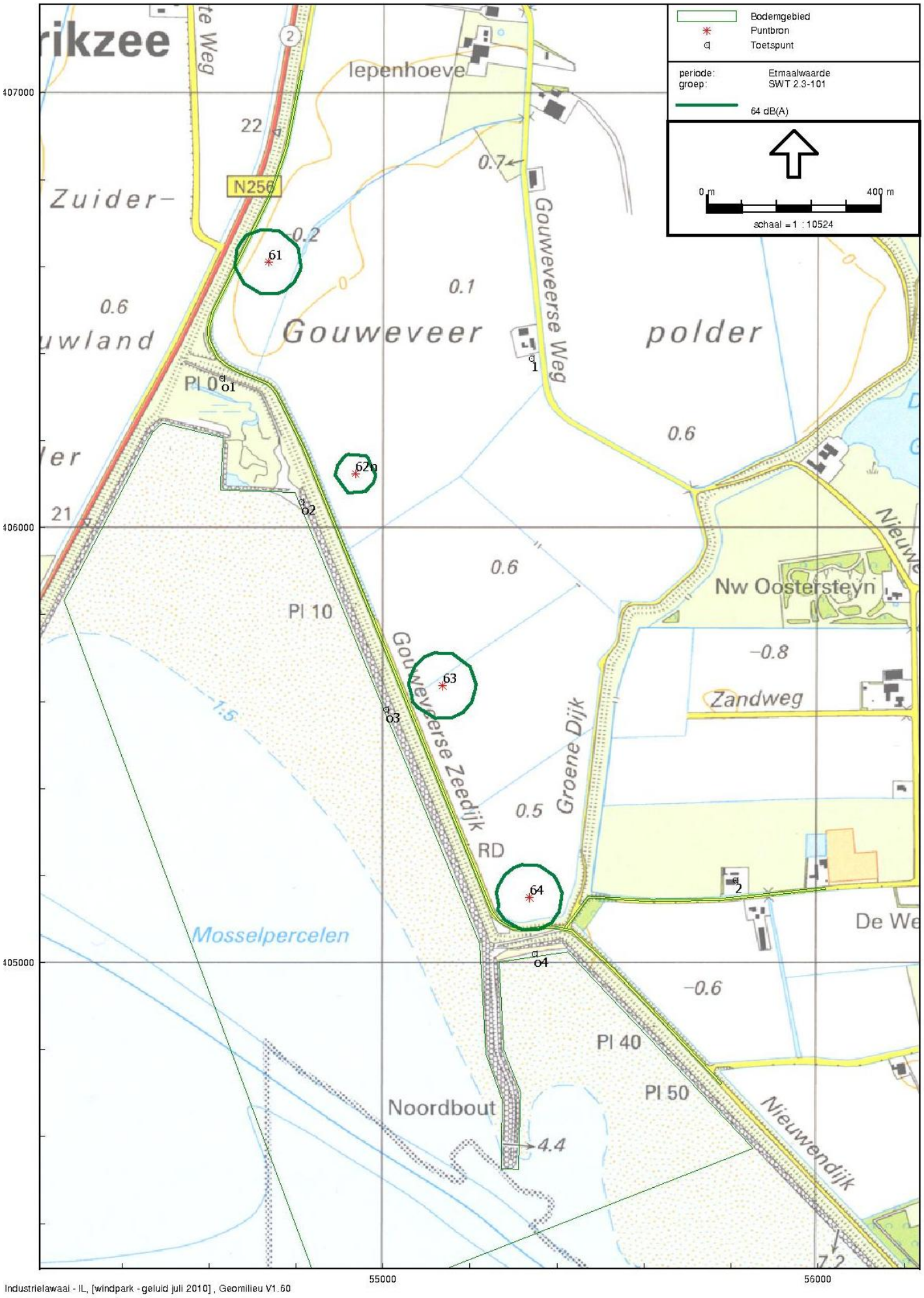
Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 7 : geluidcontour SWT 2.3-101 en toetspunten.

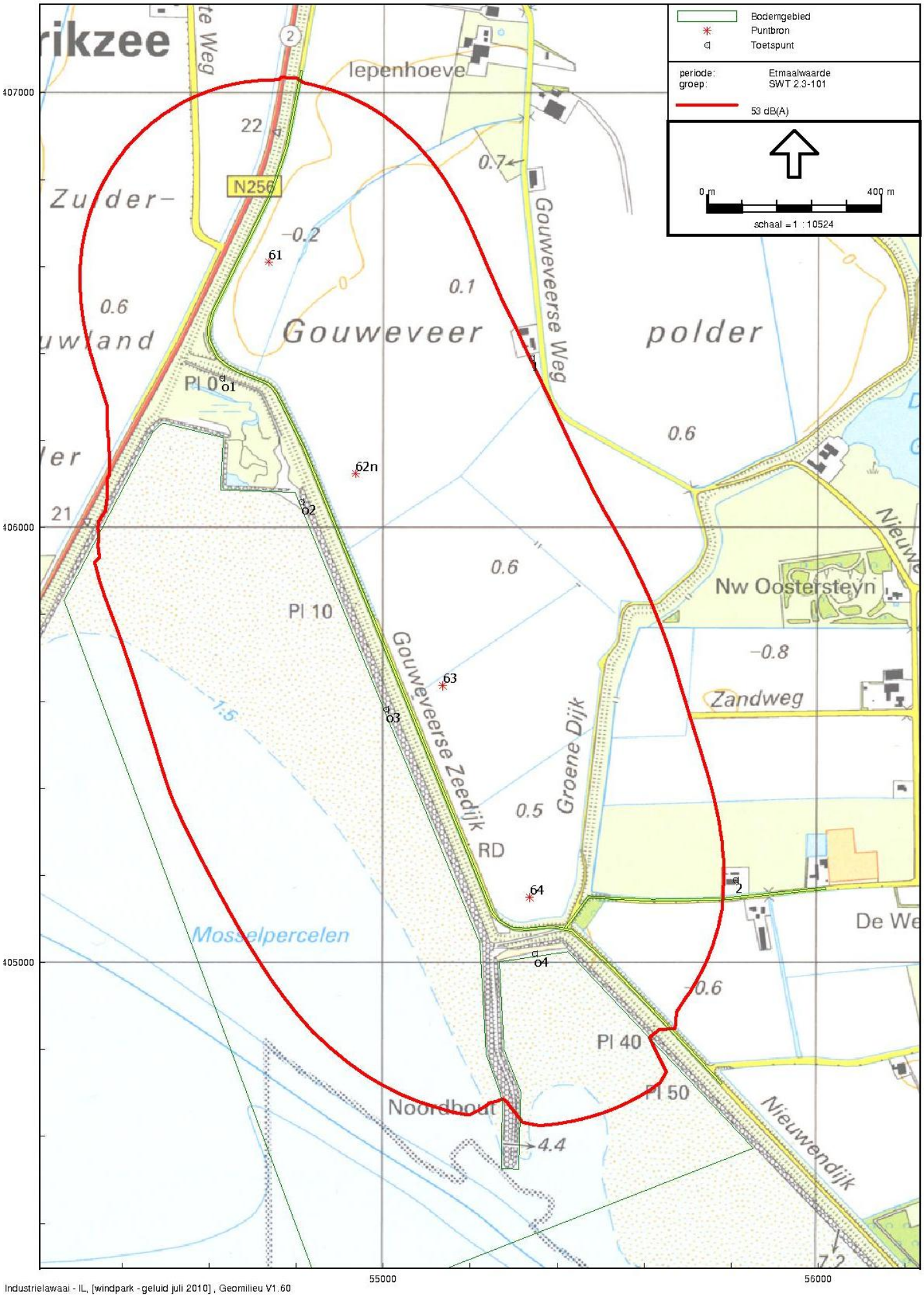


Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 8 : geluidcontour +1,5 m SWT 2.3-101 en toetspunten.

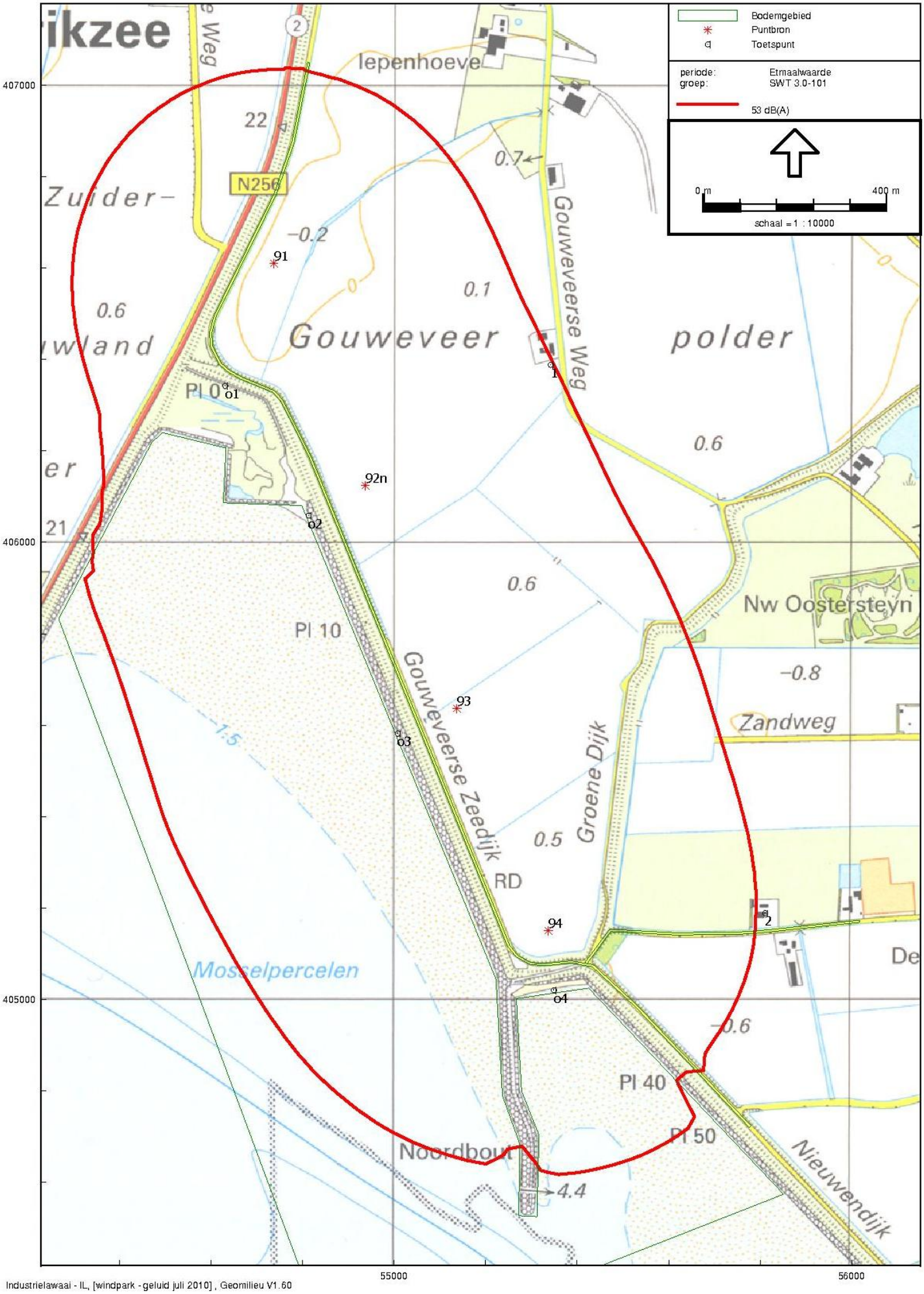


Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60



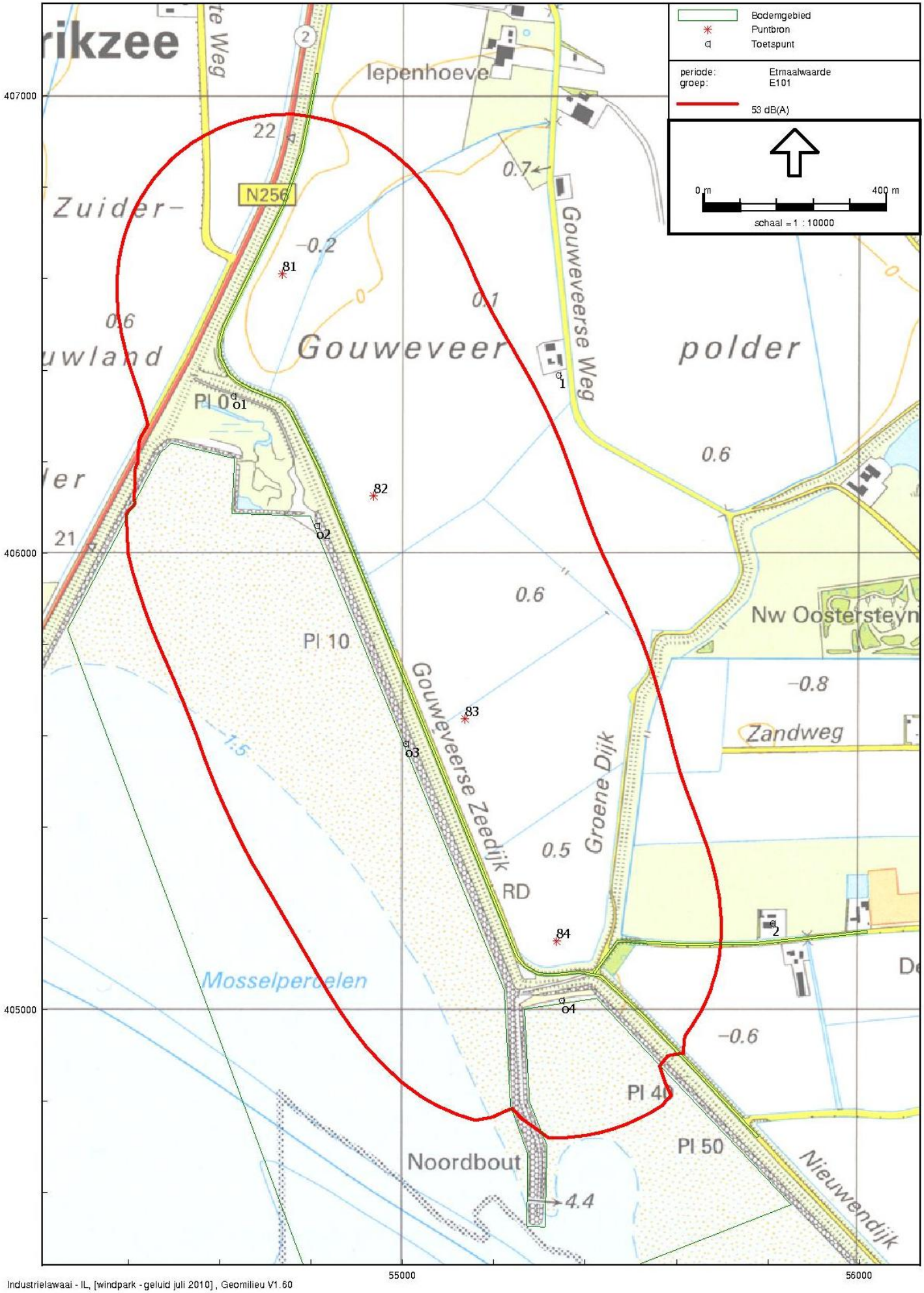
Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 9 : geluidcontour SWT 3.0-101 en toetspunten.



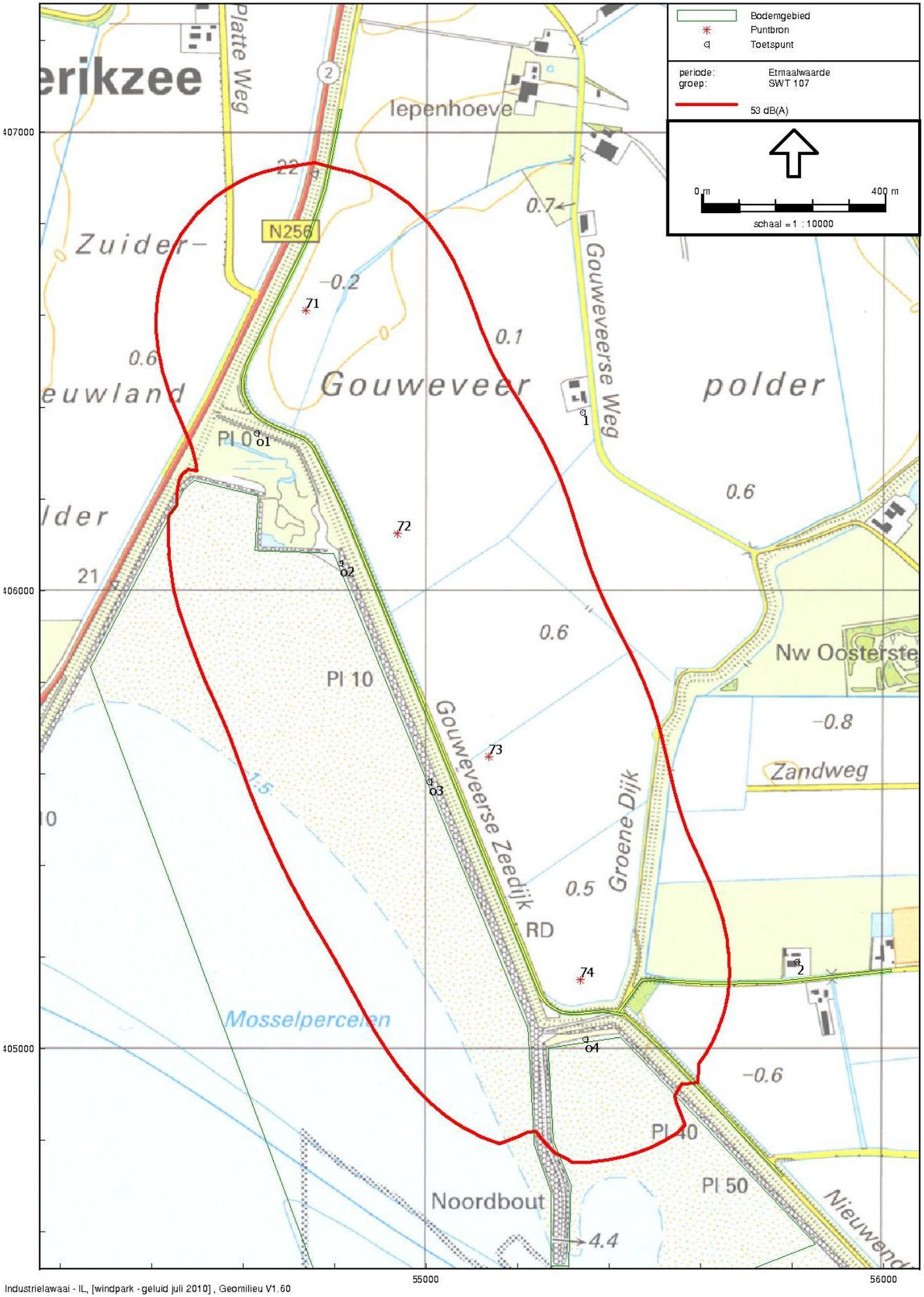
Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 10 : geluidcontour Enercon E-101 en toetspunten.



Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

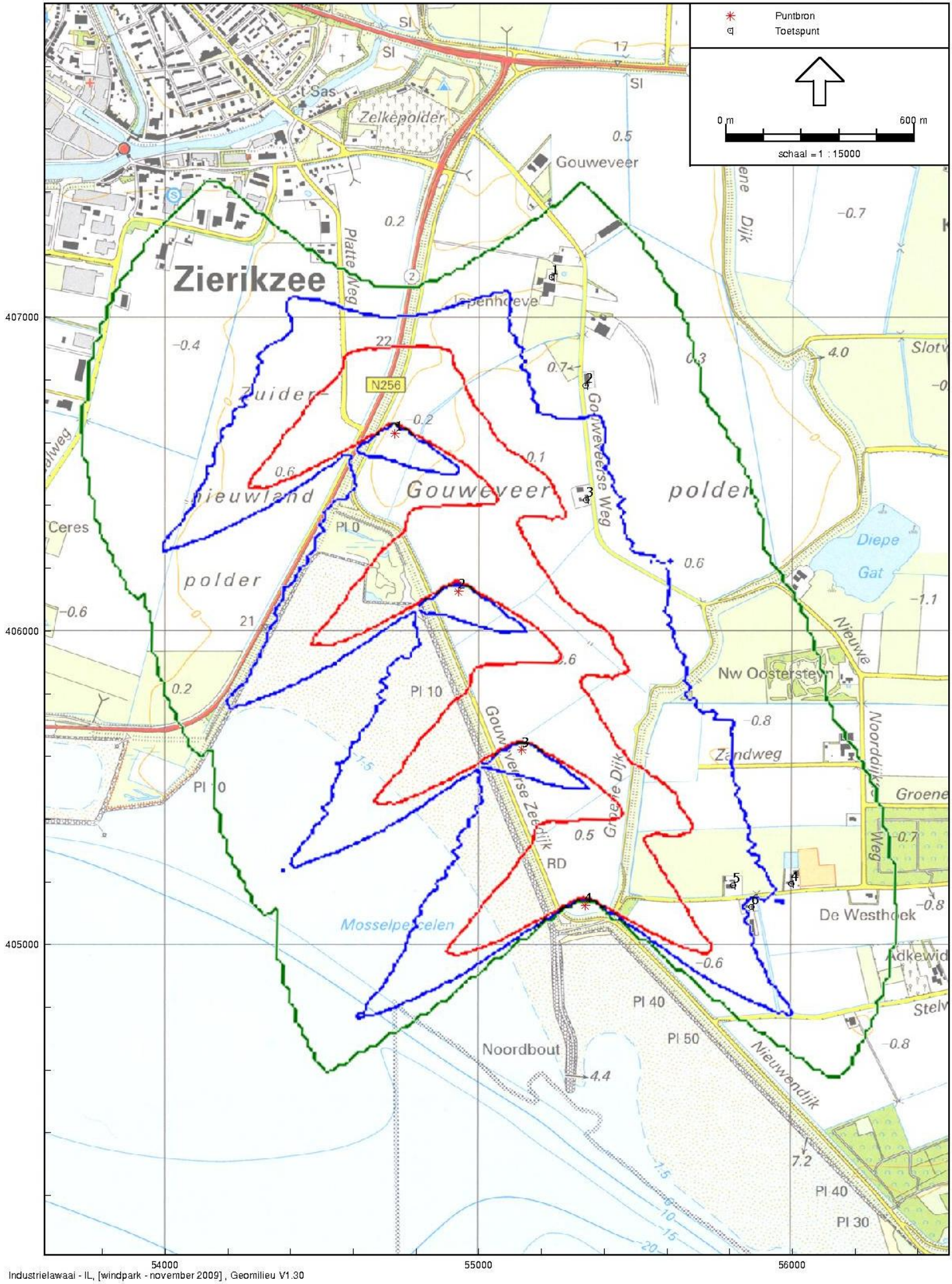
figuur 11 : geluidcontour SWT 3.6-107 en toetspunten.



Industrielawaai - IL, [windpark - geluid juli 2010] , Geomilieu V1.60

figuur 12 : E-82 schaduwcontouren en rekenpunten

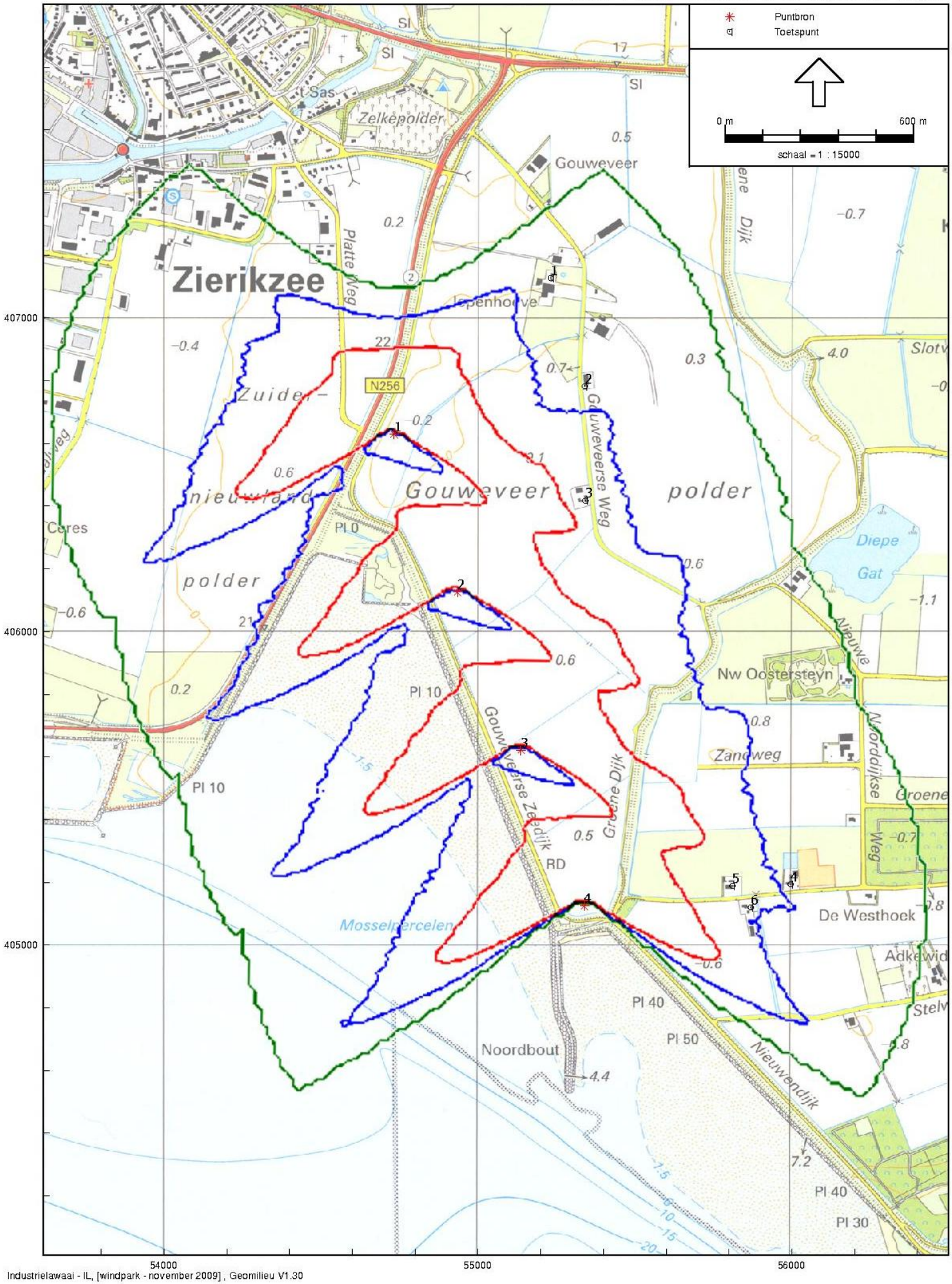
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduw per jaar.



Industrielawaai - IL, [windpark - november 2009] , Geomilieu V1.30

figuur 13 : N90 schaduwcontouren en rekenpunten

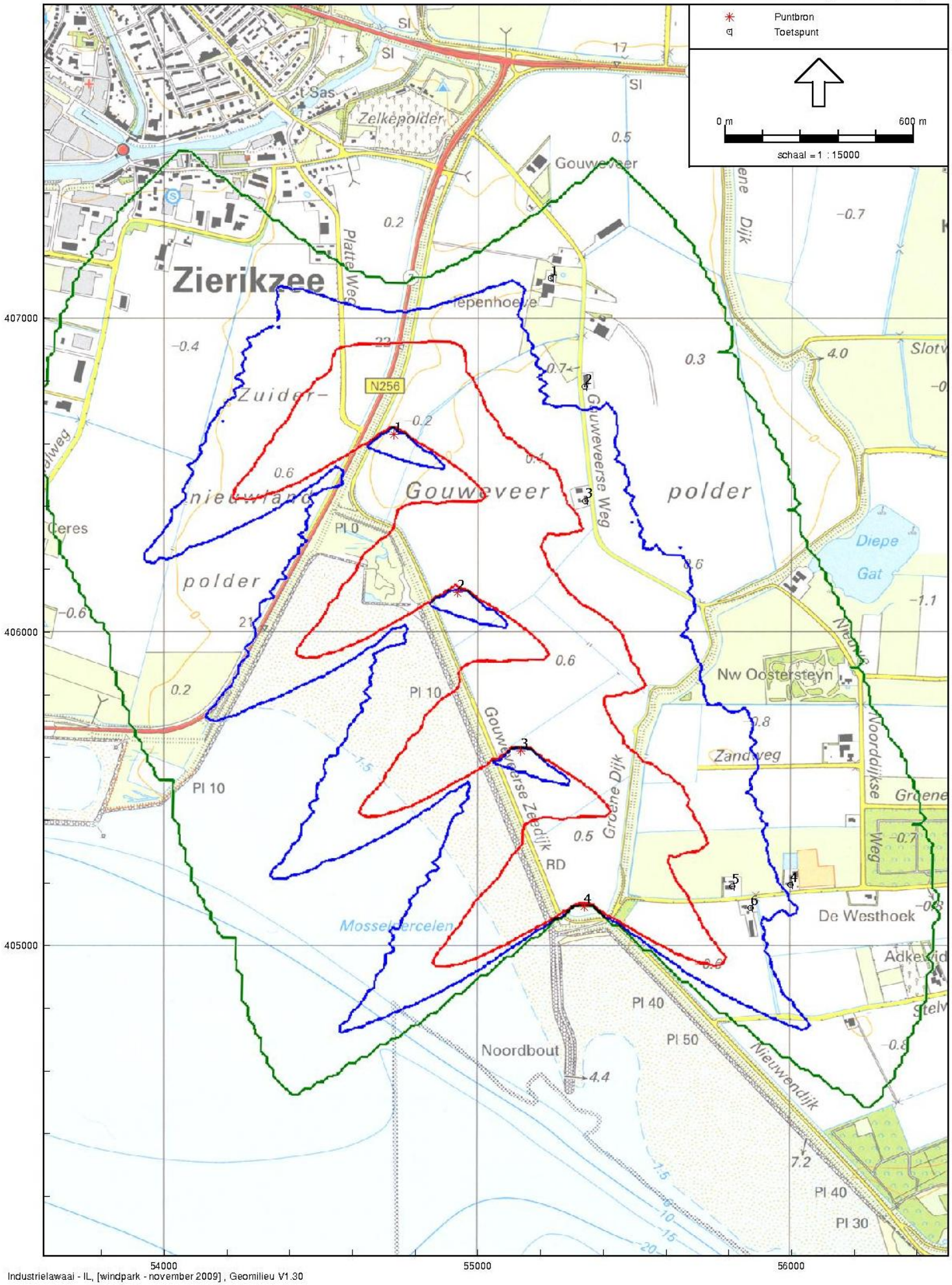
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduw per jaar.



Industrielawaai - IL, [windpark - november 2009] , Geomilieu V1.30

figuur 14 : SWT 2.3-93 schaduwcontouren en rekenpunten

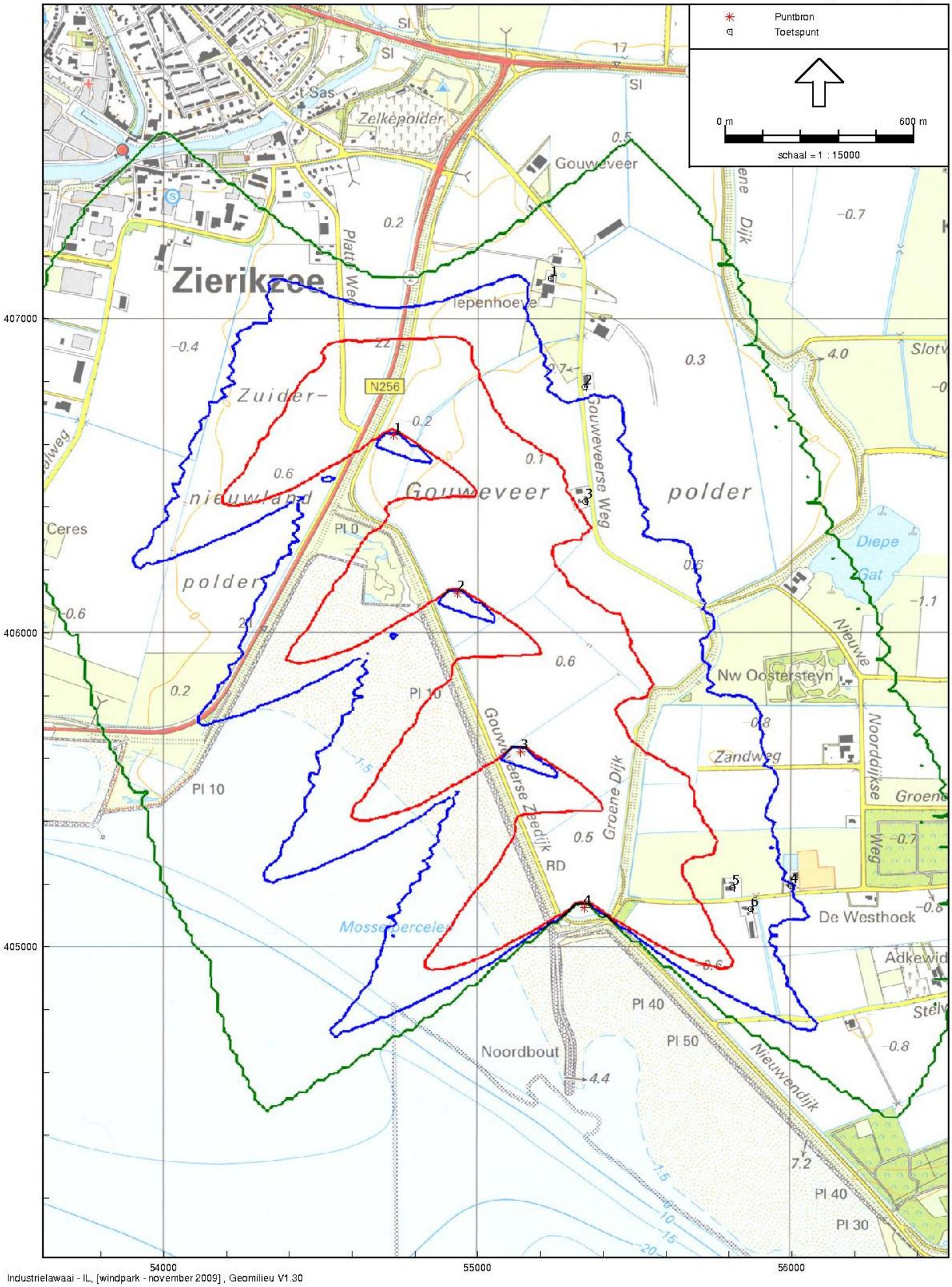
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduw per jaar.



Industrielawaai - IL, [windpark - november 2009] , Geomilieu V1.30

figuur 15 : N100 schaduwcontouren en rekenpunten

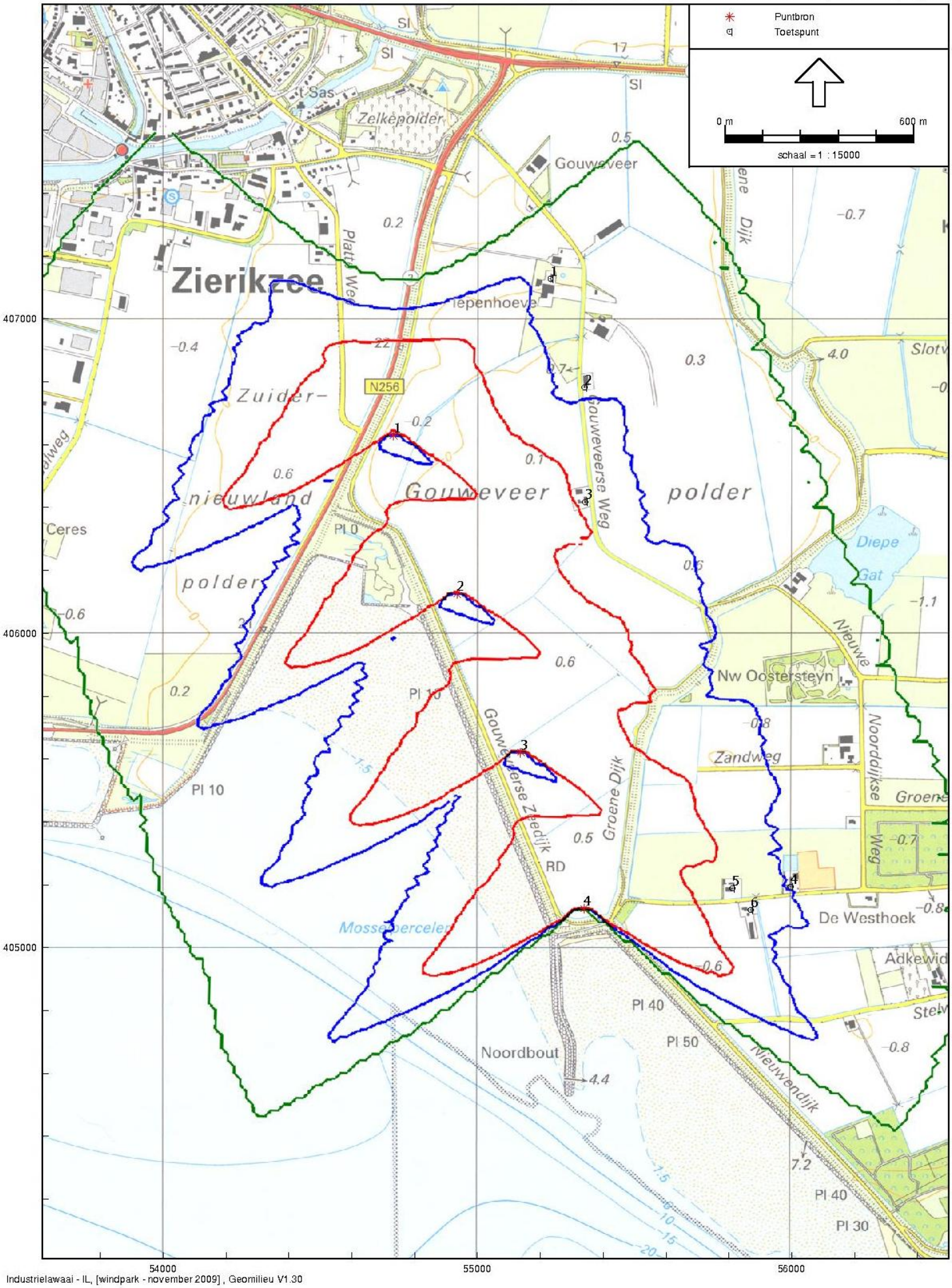
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduw per jaar.



Industrielawaai - IL, [windpark - november 2009] , Geomilieu V1.30

figuur 16: SWT 2.3-101, 3.0-101 en E-101 schaduwcontouren en rekenpunten

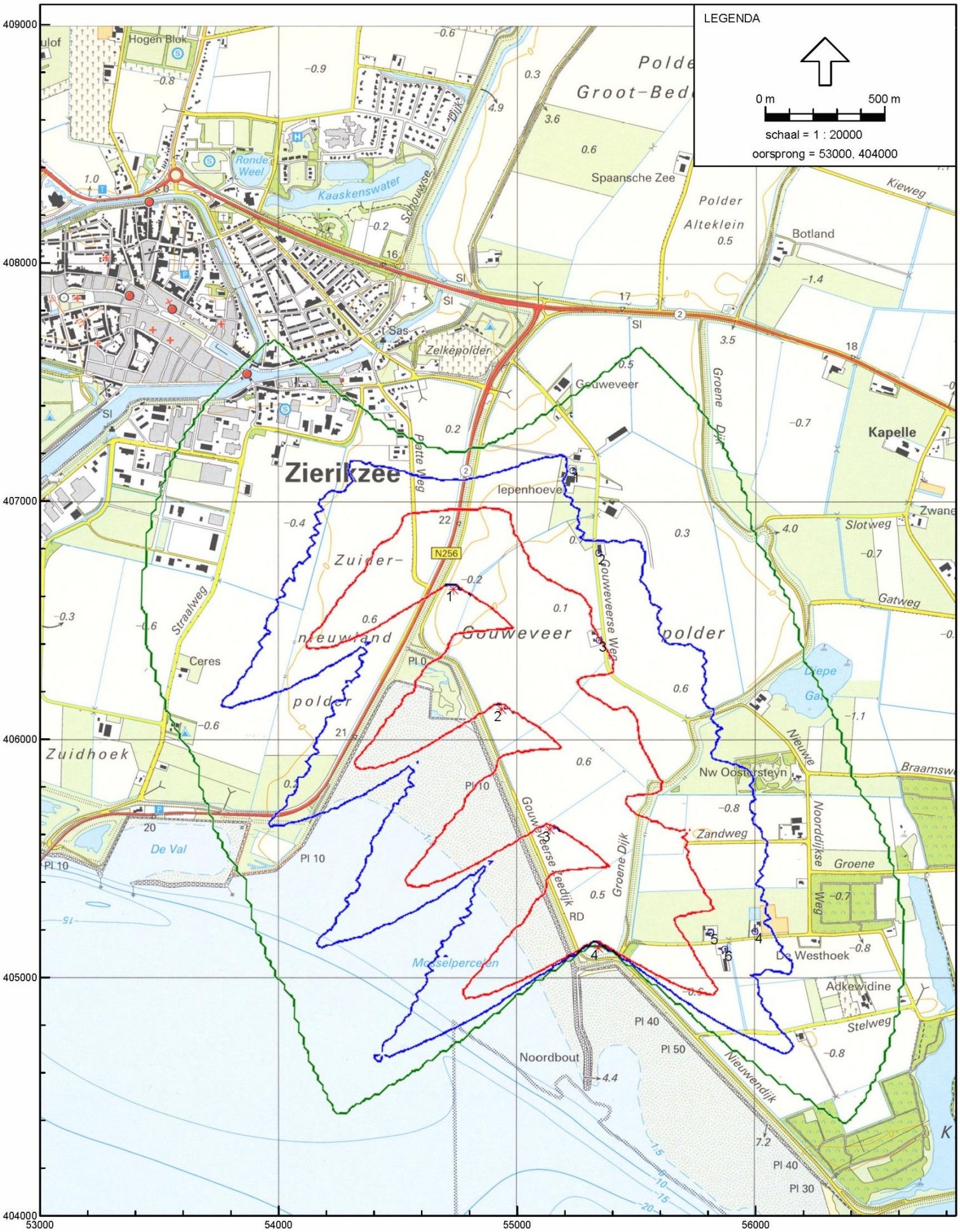
groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduw per jaar.



Industrielawaai - IL, [windpark - november 2009] , Geomilieu V1.30

figuur 17 : SWT 3.6-107 schaduwcontouren en rekenpunten

groen=0 blauw=5 en rood=15 uur slagschaduwhinder per jaar



Industrielawaai - IL, Zierikzee - windpark - december 2006 [F:\WP2006\GN5\] , Geonoise V5.30