



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Sanering windturbinegeluid

Een indicatieve raming van kosten

RIVM Briefrapport 680375001/2011
E. Verheijen | J. Jabben



Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu
*Ministerie van Volksgezondheid,
Welzijn en Sport*

Sanering windturbinegeluid

Een indicatieve raming van kosten

RIVM Briefrapport 680375001/2011
E. Verheijen | J. Jabben

Colofon

© RIVM 2011

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Edwin Verheijen
Jan Jabben

Contact:
Jan Jabben
Centrum voor MilieuMonitoring
jan.jabben@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Ministerie van Infrastructuur en Milieu, in het kader van het project M680300, Beleidsondersteuning Geluid

Rapport in het kort

Sanering windturbinegeluid – een indicatieve raming van kosten

Sinds 1 januari 2011 zijn nieuwe regels rond windturbinegeluid van kracht. Bij de nieuwe regelgeving hoort een andere berekeningsmethode en normstelling, bedoeld voor nieuw te plaatsen windturbines. Voor de aanpak van de geluidhinder door bestaande windturbines overweegt de overheid een saneringsoperatie op te zetten, waarvoor in dit onderzoek een kostenraming wordt gegeven.

Bij een saneringsgrenswaarde van 47 decibel zouden ongeveer 450 woningen voor sanering in aanmerking komen. De kosten voor sanering daarvan worden geschat op 4,9 miljoen euro. Bij een groot deel van deze woningen zijn de bewoners waarschijnlijk eigenaar van de windturbine en is er sprake van direct economisch profijt. Het is mogelijk dat deze woningen niet in aanmerking zullen komen voor geluidsanering vanuit publieke middelen. Als deze groep buiten de kostenraming wordt gelaten, blijven 165 tot 275 saneringswoningen over met naar schatting 1,6 tot 2,6 miljoen euro aan saneringskosten.

Een indicatieve kosten-baten analyse duidt erop dat geluidsanering in veel gevallen kosteneffectief zal blijken. Dat betekent dat de baten door verminderde hinder of slaapverstoring vergelijkbaar zijn met de kosten van sanering. Alleen bij de kleine groep windturbines die al meer dan vijftien jaar in gebruik zijn, zal sanering niet kosteneffectief zijn. Deze windturbines zijn bijna aan het einde van hun levensduur en zijn in deze raming buiten beschouwing gelaten.

Trefwoorden:

Geluid, windturbines, norm, sanering, kosten

Abstract

Remediation of wind turbine noise – a tentative estimation of costs

Since the 1st of January 2011 new rules apply for wind turbine noise. The rules include a different calculation method and different noise limits, intended for new wind turbines. In order to tackle noise annoyance from existing wind turbines the government is considering to set up an abatement operation, for which a cost estimate is given in this study.

At an abatement limit of 47 decibel Lden approximately 450 dwellings would be eligible for noise remediation. The costs of this operation are estimated at 4.9 million euro. However, in many of these cases the wind turbine is probably owned by the respective residents. It is possible that public funds for noise remediation will not be allocated to the owners of dwellings that directly profit from the turbines. If these cases are excluded, the abatement operation would cover 165 to 275 dwellings with estimated costs for remediation of 1.6 to 2.6 million euro.

A tentative cost-benefit analysis suggests that noise remediation will be cost effective in most situations. This means that the benefits of reduced annoyance or sleep disturbance are in balance with the cost of remediation. Only for the small group of wind turbines that are in use for over fifteen years, remediation will not be cost effective. These wind turbines are nearing the end of their lifespan and are therefore ignored in the above estimates.

Keywords:

Noise, wind turbines, abatement, remediation, costs

Inhoud

Samenvatting—6

1 Inleiding—7

1.1 Aanleiding—7

1.2 Doel—7

1.3 Achtergrond—7

2 Aanpak—9

2.1 Windturbines—9

2.2 Toetsing L_{den} en/of L_{night} —10

2.3 Woningen—10

2.4 Bedrijfswoningen—11

2.5 Cumulatie—11

2.6 Saneringsmaatregelen en doelmatigheid—12

3 Resultaten—15

3.1 Geluidbelasting bij de woningen—15

3.2 Indicatie saneringsomvang zonder cumulatie—16

Literatuur—18

Bijlage 1 Landsdekkende geluidkaart windturbines—19

Bijlage 2 Bronvermogen als functie van de windsnelheid—22

Bijlage 3 Bronvermogen L_{Wden} windturbines—24

Samenvatting

Per 1 januari 2011 is nieuwe regelgeving rond windturbinegeluid van kracht geworden. Bij deze nieuwe regelgeving hoort een andere berekeningsmethode en een aangepaste normstelling, uitgedrukt in L_{den} en L_{night} . De nieuwe regeling is alleen bedoeld voor de beoordeling van vergunningsaanvragen van *nieuwe* windturbines. Voor de aanpak van de geluidhinder door bestaande windturbines overweegt het ministerie van Infrastructuur en Milieu een saneringsoperatie op te zetten. Dit onderzoek gaat in op de mogelijke opgave van een saneringsoperatie en de kosten daarvan.

Bij de meeste woningen rond de bestaande windturbines wordt nu al aan de nieuwe grenswaarde van 47 dB L_{den} voldaan. Bij een deel van de woningen treden hogere niveaus op. Hiervoor kan een saneringsregeling worden opgezet. De saneringsoperatie houdt in dat eerst onderzocht wordt welke geluidniveaus optreden bij de woningen. Vervolgens dient te worden vastgesteld welke geluidmaatregelen aan de windturbines of de woningen mogelijk zijn. Uit de voorliggende kosteninventarisatie blijkt dat alleen (gevel)maatregelen aan de woningen een reële optie zijn. Tevens blijkt dat sanering niet kosten-effectief zal zijn bij windturbines die al langer dan 15 jaar in gebruik zijn, gezien de gemiddelde technische levensduur van 20 jaar.

Vaak staat de windturbine op hetzelfde erf als de woning waar de grenswaarde wordt overschreden, of loopt er een pad vanaf het erf van de woning naar de betreffende windturbine. Voor een saneringsregeling is van belang in hoeverre zulke woningen als 'bedrijfswoning' kunnen worden aangemerkt. Indien de bewoners van deze woningen economisch gebonden zijn aan de windturbine lijkt sanering met publieke middelen minder van toepassing. Uit onderzoek blijkt dat bewoners die economisch gebonden zijn aan de windturbine (bijna) niet gehinderd zijn.

In deze inventarisatie is met een landsdekkend geluidmodel nagegaan hoeveel woningen een bepaalde geluidbelasting ten gevolge van bestaande windturbines hebben (peildatum juni 2010). Wanneer een saneringsgrenswaarde van 47 dB L_{den} wordt aangehouden (gelijk aan de norm voor nieuwbouw), zouden naar schatting circa 450 woningen voor sanering in aanmerking komen. Het deel wat als 'bedrijfswoningen' kan worden gezien is daarbij meegeteld. De bijbehorende kosten worden geschat op 4,9 mln euro. Hierbij is per te saneren decibel uitgegaan van een kostenkental van € 1500.

Het aantal potentiële bedrijfswoningen ligt tussen de 175 en 285 stuks. Als deze buiten de operatie worden gehouden is, resteert een saneringsomvang voor de overige 165 tot 275 woningen van 1,6 tot 2,6 mln euro. Als in plaats van 47 dB een grenswaarde van 49 dB L_{den} voor de sanering zou worden gehanteerd, resulteert dit in minder te saneren woningen. Het gaat dan om 215 saneringswoningen, waarvan naar schatting 130 tot 170 bedrijfswoningen. Als de bedrijfswoningen buiten de saneringsoperatie worden gehouden blijft voor de overige 45 tot 85 woningen een budget nodig van 0,6 tot 1,1 mln euro.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Op 1 januari 2011 is een nieuwe regelgeving rond windturbinegeluid van kracht geworden [1]. Bij deze nieuwe regelgeving hoort een andere berekeningsmethode en normstelling. Deze zijn alleen bedoeld voor de beoordeling van vergunningsaanvragen van nieuwe windturbines. Voor de aanpak van de geluidhinder door bestaande windturbines overweegt het ministerie van Infrastructuur en Milieu een saneringsoperatie op te zetten. Daarbij zouden bestaande situaties met een geluidbelasting boven een nog vast te stellen saneringsgrenswaarde kunnen worden aangepakt.

Een eerste globale raming [2] stelt dat een bedrag in de orde van 12 miljoen euro gemoed zou zijn met een sanering van de naar schatting 810 woningen in Nederland die een geluidbelasting van meer dan 47 dB Lden zouden ondervinden door windturbines. Dit is inclusief woningen die als bedrijfswoning zouden kunnen worden bestempeld. Deze raming was echter gebaseerd op een aantal globale uitgangspunten en verouderde gegevens over de geluidproductie, de locaties en het aantal windturbines in Nederland. Momenteel heeft het ministerie behoefte aan een nauwkeuriger schatting van mogelijke omvang van een saneringsoperatie voor windturbines.

1.2 Doel

Doelstelling van het onderhavige onderzoek is een kostenraming te maken van maatregelen die nodig zijn om bestaande situaties met een geluidbelasting boven een bepaalde saneringsgrenswaarde te reduceren. Voor een haalbare saneringsoperatie dient tevens de doelmatigheid van te gebruiken geluidbeperkende voorzieningen beschouwd te worden. Dit laatste heeft betrekking op de vraag of de baten van saneringsmaatregelen opwegen tegen de kosten ervan.

1.3 Achtergrond

In de Wet milieubeheer (Activiteitenbesluit) gold tot 1 januari 2011 als maximale waarde voor windturbines: 50 dB(A) tijdens de dag, 45 dB(A) 's avonds en 40 dB(A) 's nachts. De geluidmaat was de $L_{A,RT}$. Bij de invoering van de nieuwe regelgeving is getracht een normneutrale omzetting te maken. Dit is slechts bij benadering mogelijk doordat de $L_{A,RT}$ niet één op één om te rekenen is in de nieuwe maten L_{den} en L_{night} . Als compromis is daarbij gekozen voor grenswaarde van 47 dB L_{den} en aanvullend een grenswaarde van 41 dB L_{night} . De Nota van Toelichting bij de publicatie van de nieuwe regelgeving zegt daarover [1]: "Waar het gaat om vergunningplichtige windturbineparken, is vastgesteld dat de in de praktijk verleende vergunningen eveneens corresponderen met een maximaal niveau van 47 dB L_{den} . Een norm van 47 dB L_{den} en 41 dB L_{night} is daarmee in lijn met de huidige uitvoeringspraktijk van de laatste jaren."

Op grond van het bovenstaande kan verwacht worden dat de meeste woningen rond de bestaande windturbines als gevolg van het Activiteitenbesluit een geluidbelasting van Lden 47 dB of minder zullen hebben. Bij woningen waar

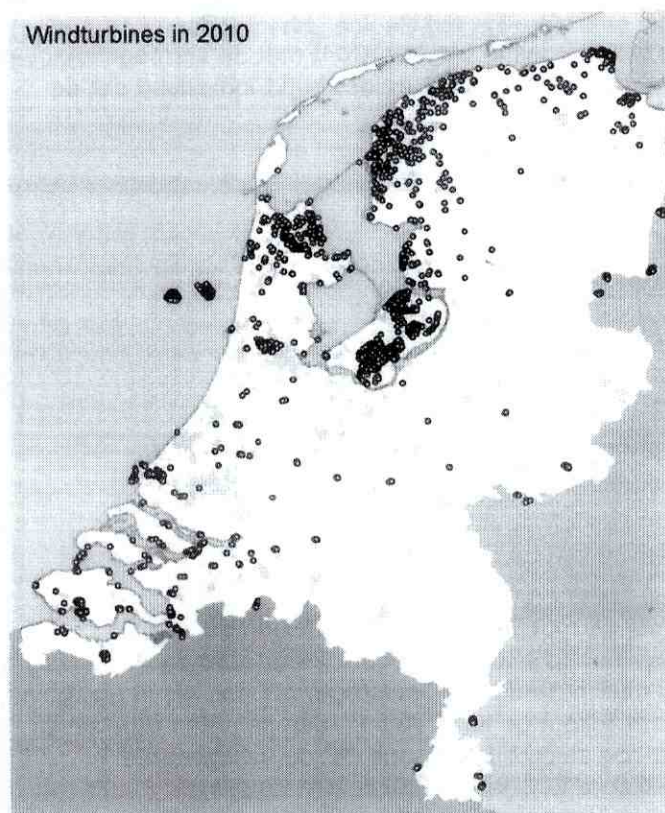
hogere niveaus optreden zou een saneringsregeling soelaas kunnen bieden. Naar analogie van de saneringsregelingen voor weg- en railverkeer kan de wetgever ervoor kiezen een (iets) hogere saneringsgrenswaarde in te stellen dan die van de normstelling voor nieuwe windturbines. De regeling zou dan alleen van toepassing zijn op situaties waar substantieel hogere niveaus optreden dan 47 dB L_{den} . In dit onderzoek is hiermee rekening gehouden door een inventarisatie te maken van saneringssituaties bij een grenswaarde van 47 dB L_{den} en een wat hogere waarde van 49 dB L_{den} .

2 Aanpak

2.1 Windturbines

In dit onderzoek is een gegevensbestand voor windturbines gebruikt dat is geactualiseerd tot 1 juni 2010. Het bestand is opgesteld door de windenergiesector (<http://www.windenergie-nieuws.nl>). Het bevat 1980 windturbines, zowel op land (1884 stuks) als op zee (96 stuks) met in totaal 2,2 GW elektrisch vermogen.

Het bestand is in dit onderzoek met luchtfoto's gecontroleerd. Daarbij is de locatie van enkele windturbines gecorrigeerd. Het bestand is vervolgens aangevuld met 139 windturbines die aan Duitse zijde van de grens zijn opgesteld en 16 windturbines aan Belgische zijde van de grens. Hiervoor is gebruik gemaakt van luchtfoto's uit 2006-2008 (Google Maps). De locaties van de turbines zijn weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1 Windturbines (2010) in Nederland en net over de grens.

In het uiteindelijke bestand zijn 2135 windturbines opgenomen met onder meer de volgende gegevens:

- het type windturbine
- plaatscoördinaten
- elektrisch vermogen
- ashoogte
- jaar van in bedrijfstelling

Met deze gegevens als invoer is de geluidbelasting landsdekkend in kaart gebracht voor de situatie in 2010. Hierbij is de windverdelingsdatabase gebruikt die door het KNMI is vervaardigd in het kader van de wettelijke berekening van windturbinegeluid. In Bijlage 1 wordt het geluidoverdrachtmodel uiteengezet en wordt tevens gedemonstreerd dit model voldoet aan het nieuwe *Reken- en Meetvoorschrift windturbines*.

2.2 Toetsing L_{den} en/of L_{night}

In dit onderzoek wordt nagegaan bij hoeveel woningen de L_{den} -waarde van 47 dB wordt overschreden. Daarnaast zou ook de aparte normstelling van 41 dB voor de L_{night} kunnen worden getoetst. De kans dat deze wordt overschreden, terwijl gelijktijdig de L_{den} van 47 dB niet overschreden wordt, is echter klein. De Nota van Toelichting bij de publicatie van de nieuwe regelgeving [1] zegt hierover: "Indien voldaan wordt aan de norm van ten hoogste 47 L_{den} , zal bij een turbine die in vol bedrijf is de 41 L_{night} slechts bij uitzondering overschreden worden."

Uit een combinatie van de windverdeling van het KNMI met de vermogenskarakteristieken voor vier grotere types windturbines blijkt inderdaad dat de normstelling voor L_{den} maatgevend zal zijn. Bijlage 2 geeft als voorbeeld de windverdeling in de buurt van Almere. Deze is zodanig dat de L_{night} zo'n 6,4 dB lager zal zijn dan de L_{den} , terwijl het verschil in normstelling slechts 6,0 dB is. Met andere woorden, als de L_{night} aan de gevel van een woning nabij een van deze windturbines 41,4 dB zou bedragen (juist geen overschrijding van de norm), bedraagt de L_{den} er minstens 47,8 dB (overschrijding van de norm). Uit een analyse van de windverdelingen in heel Nederland blijkt voor deze vier turbines dat het gemiddelde verschil tussen L_{den} en L_{night} steeds 6,3 à 6,4 dB bedraagt.

Overigens kan bij steekproefsgewijze immissiemetingen (die overigens niet zijn voorzien in de regeling) in sommige gevallen de nacht-waarde bij een gevel maatgevend blijken. Dit hangt samen met de beperkte duur van die metingen, maar ook van overdrachtseffecten, ashoogte, stoorlawaai, bedrijfsduur en het typewindturbine. Het effect van de beperkte duur van zulke metingen kan worden geschat voor de locatie Cabauw bij Lopik. Hiervan zijn jarenlange datareeksen van windsnelheden op o.a. 80 en 140 m hoogte beschikbaar, gesampled per half uur. Voor de types windturbines uit Bijlage 2 blijkt dat tijdens 16% van de nachten de nacht-waarde bepalend zou kunnen zijn boven de L_{den} -waarde berekend over hetzelfde (willekeurige) etmaal. Als in plaats van een willekeurig etmaal een willekeurige week zou worden gemeten (dus zeven dagen continu meten) is er nog slechts 1,5% kans dat de nachtwaarde bepalend is. Als er twee weken continu wordt gemeten verkleint deze kans tot 0,4%. Voor de sanering van windturbinegeluid spelen handhavingsmetingen geen rol en in dit onderzoek zijn we ervan uit gegaan dat de L_{den} -norm bepalend is voor het al dan niet optreden van een sanerings situatie.

2.3 Woningen

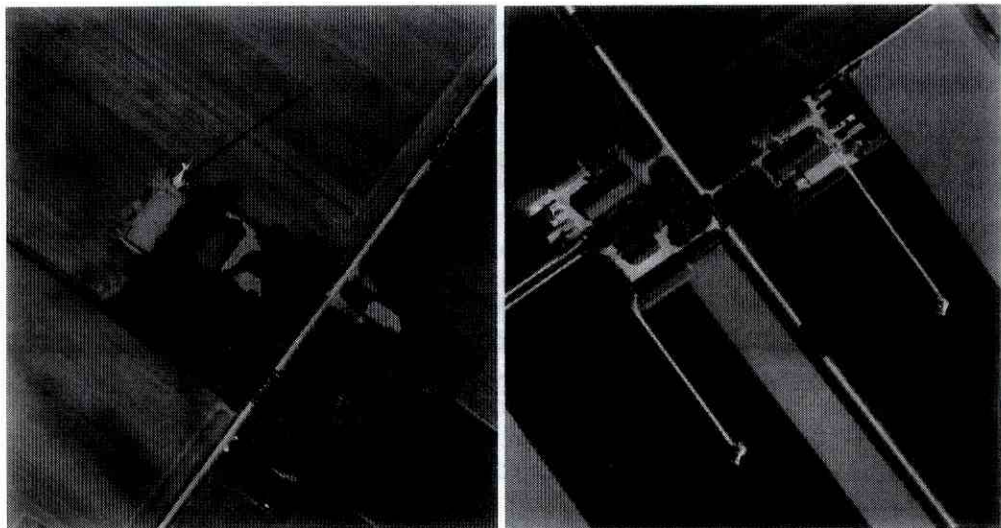
Het woningbestand is gebaseerd op een bestand met ACN-punten van eind 2010. In dit bestand kunnen fouten aanwezig zijn, dit wil zeggen woonlocaties die feitelijk geen woningen zijn. Om deze op te sporen en te herstellen zijn alle driehonderd windturbines waarbij ACN-punten binnen de 48 dB L_{den} -contour lagen nagelopen met behulp van luchtfoto's en Google StreetView. Alleen als een locatie duidelijk niet als woning in gebruik is (kantoorpand, zuiveringsinstallatie, loods, etc.) zijn deze verwijderd uit het woonbestand. Mogelijk heeft nog een

klein deel van het gevonden aantal saneringslocaties geen woonfunctie maar een zakelijke functie. Deze kunnen door de instanties die de eventuele sanering uitvoeren worden aangeschreven en indien nodig uitgesloten.

2.4 Bedrijfswoningen

Tijdens het onderzoek met luchtfoto's is tevens bijgehouden of een woonlocatie en een windturbine duidelijk op hetzelfde erf gelegen zijn. Zulke woningen zouden als *bedrijfswoning* kunnen worden aangemerkt. De eigenaar van de woning kan zelf bij optredende hinder de windturbine stopzetten. Sanering van zulke woningen met publieke middelen ligt dan niet voor de hand. In de zuidelijke Flevopolder (Zeewolde e.o.) komt het daarnaast veel voor dat de windturbine niet direct op het erf staat, maar dat er een pad loopt *vanaf* het erf waarop de woonlocatie ligt *naar* de windturbine. Mogelijk is ook hier sprake van bedrijfswoningen. In deze inventarisatie wordt volstaan met het aanduiden van zulke situaties met 'bedrijfswoning type 1' en 'type 2', zie Figuur 2. Ze worden apart geteld en daarnaast ook meegeteld in het woningtotaal.

Bij elke windturbine is hoogstens één van de woonlocaties als bedrijfswoning (type 1 of 2) aangemerkt, ook als het erf meerdere woonlocaties (ACN-punten) bevat.



Figuur 2 Bedrijfswoning type 1 (links) en 2 (rechts)

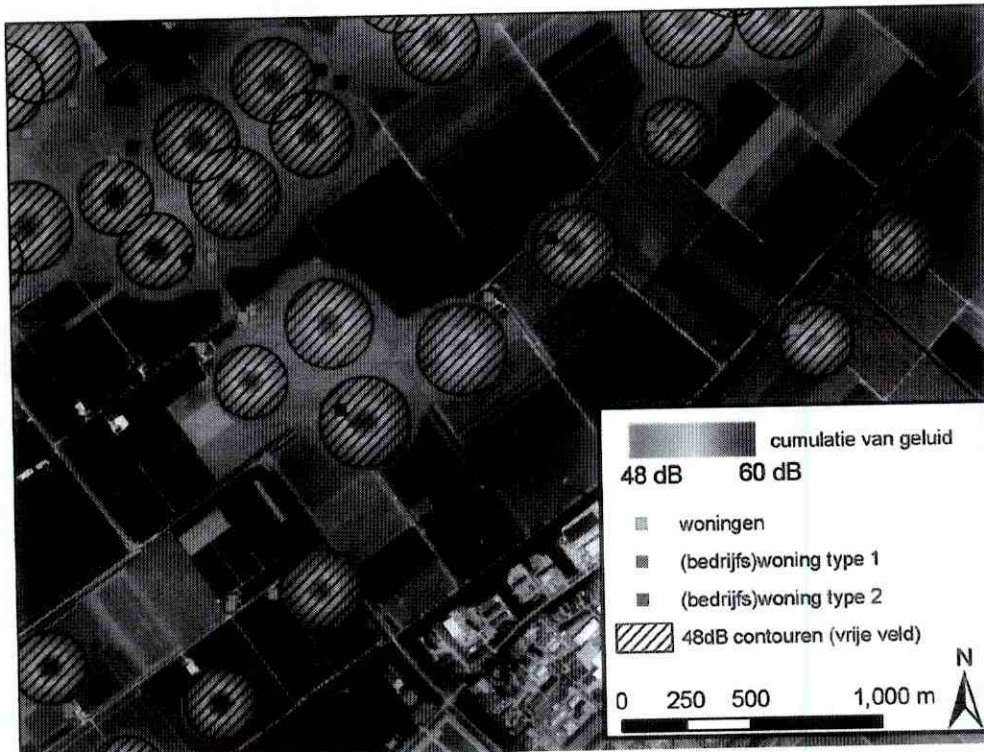
2.5 Cumulatie

Conform de gangbare praktijk bij geluidsanering is er in dit onderzoek geen rekening gehouden met cumulatie van het geluid van een windturbine met dat van andere bronsoorten (weg, rail, luchtvaart, scheepvaart, industrie). Wel is cumulatie van het geluid van windturbines onderling meegenomen. Dit speelt bij veel windparken. Naar analogie met de sanering van industrielawaai worden deze als een geheel beschouwd.

Daarnaast kan een indicatie worden gegeven van de (kleinere) saneringsomvang wanneer cumulatie van windturbinegeluid niet aan de orde zou zijn.

In figuur 3 is het effect van het wel of niet meenemen van cumulatie bij windparken zichtbaar. Veel woningen liggen wel binnen de gecumuleerde 48 dB-contouren (groen) maar niet binnen de vrije-veldcontouren (gearceerd). De vrije-veldcontouren geven de afstand van de 48 dB-contour voor wanneer er

geen gebouwen en geen harde bodemdelen rond de windturbines zouden liggen. Ze benaderen de vorm van de 48 dB-contour van afzonderlijke windturbines.



Figuur 3 Cumulatie van windturbinegeluid (groene 48 dB-contour) en zonder cumulatie (gearceerde cirkels).

2.6

Saneringsmaatregelen en doelmatigheid

Saneringsmaatregelen bij windturbines kunnen aan de bron (de windturbine) of bij de ontvanger (de woning) worden genomen. Afscherpende maatregelen (schermen) zijn vanwege de hoogte van de bron en de invloed van deze maatregel op de windsnelheid geen optie.

Saneringsmaatregelen dienen verder kosteneffectief te zijn. Dit betekent dat de baten, in de vorm van een verbeterde leefkwaliteit door de maatregelen, in redelijke verhouding moeten staan tot de kosten van de maatregelen. Bovendien geldt daarbij dat de minst kostbare van de kosteneffectieve maatregelen zou moeten gekozen.

Kosten bronmaatregelen

Maatregelen aan de bron zijn niet mogelijk zonder dat dit tot exploitatieverlies leidt. Geluidmaatregelen zoals het (periodiek) stilzetten van de rotors en in het uiterste geval het ontmantelen van de installatie zijn zeer kostbaar doordat de investeringskosten dan niet worden terugverdiend.

Een rekenvoorbeeld maakt dit duidelijk. Windturbines worden economisch in 15 jaar afgeschreven, technisch kunnen ze ongeveer 20 jaar meegaan [5]. Tabel 1 geeft een overzicht van kosten en baten voor een windpark van 15 MW (met 5 tot 10 windturbines). Gedurende de eerste 15 jaar bedraagt de jaarlijkse netto opbrengst per MW ongeveer 33 duizend euro (493 kE/15). In de jaren daarna, tot aan de sloop, is de jaarlijkse netto opbrengst een veelvoud (ruim 2 ton per jaar) daarvan doordat de financieringslasten wegvallen.

Tabel 1 Kosten en baten bij een 15 MW park met 2.200 vollasturen. Bron: [5]

Post	Uitgangspunt	Bedrag/ jaar
Investering	€ 1.430/kW	
Financiering	Rente: 5% (15 jr)	€ 2.066.542
Onderhoud & verz.	€ 0,011/kWh/jaar	€ 363.000
Grondkosten (priv.)	€ 14/kW/jaar	€ 210.000
Netkosten	€ 11/kW/ jaar	€ 165.000
OZB	€ 18.600/jaar	€ 18.600
Overige kosten		€ 50.000
Saldo kosten		€ 2.873.142
Elektr. verkoop	€ 0,07 (2008)	€ 2.310.000
Subsidie	€ 0,032/kWh	€ 1.056.000
Saldo baten		€ 3.366.000
Resultaat		€ 492.858

Kosten maatregelen aan woningen

De kosten van gevelmaatregelen zijn afhankelijk van het aantal te isoleren gevels. Deze kosten variëren van enkele duizenden euro's per woning (verkeerslawaai, één gevel) tot zo'n 15 duizend euro per woning (Schiphol, GIS-3). Doordat deze kosten slechts eenmalig zijn, is het vrijwel altijd efficiënter om de woningen en niet de windturbine te saneren. De kosten zijn ook enigszins afhankelijk van de te behalen geluidreductie. Omdat het hier om lage geluidsbelastingen gaat, zullen de aanpassingen beperkt zijn. Te denken valt onder andere aan het aanbrengen geluidgedempte ventilatievoorzieningen. Een nauwkeurige bepaling van de saneringskosten per woning is lokaal maatwerk en valt buiten deze verkennende landsdekkende raming. In deze studie is daarom bij elke woning uitgegaan van een kostenkental van 1500 Euro per te reduceren decibel.

Alleen als er tientallen woningen bij een enkele windturbine moeten worden aangepakt, zou het aanpakken van de windturbine efficiënter kunnen zijn. De resultaten van deze inventarisatie laten zien dat dit niet aan de orde is: er zijn maximaal 5 saneringswoningen per windturbine. Dit komt overigens slechts bij drie windturbines in Nederland voor.

Doelmatigheid

De baten van geluidsanering dienen zoals gezegd in redelijke verhouding tot de kosten te staan. De jaarlijkse baten van geluidreductie voor verkeerslawaai zijn door een werkgroep van de EC in 2003 geschat op € 25 per huishouden per decibel [6]. Gecorrigeerd naar prijspeil 2011 is dat circa € 30. Bij dit bedrag moet een grote onzekerheidsmarge in aanmerking worden genomen. Een vergelijking van 'Stated Preference' en 'Contingent Valuation' methoden [7] voor wegverkeerslawaai laat een bandbreedte zien van € 3 tot € 123. De EC waarde is echter van toepassing op vermindering van wegverkeersgeluid en niet op vermindering van windturbinegeluid. In dit onderzoek zijn we ervan uitgegaan dat de baten van 1 dB reductie van windturbinelawaai hoger zijn dan die voor reductie van wegverkeerslawaai, omdat de dosis-effectrelatie voor geluidhinder van windturbines aanmerkelijk hoger ligt dan bij wegverkeer [8]. Op basis van deze overweging zijn in de onderhavige inventarisatie de jaarlijkse baten van vermindering van windturbinelawaai geschat op € 100 per decibel (vier maal de EC waarde).

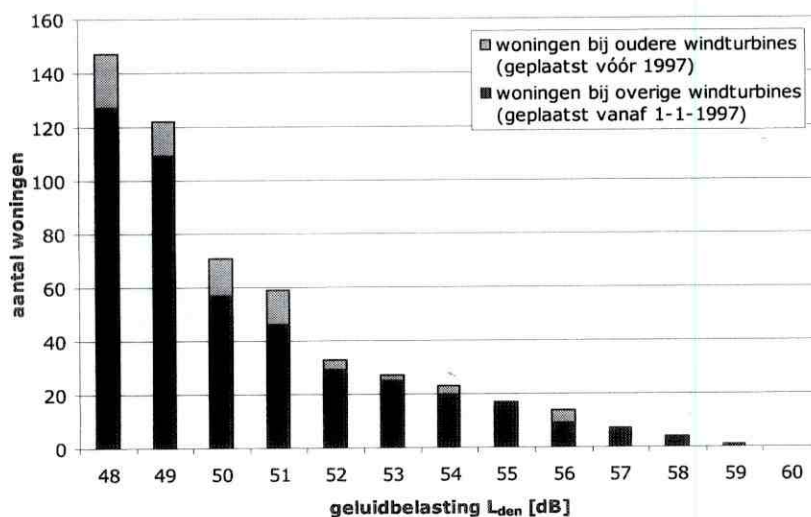
Deze baten dienen vervolgens gesommeerd te worden over de resterende technische levensduur van de windturbine(s) in kwestie. Hiervoor wordt in deze inventarisatie een gemiddelde genomen van 15 jaar, geldend voor windturbines die nog een redelijke termijn zullen draaien. Voor deze categorie windturbines

bedragen de totale baten van een decibel geluidreductie dus circa $15 \times \text{€}100 = \text{€} 1500$ per decibel per woning. Dit bedrag komt redelijk overeen met de gebruikelijke kosten voor kierdichting en gevelisolatie per decibel, zodat sanering van deze situaties maatschappelijk doelmatig zal zijn. Voor de categorie turbines die al een groot aantal jaren draait geldt dat deze over enkele jaren, als een eventuele saneringsoperatie daadwerkelijk kan starten, uit gebruik zijn genomen. Als peildatum zal hiervoor 1 januari 1997 worden genomen. Saneringssituaties rond windturbines die voor die datum zijn geplaatst, worden apart geteld.

3 Resultaten

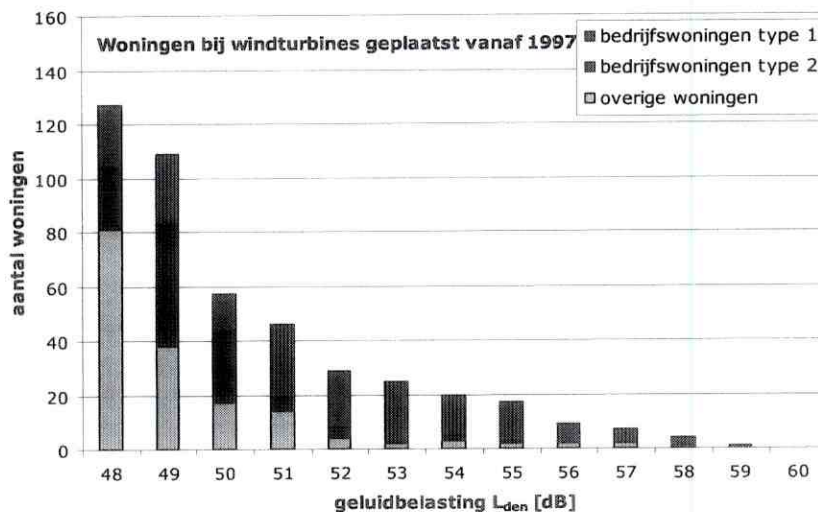
3.1 Geluidbelasting bij de woningen

Met behulp van de methode van Bijlage 1 is de geluidbelasting bij de woningen als gevolg van alle windturbines samen berekend. In Figuur 4 zijn de aantallen woningen, inclusief bedrijfswoningen van type 1 en 2, uitgezet tegen de L_{den} -waarde aan de gevel. De meeste woningen staan bij windturbines die zijn geplaatst vanaf 1997. In totaal is bij 525 woningen de geluidbelasting hoger 47 dB L_{den} . Daarvan staan er 451 bij windturbines die minder dan 15 jaar oud zijn. Voor deze woningen is geluidsanering in principe doelmatig te realiseren.



Figuur 4 Aantallen woningen per waarde van de geluidbelasting L_{den} .

Bij deze 451 woningen zijn 178 bedrijfswoningen aan te merken van type 1 (windturbine op erf woning) en 107 van type 2 (windturbine aan pad vanaf erf woning). Naast deze zijn er nog 166 overige woningen met een geluidbelasting boven 47 dB.



Figuur 5 Aantallen woningen per waarde van de geluidbelasting L_{den} .

De resultaten van deze tellingen zijn weergegeven in Tabel 2. De onderste twee regels geven de totalen voor een saneringsgrenswaarde van respectievelijk 47 dB en 49 dB.

Tabel 2 Aantalsaneringswoningen naar geluidbelasting, type en ouderdom van de windturbines.

L _{den} [dB]	woningen bij alle windturbines				woningen bij windturbines (geplaatst vanaf 1-1-1997)			
	alle woningen	overige woningen	type 1	type 2	alle woningen	overige woningen	type 1	type 2
48	147	90	34	23	127	81	23	23
49	122	41	40	41	109	38	26	45
50	71	17	24	30	57	17	14	26
51	59	14	40	5	46	14	27	5
52	33	5	24	4	29	4	21	4
53	27	3	23	1	25	2	22	1
54	23	3	18	2	20	3	15	2
55	17	1	15	1	17	2	14	1
56	14	3	11	0	9	2	7	0
57	7	2	5	0	7	2	5	0
58	4	1	3	0	4	1	3	0
59	1	0	1	0	1	0	1	0
60	0	0	0	0	0	0	0	0
> 47 dB	525	180	238	107	451	166	178	107
> 49 dB	256	49	164	43	215	47	129	39

Uit deze tabel blijkt dat wanneer een saneringsgrenswaarde van 47 dB L_{den} wordt gehanteerd, er circa 450 woningen voor sanering in aanmerking zouden kunnen komen, bedrijfswoningen meegeteld. De saneringskosten worden geschat op 4,9 mln euro. Het aantal potentiële bedrijfswoningen ligt ongeveer tussen de 175 (type 1) en 285 stuks (type 1 + type 2). Als bedrijfswoningen niet gesaneerd worden bedragen de kosten voor de resterende 165 tot 275 woningen tussen de 1,6 tot 2,6 mln euro.

Als in plaats van 47 dB een grenswaarde van 49 dB L_{den} voor de sanering zou worden gehanteerd, zouden er 215 saneringswoningen zijn, waarvan naar schatting 130 tot 170 bedrijfswoningen. De saneringskosten voor de overige 45 tot 85 woningen bedragen 0,6 tot 1,1 mln euro.

In bovengenoemde cijfers is één woning in Koningsbosch (Limburg) opgenomen die wordt blootgesteld aan een geluidbelasting van 48 dB vanwege het Duitse windpark Waldfeucht. Bij de andere buitenlandse windparken zijn geen Nederlandse saneringswoningen betrokken.

3.2 Indicatie saneringsomvang zonder cumulatie

De aantallen in de vorige paragraaf gelden voor het geval het geluid van alle windturbines wordt gecumuleerd. Als woningen voor elke windturbine apart aan een grenswaarde moeten voldoen om voor sanering in aanmerking te komen, zijn de totalen lager, zie Tabel 3. Het gaat om indicatieve cijfers, omdat bij deze methode vrije-veldcontouren zijn gebruikt, zie §2.5.

Tabel 3 Aantal saneringswoningen – zonder cumulatie van windturbinegeluid.

L _{den} [dB]	woningen bij alle windturbines				woningen bij windturbines (geplaatst vanaf 1-1-1997)			
	alle woningen	overige woningen	type 1	type 2	alle woningen	overige woningen	type 1	type 2
> 47 dB	313	67	226	20	255	62	173	20
> 49 dB	182	23	153	6	149	23	120	6

Bij vergelijking van Tabel 3 met Tabel 2 valt op dat het aantal saneringswoningen ongeveer halveert als geen cumulatie van windturbinegeluid zou worden toegepast.

In Tabel 4 is geteld hoeveel windturbines één of meer saneringswoningen veroorzaken. Deze aantallen zijn ongeveer van dezelfde orde grootte als het aantal saneringswoningen zelf. Dit betekent dat bij het merendeel van de windturbines met saneringswoningen het om slechts één of twee saneringswoningen gaat.

Tabel 4 Aantal windturbines bij saneringswoningen – zonder cumulatie van geluid.

L _{den} [dB]	windturbines				windturbines geplaatst vanaf 1-1-1997			
	bij alle woningen	bij overige woningen	bij type 1	bij type 2	bij alle woningen	bij overige woningen	bij type 1	bij type 2
> 47 dB	257	47	194	16	203	43	144	16
> 49 dB	166	20	142	4	134	20	110	4

Het maximale aantal saneringswoningen per windturbine blijkt vijf stuks te zijn, eventuele bedrijfswoningen meegeteld. Dit maximum komt voor bij drie windturbines die vanaf 1997 in werking zijn gesteld. Er zijn geen windturbines met vier saneringswoningen. Wel zijn er vijf windturbines met drie saneringswoningen, eventuele bedrijfswoningen meegeteld. In de overige situaties gaat het inderdaad om slechts één of twee woningen per windturbine.

Literatuur

- [1] Algemene maatregel van bestuur in werking gesteld bij Koninklijk Besluit vanaf 1 januari 2011.
- [2] RIVM rapport 680300007/2009, Evaluatie nieuwe normstelling windturbinegeluid, E. Verheijen, J. Jabben, E. Schreurs, T. Koeman, R. van Poll, B du Pon, 2009.
- [3] Berg GP van den, Pedersen E., Bouma J. en Bakker R. (2008), WINDFARM-perception: Visual and acoustic impact of wind turbine of wind turbine farms on residents. Report FP6-2005-Science-and-Society-20. University of Groningen, Göteborg University.
- [4] Schreurs EM, Jabben J, Verheijen ENG, STAMINA - Model description. Standard Model Instrumentation for Noise Assessments RIVM rapport 680740003/2010, Bilthoven .
- [5] Informatie van de website van de Landelijke Uitwerking Windenergie (LUW), waarin een aantal ministeries deelnemen. Website geraadpleegd in februari 2011. <http://www.windenergie.nl>.
- [6] Working Group on Health and Socio-Economic Aspects (WG-HSEA). The valuation of noise, position paper, Brussel, 2003.
- [7] John Nellthorp, Abigail Bristow en Brett Day, Cost-benefit values for surface transport noise: derivation, application and international comparisons, Proceedings of Inter-Noise 2007, Istanbul, augustus 2007.
- [8] S.A. Janssen, H. Vos en A. Eisses (oktober 2008), Hinder door geluid van windturbines, Dosis-effectrelaties op basis van Nederlandse en Zweedse gegevens, TNO-rapport 2008-D-R1051/B.

Bijlage 1 Landsdekkende geluidkaart windturbines

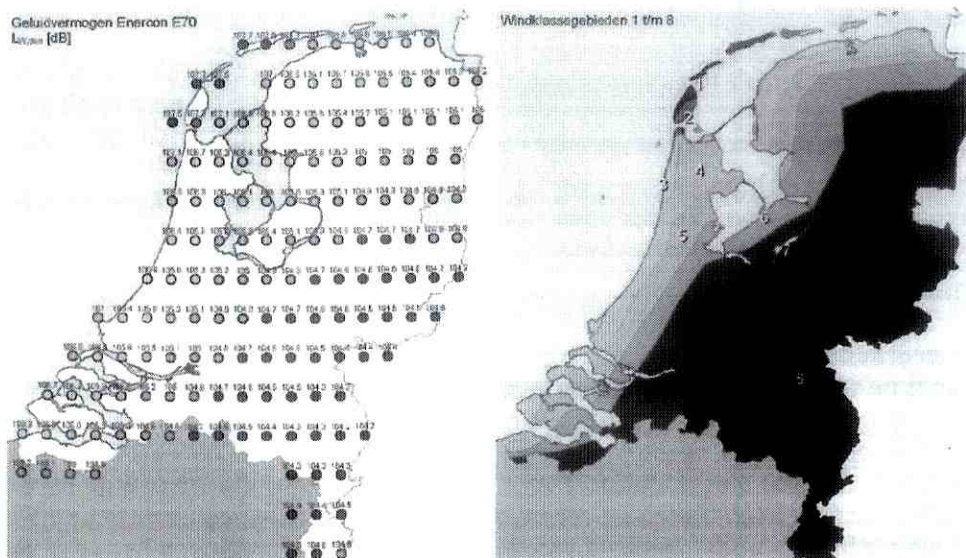
Inleiding

Elk type windturbines heeft een specifiek geluidvermogen dat afhangt van de windsnelheid op ashoogte. Het bronvermogen neemt toe met die windsnelheid totdat een zeker maximum wordt bereikt waarboven de rotoren met constante snelheid blijven draaien. In Bijlage 2 is van vier grotere types windturbines het bronvermogen als functie van de windsnelheid op ashoogte weergegeven.

Het zou een zeer arbeidsintensief proces zijn om van elk van de 2135 windturbines het op de betreffende locatie voor het betreffende type geldende geluidvermogen te berekenen. Er zijn namelijk tientallen fabrikanten en per fabrikant vele verschillende types windturbines. Slechts weinig vermogenskarakteristieken zijn vrij beschikbaar. Voor deze inventarisatie is daarom een vereenvoudiging toegepast. Hierbij zijn eerst windklassegebieden gedefinieerd. Voor alle windturbines in zo'n gebied wordt het bronvermogen samengesteld uit een basisvermogen, dat is berekend uit het elektrische vermogen van de turbine, en een correctiewaarde, die is berekend met de windverdeling in dag, avond en nacht op ashoogte in het betreffende windklassegebied. Deze aanpak wordt hier in meer detail beschreven. Daarna wordt het rekenmodel van het RIVM toegelicht en geijkt aan de wettelijke Rekenmethode voor windturbines.

Windklassegebieden

Het land kan in gebieden worden verdeeld met een ongeveer gelijke windsterkte. Deze zijn bepaald aan de hand van het geluidvermogen van de Enercon E-70 windturbines op het KNMI-raster. Het KNMI-raster, zie figuur 1A links, bevat de langjarig gemiddelde windsnelheidsverdeling in dag-, avond- en nachtperiode op een raster met stapjes van 0,2 lengte- en breedtegraad, op hoogten van 80 tot 120 m (stappen van 10 m).



Figuur 1A Links rasterpunten met geluidvermogen E-70, rechts gebiedsindeling.

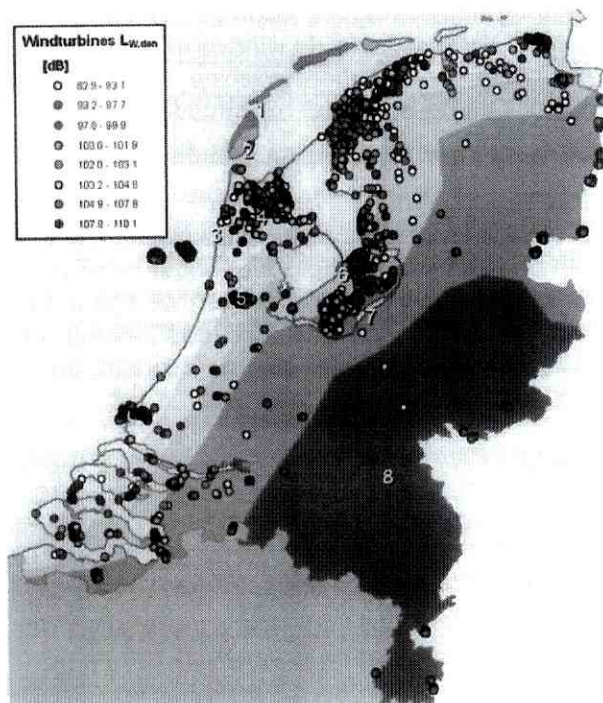
De E-70 windturbine (zie bijlage 2) heeft een vrij steile vermogenskarakteristiek en is daardoor bijzonder geschikt om gebieden (figuur 1A rechts) te definiëren met een breedte van maximaal 0,5 dB in geluidvermogen. Vervolgens is voor

elke windturbine in zo'n gebied het jaargemiddelde *den*-gewogen geluidvermogen $L_{w,den}$ in dB(A) berekend volgens:

$$L_{w,den} = 10 \log(P_{elek}) + 71 \text{ dB(A)} + C_{den}(\text{windklassegebied; ashoogte})$$

waarin de eerste twee termen een statistisch verantwoorde schatting betreffen van het geluidvermogen bij maximale rotorsnelheid [3]. De *den*-conversietoeslag C_{den} hangt af van de windverdeling op ashoogte tijdens de dag-, avond-, en nachtperiode in het betreffende windklassegebied. Bij de berekening van C_{den} wordt een vaste vermogenskarakteristiek met een gemiddelde steilheid (Vestas V80 windturbine) gebruikt voor alle turbines. De windverdelingen op ashoogten van 30 tot 80 m zijn geïnterpoleerd tussen de reguliere windverdeling op 10 m hoogte en de KNMI-gegevens op 80 m.

De zo berekende geluidvermogens zijn in onderstaande figuur weergegeven. De vermogens van de 1513 windturbines op land die vanaf 1997 in dienst genomen zijn, zijn tevens in bijlage 3 opgenomen in tabelvorm.



Figuur 1B Geluidvermogens $L_{w,den}$ van alle windturbines.

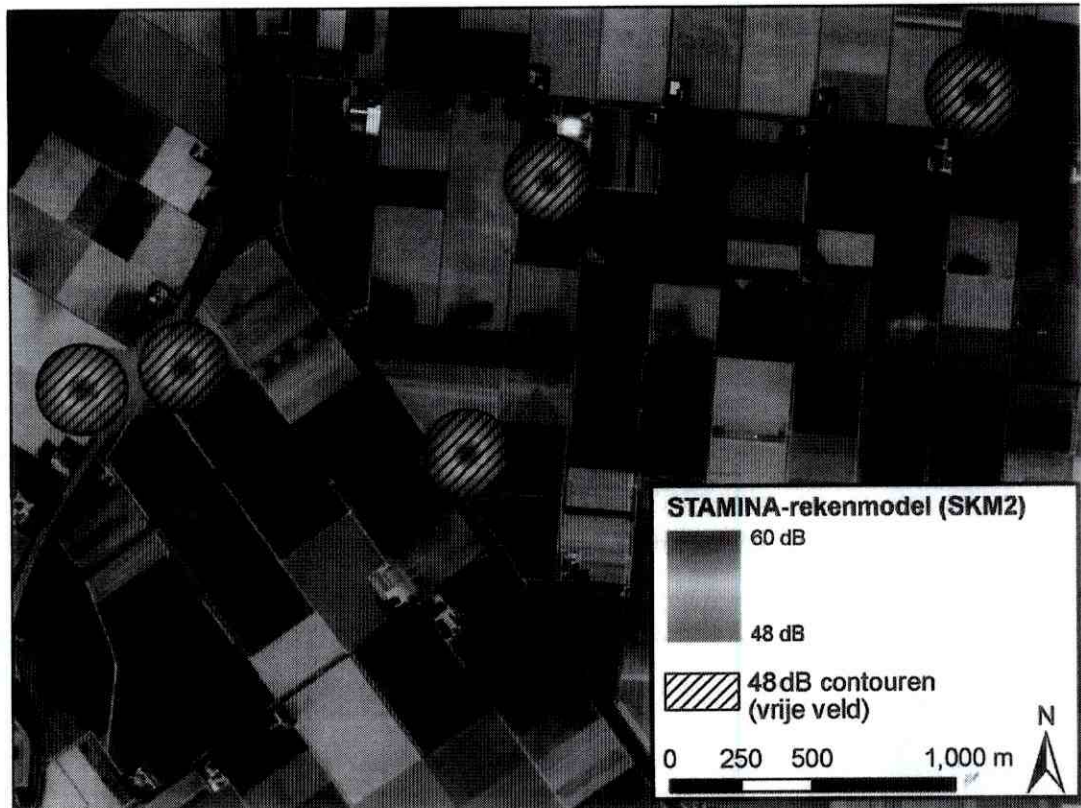
Overdrachtsmodel

Nadat de jaargemiddelde geluidvermogens $L_{w,den}$ per turbine bepaald zijn, is een landsdekkende geluidkaart opgesteld met het RIVM-rekenmodel STAMINA [4]. Dit rekenmodel bevat de rekenregels van de SKM2-methode, dus niet expliciet die van het nieuwe *Reken- en Meetvoorschrift voor windturbines* (RMVW). Om eventuele verschillen inzichtelijk te maken tussen dit rekenvoorschrift en STAMINA, zijn met het RMVW in tabel 1A de contouarafstanden bepaald van de 48 dB L_{den} -geluidcontour in het vrije veld (zachte bodem, geen afschermdende objecten).

Ter validatie van de STAMINA-berekeningen is in figuur 1C een deel van de STAMINA-geluidkaart afgebeeld (bereik 48-60 dB), waarin tevens met zwarte gearceerde cirkels de 48 dB-contouren (vrije veld) zijn ingetekend zoals die met het RMVW zijn berekend.

Tabel 1A: 48 dB-contourafstand ($L_{den} = 47,5$ dB) in het vrije veld (RMVV).

$L_{W,den}$ [dB]	82	85	90	95	100	102,5	105	107,5	110
typische ashoogte [m]	20	20	20	30	40	55	70	85	100
contourafstand [m]	15	21	37	65	115	153	202	267	352

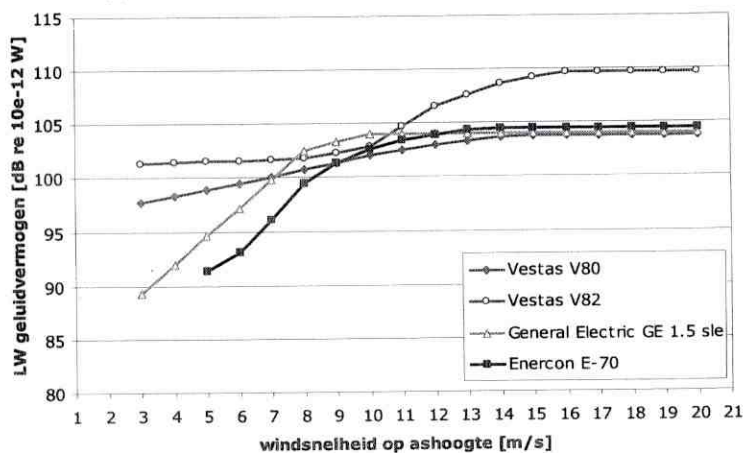


Figuur 1C Vergelijking geluidkaart STAMINA met contourafstanden RMVV.

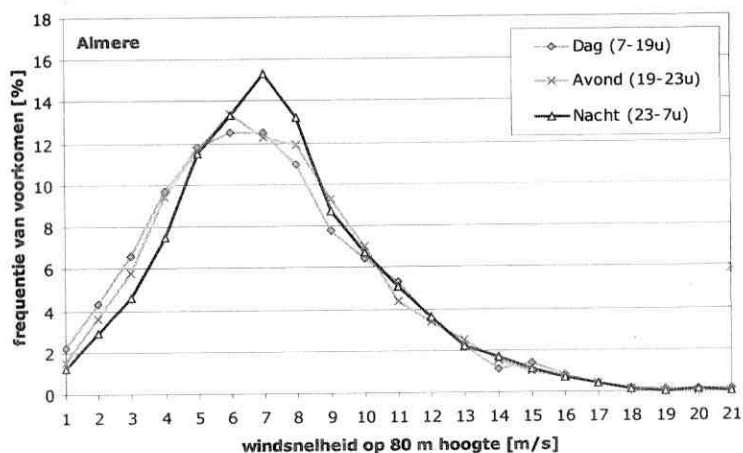
Bij vrijstaande windturbines (niet in parken) vallen de 48 dB-contourcirkels exact samen met de groene 48 dB-Lden waarde van de geluidkaart. Overigens is ook te zien dat bij akoestisch harde oppervlakken, zoals de waterweg bij de middelste windturbine, het geluid in STAMINA iets verder draagt dan de vrije veld contour. Bij de twee nabije windturbines links in de figuur treedt er een uitbreiding op van de groene 48 dB-contour, doordat sprake is van cumulatie van geluid van twee windturbines. In windparken kan de contourafstand op deze wijze zelfs enkele honderden meters verder reiken. Rekening houden met cumulatie betekent dat er meer saneringssituaties worden gevonden.

Bijlage 2 Bronvermogen als functie van de windsnelheid

Het geluidvermogen van een windturbine neemt toe met de momentane windsnelheid totdat de maximum rotorsnelheid is bereikt. De grafiek geeft dit voor vier types windturbines¹ weer (70-90 m ashoogte).



Het geluidvermogen van een windturbine op een bepaalde locatie in Nederland wordt berekend door zulke geluidvermogensfuncties te combineren met de langjarig-gemiddelde windverdeling, geldend voor die locatie op de betreffende ashoogte. Onderstaande figuur geeft de windverdeling voor Almere.



Hiermee wordt het jaargemiddelde geluidvermogen berekend in dag, avond en nacht. Met behulp van de L_{den} -weging kan ook het gewogen geluidvermogen L_{Wden} worden bepaald, dat als input bronvermogen bij L_{den} -overdrachtsberekeningen kan worden gebruikt.

De laatste kolom laat zien dat het verschil tussen L_{Wden} en L_{Wnacht} op deze locatie groter is dan 6 dB.

¹ De gegevens voor beide Vestas en de GE windturbine zijn overgenomen uit W.K.G. Palmer (september 2007), *Unclouking the Nature of Wind Turbines*, Proceedings of the Second International Meeting on Wind Turbine Noise, Lyon. De gegevens voor de Enercon E-70 komen uit de presentatie van E. Nieuwenhuizen (M+P) over 'Het reken- en meetvoorschrift voor windturbines 2010' op het congres GTL2009.

Tabel: Het A-gewogen geluidvermogen L_w op 80 m hoogte voor de windverdeling in Almere.

Geluidvermogen	$L_{w,daag}$ [dB]	$L_{w,avond}$ [dB]	$L_{w,nacht}$ [dB]	L_{wden} [dB]	$L_{wden} - L_{w,nacht}$ [dB]
Vestas V80	100,34	100,41	100,53	106,89	6,36
Vestas V82	102,91	102,89	102,99	109,37	6,37
GE 1.5 sle	100,57	100,71	100,90	107,23	6,34
Enercon E-70	99,05	99,13	99,27	105,62	6,35

Bijlage 3 Bronvermogen L_{Wden} windturbines

Van alle windturbines die vanaf 1997 op land in gebruik zijn genomen is locatie (X,Y), ashoogte (m) en bronvermogen L_{Wden} opgenomen.

X	Y	Ash	L _{Wden}	X	Y	Ash	L _{Wden}	X	Y	Ash	L _{Wden}	X	Y	Ash	L _{Wden}	X	Y	Ash	L _{Wden}	X	Y	Ash	L _{Wden}
233669	442507	98	107.0	121170	536969	30	97.5	228833	603603	40	102.8	178471	496414	70	102.7	252219	607986	100	109.5	251046	518319	85	105.7
233994	442746	98	107.0	121192	537103	30	97.5	249720	602259	43	101.3	178221	496235	70	102.7	252852	607716	100	109.5	250613	518615	85	105.7
234120	442284	98	107.0	121213	537215	30	97.5	263814	590872	40	100.7	177973	496056	70	102.7	252144	607675	100	109.5	251180	518011	85	105.7
234381	442635	98	107.0	121273	537546	30	97.5	256957	588680	40	100.7	168617	508597	67	106.1	252765	607355	100	109.5	250799	517737	85	105.7
234751	441883	98	107.0	121296	537671	30	97.5	258232	588179	40	101.1	168526	508926	67	106.1	252652	606888	100	109.5	251315	517683	85	105.7
235056	442238	98	107.0	121317	537793	30	97.5	251426	603835	40	101.7	168437	509255	67	106.1	251347	607261	100	109.5	251647	517337	85	105.7
235189	441517	98	107.0	117340	539189	46	101.3	251942	604820	40	101.7	168348	509582	67	106.1	251676	607189	100	109.5	147525	521925	50	103.1
235423	441920	98	107.0	117498	539279	46	101.3	264158	589759	40	100.7	168259	509910	67	106.1	252006	607106	100	109.5	147676	522071	50	103.1
210737	584520	40	101.1	117656	539372	46	101.3	258758	589491	40	100.7	168168	510238	67	106.1	248340	607818	100	109.5	147827	522217	50	103.1
112416	513257	85	108.1	117812	539463	46	101.3	258783	588557	40	100.7	182594	501802	67	106.1	248899	608577	100	109.5	147978	522363	50	103.1
137514	486758	67	106.1	117973	539558	46	101.3	259253	589427	40	100.7	182656	502115	67	106.1	252952	606696	100	109.5	148129	522509	50	103.1
137485	487493	67	106.1	118130	539650	46	101.3	259259	589260	40	100.7	182717	502427	67	106.1	248736	607792	100	109.5	102822	403289	66	104.8
137286	487134	67	106.1	118290	539746	46	101.3	258745	590196	40	100.7	182778	502740	67	106.1	252338	607035	100	109.5	102623	403393	66	104.8
137073	487522	67	106.1	118444	539833	46	101.3	253564	601323	40	101.7	182840	503050	67	106.1	249631	607787	100	109.5	102436	403556	66	104.8
137693	487110	67	106.1	117426	536468	25	98.3	259611	589876	85	107.1	182900	503365	67	106.1	248125	607372	100	109.5	102262	403728	66	104.8
137473	488249	67	106.1	114942	542017	40	98.3	259916	589787	85	107.1	182962	503677	67	106.1	248444	607404	100	109.5	102194	403965	66	104.8
137269	487892	67	106.1	112937	541216	50	103.8	260323	589668	85	107.1	183023	503991	67	106.1	248841	607404	100	109.5	185260	595515	30	98.6
138105	487086	67	106.1	112989	541431	50	103.8	259888	589318	85	107.1	180495	497903	68	106.7	249207	607349	100	109.5	185270	596497	30	98.6
137895	487473	67	106.1	113042	541642	50	103.8	260271	589226	85	107.1	180715	498181	68	106.7	249512	607304	100	109.5	183286	593642	44	103.6
137684	487862	67	106.1	113099	541857	50	103.8	259872	589001	85	107.1	180939	498457	68	106.7	249862	607252	100	109.5	187997	593989	44	103.6
151462	480761	68	106.7	113252	542476	50	103.8	261319	589942	85	107.7	181161	498734	68	106.7	250212	607201	100	109.5	180800	593100	40	102.6
152326	482225	68	106.7	113345	542857	50	103.8	261794	589803	85	107.7	181384	499010	68	106.7	250559	607137	100	109.5	180925	593200	40	102.6
151676	481024	68	106.7	113406	543453	50	103.8	262137	589700	85	107.7	181607	499288	68	106.7	250916	607050	100	109.5	181059	593320	40	102.6
151882	481295	68	106.7	78688	376453	100	107.1	260385	590214	85	107.7	181831	499565	68	106.7	251273	606964	100	109.5	181196	593444	40	102.6
152068	481580	68	106.7	79027	376344	100	107.1	260764	590108	85	107.7	182052	499841	68	106.7	251603	606884	100	109.5	181346	593570	40	102.6
152219	481895	68	106.7	79169	375927	100	107.1	261057	590021	85	107.7	182273	500119	68	106.7	251933	606803	100	109.5	181503	593684	40	102.6
152390	482579	68	106.7	79183	375100	100	107.1	259979	590874	85	107.7	182496	500394	68	106.7	248142	608104	100	109.5	181653	593793	40	102.6
152406	482909	68	106.7	79181	374723	100	107.1	260442	590707	85	107.7	168796	505046	70	106.7	247865	608255	100	109.5	180806	595643	40	103.1
152309	483577	68	106.7	79184	374189	100	107.1	260815	590565	85	107.7	169239	505077	70	106.7	247590	608377	100	109.5	163516	577317	42	101.3
152399	483249	68	106.7	74152	392208	49	101.8	261111	590459	85	107.7	169676	505112	70	106.7	247311	608501	100	109.5	171042	578625	40	101.3
113197	489581	65	102.3	74333	392189	49	101.8	261379	590363	85	107.7	170122	505140	70	106.7	252263	606723	100	109.5	163889	577301	40	103.0
113275	489858	65	102.3	74507	392169	49	101.8	261870	590185	85	107.7	170561	505172	70	106.7	252578	606570	100	109.5	167103	577052	40	99.5
113353	490133	65	102.3	74686	392148	49	101.8	262229	590051	85	107.7	171002	505205	70	106.7	252882	606382	100	109.5	166867	577155	40	103.0
113430	490411	65	102.3	74869	392125	49	101.8	260706	589557	85	107.7	171443	505234	70	106.7	253172	606215	100	109.5	164120	577205	40	103.0
116668	492063	65	102.3	75034	392066	49	101.8	261239	589400	85	107.7	171881	505128	68	106.9	253344	605929	100	109.5	166546	577249	40	100.5
117708	490948	65	102.3	75286	391928	49	101.8	261691	589250	85	107.7	172263	505167	68	106.9	253303	606732	100	109.5	166826	577262	40	103.0
116824	491793	65	102.3	75414	391759	49	101.8	262010	589179	85	107.7	172645	505207	68	106.9	253415	607198	100	109.5	172151	541760	35	102.7
116986	491543	65	102.3	218327	428544	100	107.0	261611	588891	85	107.7	173028	505244	68	106.9	247034	608625	100	109.5	166993	538635	35	102.7
117213	491355	65	102.3	218580	428424	100	107.0	261916	588819	85	107.7	173411	505284	68	106.9	246747	608713	100	109.5	163683	547691	35	103.0
117453	491170	65	102.3	218159	428038	100	107.0	259644	590993	85	107.7	173794	505323	68	106.9	246447	608805	100	109.5	106829	447560	46	100.7
118033	490747	65	102.3	218502	428045	100	107.0	259624	590448	85	107.7	174178	505361	68	106.9	246172	608890	100	109.5	91100	403100	80	106.9
115150	490443	65	102.3	219714	428332	100	107.0	259947	590352	85	107.7	174707	499638	70	106.5	245885	608978	100	109.5	91395	403115	80	106.9
115216	490182	65	102.3	218112	427568	100	107.0	260989	589476	85	107.7	175007	499499	70	106.5	253756	607438	100	109.5	91689	403131	80	106.9
115309	489941	65	102.3	214447	431249	100	107.0	260663	589129	85	107.7	175301	499361	70	106.5	253547	607637	100	109.5	91984	403146	80	106.9
115445	489713	65	102.3	214463	430668	100	107.0	260935	589058	85	107.7	175598	499233	70	106.5	253251	607912	100	109.5	92279	403154	80	106.9
115626	489513	65	102.3	215132	430602	100	107.0	261180	589001	85	107.7	175892	499095	70	106.5	252952	608132	100	109.5	273594	545045	99	107.1
115847	489359	65	102.3	186458	560835	40	100.7	114832	551239	45	101.9	176188	498965	70	106.5	252642	608296	100	109.5	273507	544691	99	107.1
118302	490570	65	102.3	177200	567290	30	98.0	112469	551446	40	97.6	168551	508261	68	106.9	245590	609026	100	109.5	274182	544621	99	107.1
116078	489258	65	102.3	39544	382003	55	101.9	114762	551143	45	101.9	168565	507922	68	106.9	245294	609056	100	109.5	273988	544429	99	107.1
116359	489195	65	102.3	37292	382544	60	102.9	114613	550874	40	102.3	168577	507581	68	106.9	246045	608352	100	109.5	273225	5443		

X	Y	Ash	Lwden	X	Y	Ash	Lwden	X	Y	Ash	Lwden	X	Y	Ash	Lwden	X	Y	Ash	Lwden	X	Y	Ash	Lwden
278139	581042	100	107.1	167382	509697	55	101.7	166315	504352	70	107.7	277752	556921	98	106.7	117318	409380	100	108.1	79480	431516	85	107.3
278270	580865	100	107.1	165529	509237	55	100.9	166333	504083	70	107.7	277267	556865	98	106.7	117650	409463	100	108.1	79827	431536	85	107.3
278415	580703	100	107.1	165880	509175	55	100.9	166355	503814	70	107.7	277255	556511	98	106.7	80945	408578	67	106.3	80173	431557	85	107.3
278537	580537	100	107.1	167090	503555	55	101.7	166228	506239	70	107.7	277526	556515	98	106.7	83263	409457	67	106.3	80530	431580	85	107.3
278667	580371	100	107.1	166758	499233	45	101.1	166236	505967	70	107.7	277802	556551	98	106.7	83509	409570	67	106.3	63338	444446	68	107.6
278801	580189	100	107.1	167557	508855	55	102.1	166246	505701	70	107.7	278058	556483	98	106.7	83724	409751	67	106.3	63624	444348	68	107.6
278898	579997	100	107.1	164980	508155	55	101.7	166256	505431	70	107.7	277181	556141	98	106.7	81204	408659	67	106.3	63904	444237	68	107.6
115117	518356	85	108.1	167039	510810	55	102.7	175666	566436	40	101.4	277493	556135	98	106.7	81466	408749	67	106.3	64177	444121	68	107.6
114856	517891	85	108.1	166005	507482	55	102.7	172727	564846	40	101.4	277790	556136	98	106.7	81743	408803	67	106.3	64448	443994	68	107.6
114563	517405	85	108.1	165373	508318	55	101.7	168719	567750	45	101.0	278098	556127	98	106.7	82005	408886	67	106.3	64715	443850	68	107.6
197946	317732	75	102.6	167325	508901	55	100.9	172151	569510	40	101.0	278384	556134	98	106.7	82261	408977	67	106.3	70095	439163	80	108.5
177449	590128	45	103.3	166915	496896	55	102.1	167915	569801	35	102.3	277091	555601	98	106.7	82513	409092	67	106.3	70365	439005	80	108.5
177739	590106	45	103.3	168017	505798	55	102.7	168115	569835	35	102.3	277419	555606	98	106.7	82757	409227	67	106.3	70634	438853	80	108.5
109879	388747	100	107.1	166771	507907	55	102.7	168739	568118	35	102.0	277752	555592	98	106.7	83010	409341	67	106.3	70969	438717	80	108.5
109674	388403	100	107.1	168062	507713	55	102.7	171056	567546	35	102.0	278063	555588	98	106.7	124621	477904	85	107.1	71189	438570	80	108.5
109452	387500	100	107.1	164955	508496	55	102.7	172330	507772	35	102.0	124928	534046	46	101.3	73782	379456	55	101.9	71357	438369	80	108.5
109359	387191	100	107.1	163651	490816	55	103.2	166080	568822	35	102.3	123779	531947	46	101.3	74018	379670	55	101.9	71475	438132	80	108.5
109204	386569	100	107.1	164276	490371	55	103.2	170830	567122	35	102.0	123664	532093	46	101.3	76486	377891	75	103.4	71515	437878	80	108.5
109113	386256	100	107.1	165413	489347	55	103.2	168370	575274	35	102.3	123552	532240	46	101.3	76604	378069	75	103.4	71645	437658	80	108.5
135435	516757	36	96.7	164839	489858	55	103.2	168513	576201	35	102.3	123438	532384	46	101.3	76660	377883	75	103.4	60876	441600	78	109.1
135473	516647	36	96.7	165993	508064	67	106.3	167806	571122	36	102.3	123249	532631	46	101.3	76725	377691	75	103.4	60799	441871	78	109.1
135663	516496	36	96.7	166225	508296	67	106.3	168007	571541	36	102.3	123095	532827	46	101.3	76769	378062	75	103.4	60727	442104	78	109.1
57717	385985	36	96.4	166455	508534	67	106.3	173376	569611	35	102.0	122980	532973	46	101.3	76796	377467	75	103.4	59833	439687	67	107.4
57908	385897	36	96.4	166682	508773	67	106.3	168146	575450	35	101.3	122866	533121	46	101.3	76851	377872	75	103.4	59975	439894	67	107.4
53549	386130	70	103.6	166908	509014	67	106.3	169779	570881	36	102.3	122751	533269	46	101.3	76858	377301	75	103.4	60115	440103	67	107.4
54569	385907	70	103.6	167133	509255	67	106.3	166364	571115	36	102.3	122635	533417	46	101.3	76923	377697	75	103.4	60255	440311	67	107.4
53803	386183	70	103.6	164498	490772	58	106.3	167228	570794	30	98.3	124684	530782	46	101.3	76929	378055	75	103.4	60395	440519	67	107.4
54098	386256	70	103.6	167223	493651	58	106.3	166497	570113	36	102.3	124572	530929	46	101.3	77002	377525	75	103.4	68856	439638	105	109.5
54376	385881	70	103.6	164799	491092	58	106.3	125674	444989	80	106.9	124458	531073	46	101.3	77031	377885	75	103.4	68554	439762	105	109.5
53951	385942	70	103.6	165099	491410	58	106.3	125803	444628	80	106.9	124344	531218	46	101.3	77068	377386	75	103.4	68245	439877	105	109.5
54219	386012	70	103.6	165405	491734	58	106.3	125931	444288	80	106.9	124233	531364	46	101.3	77157	377693	75	103.4	60536	440728	80	108.7
54463	386149	70	103.6	165713	492053	58	106.3	131129	528747	50	103.3	124117	531510	46	101.3	77226	377583	75	103.4	60676	440936	80	108.7
54089	385722	70	103.6	166008	492355	58	106.3	131087	528556	50	103.3	124004	531657	46	101.3	77284	377474	75	103.4	76320	433115	67	107.1
54346	385749	70	103.6	166312	492686	58	106.3	131034	528374	50	103.3	123891	531802	46	101.3	77242	377698	98	106.7	69167	442346	78	106.2
199890	317672	80	107.8	166602	492987	58	106.3	130988	528187	50	103.3	116967	530350	32	98.3	277400	570626	98	106.7	69464	442099	78	106.2
199170	317421	80	107.8	166921	493325	58	106.3	130933	527997	50	103.3	121272	526020	40	98.3	277345	570303	98	106.7	69759	441852	78	106.2
124157	525040	49	101.3	168575	501838	55	103.2	130880	527803	50	103.3	115995	531517	32	98.3	277170	569470	98	106.7	70055	441605	78	106.2
124380	520436	49	101.3	165663	498663	70	106.9	171392	580629	40	101.3	121370	526493	50	102.1	277206	568524	98	106.7	70351	441358	78	106.2
127681	515397	49	102.5	165885	490089	70	106.9	171520	580475	40	101.3	157364	546619	45	101.3	277248	568226	98	106.7	70950	440849	78	106.2
127873	515466	49	102.5	166099	490319	70	106.9	171643	580325	40	101.3	157551	552739	45	101.3	277313	567933	98	106.7	71185	440662	78	106.2
128094	515541	49	102.5	166314	490549	70	106.9	171769	580174	40	101.3	158557	553072	45	101.3	276810	568023	98	106.7	71416	440470	78	106.2
128317	515614	49	102.5	166534	490777	70	106.9	171894	580021	40	101.3	159083	551037	45	101.3	276824	568356	98	106.7	71646	440078	78	106.2
128556	515703	49	102.5	166749	491005	70	106.9	171944	583283	40	98.3	159627	551556	45	101.3	276834	568644	98	106.7	71876	440285	78	106.2
128788	515777	49	102.5	166964	491233	65	106.3	171996	579435	40	92.2	160411	554075	45	101.3	276847	568948	98	106.7	71994	440087	105	109.5
129029	515862	49	102.5	167189	491461	65	106.3	204958	529766	50	102.7	160634	553548	44	103.0	276868	569254	98	106.7	72444	440844	105	109.5
129043	521330	50	103.3	163199	490286	55	103.7	36756	389004	70	103.8	157543	554534	41	102.8	276883	569583	98	106.7	86252	434950	50	98.1
121085	521325	50	103.3	164873	488784	55	103.7	36950	389118	70	103.8	155716	542918	45	102.8	276915	569882	98	106.7	32499	376982	78	107.3
128643	513159	56	103.1	163383	490118	55	103.7	37144	389232	70	103.8	155869	542631	45	102.8	276927	570198	98	106.7	32400	376696	78	107.3
128717	513387	56	103.1	163570	489952	55	103.7	37345	389333	70	103.8	160239	552421	42	103.3	277013	570516	98	106.7	32301	376406	78	107.3
128792	513615	56	103.1	163754	489784	55	103.7	37548	389431	70	103.8	161553	554428	44	103.3	277032	570819	98	106.7	31558	377572	78	107.3
128977	513190	56	103.1	163943	489618	55	103.7	37762	389498	70	103.8	160467	552527	44	103.3	277051	570989	80	109.1	31457	377450	78	107.3
129010	513428	56	103																				

Dit is een uitgave van:

**Rijksinstituut voor Volksgezondheid
en Milieu**

Postbus 1 | 3720 BA Bilthoven
www.rivm.nl