

Geluidsmetingen Best - analyse na vier jaar

Analyse geluidsmetingen in Best na vier jaar meten

Status	eindconcept
Versie	004
Rapport	V.2011.1353.05.R001
Datum	14 oktober 2016

Colofon

Opdrachtgever	Gemeente Best Postbus 50 5680 AB BEST
Contactpersoon	de heer T. van Bergen 0499 36 09 11 gemeente.best@gembest.nl
Project Betreft Uw kenmerk	Gemeente Best/Analyse en rapportage geluidsmetingen geluidsnet Aanvullend overleg rapportage -
Rapport Datum Versie Status	V.2011.1353.05.R001 14 oktober 2016 004 eindconcept
Uitgevoerd door	DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V. Casuariestraat 5 2511 VB Den Haag Postbus 370 2501 CJ Den Haag
Informatie	dr. A.Y. (Arnaud) Kok 088 346 78 54 ko@dgmr.nl
Auteur	dr. A.Y. (Arnaud) Kok 088 346 78 54 ko@dgmr.nl
Verantwoordelijk	ir. M.H.J. (Mark) Bakermans 088 346 78 50 bk@dgmr.nl
Verwerkt door	MA BRA MHE BR

Inhoud

1. Inleiding	4
2. Situatie	5
3. Meetmethode	8
4. Resultaten	9
4.1 Algemeen	9
4.2 Totaalniveaus	9
4.3 Wegverkeer	12
4.4 Railverkeer	17
4.5 Luchtvaart	22
4.6 Industrie	26
4.7 Evenementen	27
4.8 Piek niveaus	29
4.9 Effect meteorologie	32
5. Hinderbelevingsonderzoek GGD	35
6. Conclusie	37

Bijlagen

Bijlage 1	Begrippenlijst en overzicht nauwkeurigheden meetsysteem
-----------	---

1. Inleiding

In opdracht van de gemeente Best voert Sensornet BV langdurig continue geluidsmetingen uit op vier locaties in Best. Het betreft een locatie langs het spoor, langs de A2 in een tuin/weiland, langs de A2 in een woonwijk en bij een woning langs het Wilhelminakanaal en nabij bedrijventerrein Breeven. Doel van het onderzoek is om gemeente en bewoners inzicht te geven in de ontwikkeling van geluidsniveaus vanwege een verscheidenheid aan bronnen. Deze bronnen zijn geluid vanwege luchtvaart (Eindhoven Airport), wegverkeer (met name A2 en A58), railverkeer (spoor Den Bosch - Eindhoven), industrie (bedrijventerrein Breeven), evenementen (te Aquabest) en zo mogelijk scheepvaart (Wilhelmina en Beatrixkanaal). De metingen zijn gestart in het voorjaar van 2012 en worden voortgezet tot 2020.

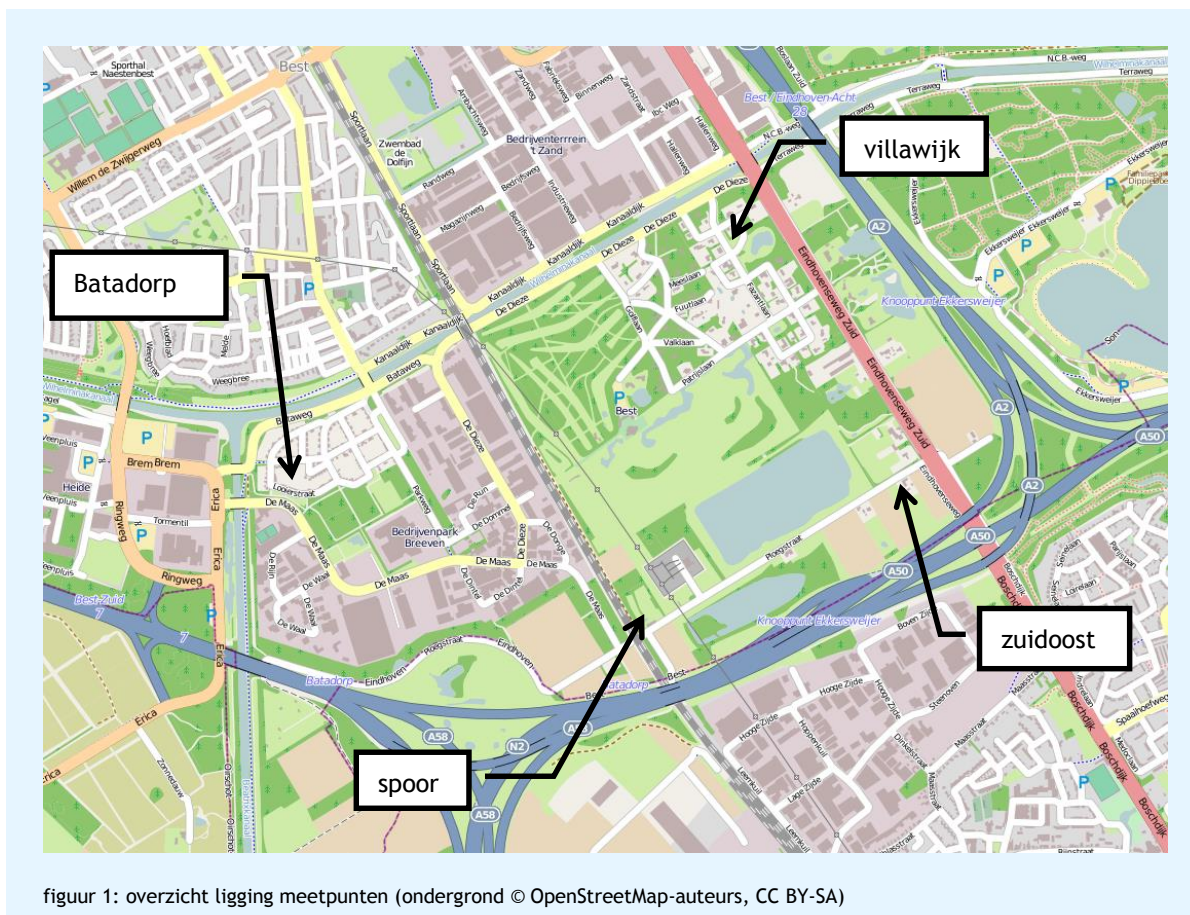
Door DGMR is de meetdata van Sensornet gebruikt om analyses uit te voeren van deze metingen. Voorliggend rapport geeft het resultaat van de analyses over vier jaar geluidsmetingen, tot maart 2016, weer.

Voor dit rapport wordt gekeken naar de bijdrage van de individuele bronnen (zover mogelijk) op de geluidsniveaus gedurende vier jaar meten. Deze geluidsniveaus worden vergeleken met de verwachte geluidsniveaus uit bijvoorbeeld rekenmodellen of EU-geluidskaarten. Er wordt ingegaan op de trend en de effecten van meteorologie. Daarnaast is er aandacht voor piekniveaus aangezien omwonenden hebben aangegeven hier relatief veel hinder van te ondervinden.

In dit rapport wordt eerst ingegaan op de situatie, vervolgens op de meetmethodiek en uiteindelijk op de resultaten. Vervolgens is een vergelijking gemaakt met een hinderbelevingsonderzoek dat door de GGD is uitgevoerd. Ten slotte wordt een conclusie gepresenteerd.

2. Situatie

In onderstaande figuur is de ligging van de meetpunten in de gemeente Best weergegeven.



figuur 1: overzicht ligging meetpunten (ondergrond © OpenStreetMap-auteurs, CC BY-SA)

In figuur 1 zijn de voornaamste bronnen (met uitzondering van vliegverkeer) duidelijk te zien. In tabel 1 wordt per meetpunt aangegeven wat, vooruitlopend op de meetresultaten, men zou verwachten dat de belangrijkste geluidsbronnen zullen zijn.

tabel 1: verwachte hinder ten gevolge van de verschillende bronnen op de vier meetpunten

Geluidsbron	Batadorp	Spoor	Villawijk	Zuidoost
Luchtvaart	+	++	++	++
Railverkeer	-	++	-	-
Wegverkeer	0	+	+	+
Scheepvaart	0	--	--	--
Industrie	+	--	-	--
Evenementen	--	0	0	+

De schaal loopt van -- via 0 tot ++ om aan te geven wat de te verwachten bijdrage van de diverse bronnen aan het geluidsniveau op de meetpunten is.

Naast het bovenaanzicht op de kaart zijn hierna (pagina's 6 en 7) foto's van de meetopstelling weergegeven.



figuur 2: Spoor



figuur 3: Spoor



figuur 4: Villawijk



figuur 5: Zuidoost



figuur 6: Batadorp

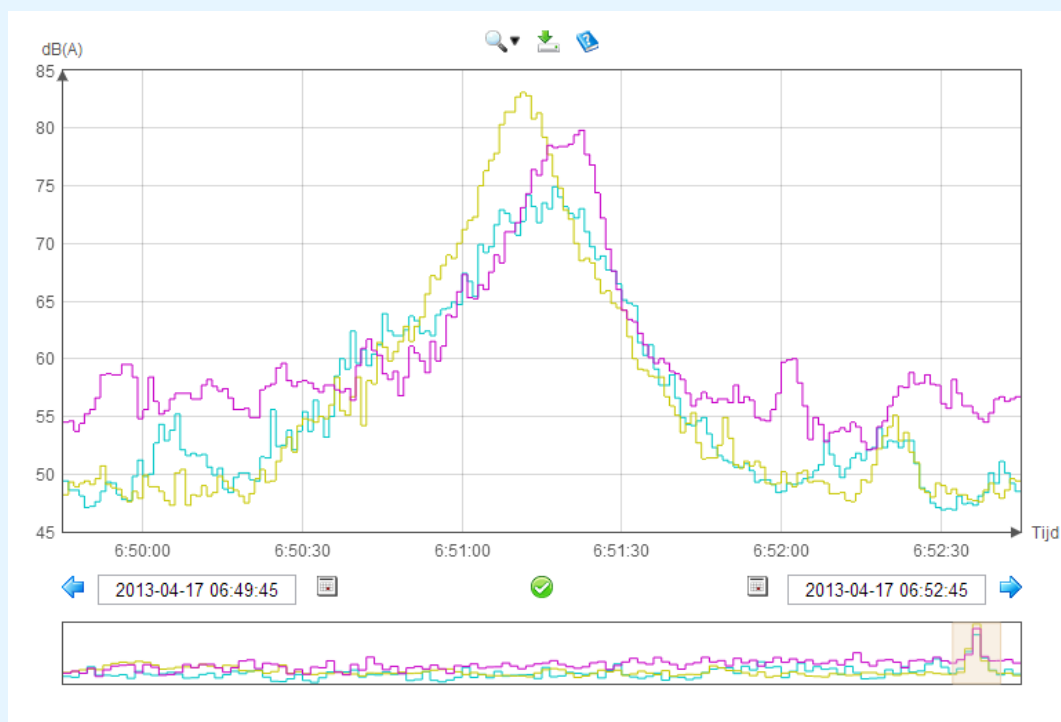
De metingen zijn opgestart in februari 2012 en lopen nog door tot 2020. Om jaren goed met elkaar te kunnen vergelijken is in dit rapport alleen gekeken naar data vanaf maart 2012 (ieder meetjaar is een geheel kalenderjaar). Dit in tegenstelling tot vorige rapportages waarbij voor het eerste jaar ook februari 2012 werd beschouwd (en voor dit jaar dus 13 maanden werden meegenomen).

3. Meetmethode

De meetinstrumenten van Sensornet (zie bijlage voor informatie over de instrumenten) registreren continu het geluidsniveau. Daarnaast worden de meteorologische omstandigheden met een meteostation geregistreerd. Bij het geluid is niet altijd direct duidelijk wat hiervan de bron is. Voor dit onderzoek zijn we geïnteresseerd in de geluidsbelasting van weg- en railverkeer, industrie, scheepvaart en evenementengeluid. Echter ook zingende vogels, blaffende honden, grasmaaiers, etc. kunnen hoge geluidsniveaus veroorzaken. Om de verschillende bronnen te kunnen onderscheiden, is een aantal algoritmes ontwikkeld, die op basis van bepaalde eigenschappen van geluid de betreffende bijdragen kunnen filteren. Een voorbeeld is wegverkeergeluid. Dit is (zeker voor rijkswegen) een vrij continue bron van geluid. Door uit te gaan van de mediaan van het geluidsniveau van een periode (L50) zijn afwijkende pieken niet meegenomen en is de gemeten waarde representatief voor wegverkeer. Treinen zijn verder goed herkenbaar op de locatie nabij het spoor.

Door Sensornet is een algoritme ontwikkeld om vliegtuigen te herkennen. Dit gaat uit van de volgende gecombineerde gegevens met betrekking tot een vliegtuig:

- op meerdere punten (eventueel vlak na elkaar) te horen is (zie figuur);
- een relevant hogere snelheid heeft dan andere voertuigen;
- middels een transponder positiegegevens ter beschikking stelt.



figuur 7: Verloop geluidsniveau van een vliegtuigpassage voor drie meetpunten (beige: Batadorp, lichtblauw: Zuidooost en paars: Villawijk)

4. Resultaten

4.1 Algemeen

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd. Daarbij wordt eerst ingegaan op de totaalniveaus, waaruit het gemeten geluid is opgebouwd (welke bronnen) en het verloop van het geluid gedurende een dag of week. Daarna wordt per geluidsbron ingezoomd om meer in detail de resultaten van de afgelopen jaren te behandelen. Daarbij wordt ook specifiek naar de trends van de afgelopen jaren gekeken. Niet op alle locaties zijn alle bronnen relevant. Zo worden treinen niet of nauwelijks gemeten op de punten Zuidoost, Batadorp en Villawijk en is met name bij Batadorp hinder van lokaal vrachtverkeer.

4.2 Totaalniveaus

4.2.1 Trend over vier jaar

In onderstaande tabel zijn de gemeten totaalniveaus (in L_{den}) van de afgelopen vier jaar weergegeven.

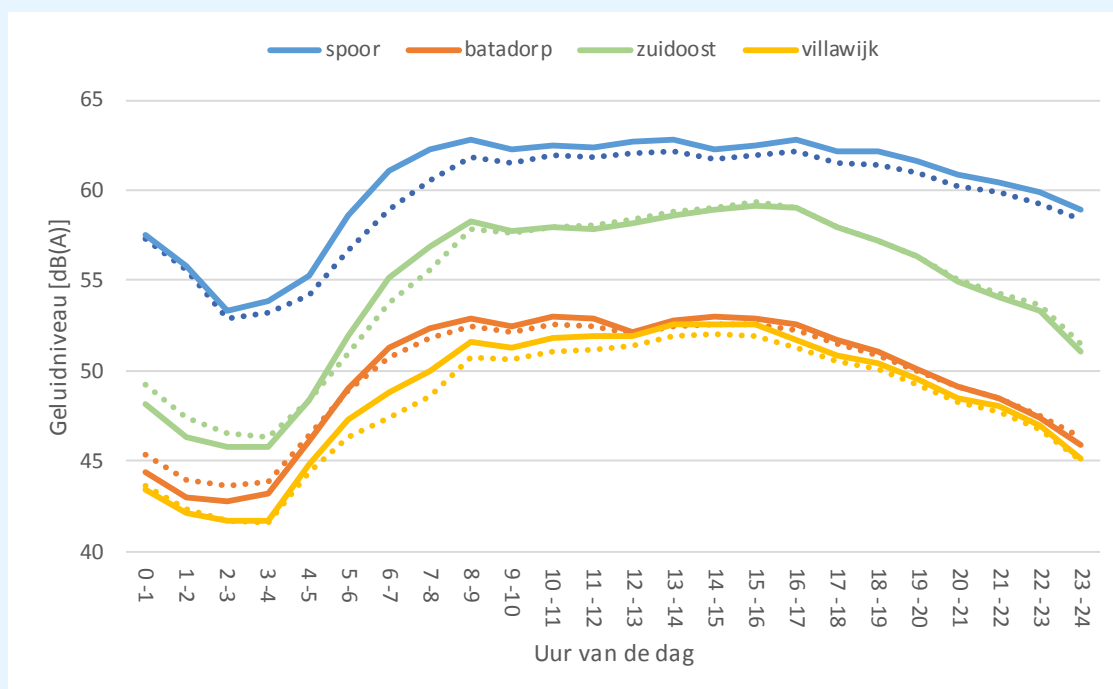
tabel 2: verloop gemeten totaalniveaus (in L_{den}) voor de vier verschillende locaties

Locatie	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016	2012-2016
Spoor	67.3	65.9	64.3	64.9	65.8
Batadorp	54.1	54.2	55.9	55.5	55.0
Zuidoost	59.5	59.1	59.9	59.5	59.5
Villawijk	53.3	53.4	53.3	53.6	53.4

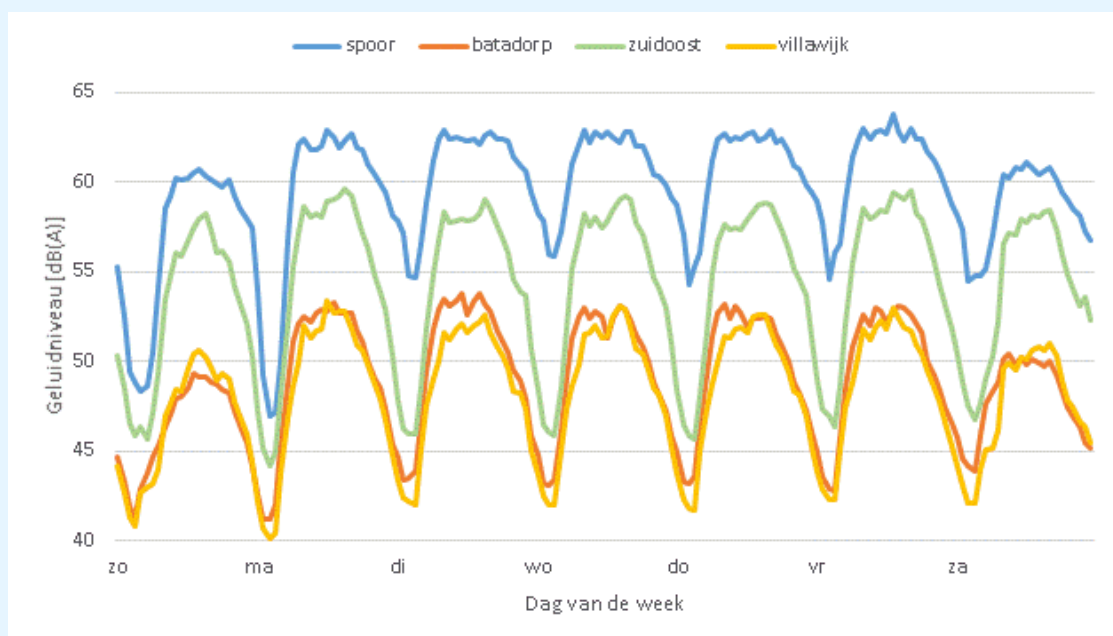
Uit de tabel valt op te maken dat de locatie spoor het zwaarst belast wordt, gevolgd door de locatie Zuidoost. Er is variatie in geluidsniveau, deze is voor het totaal omgevingsgeluid wel beperkt.

4.2.2 Verloop gedurende een dag of week

Omgevingsgeluid zal variëren afhankelijk van tijdstip en welke dag het is. Om inzicht te krijgen in dit verloop zijn de gemiddelde geluidsniveaus gedurende een gemiddelde weekdag, werkdag en het verloop over een week weergegeven in onderstaande figuren:



figuur 8: werkdaggemiddelde (doorgetrokken lijn) en weekdaggemiddelde (stippellijn) gemiddeld over 4 jaar

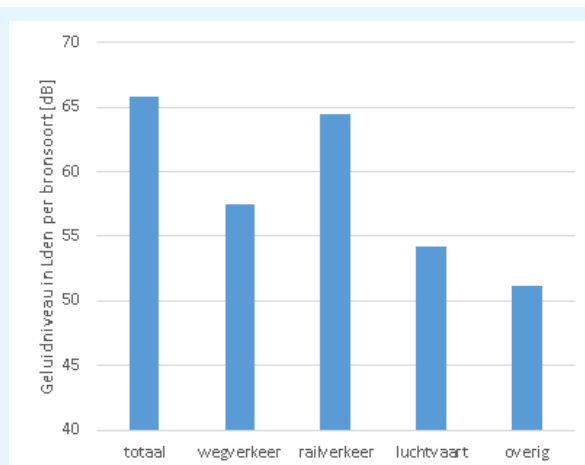


figuur 9: gemiddeld verloop gedurende een week

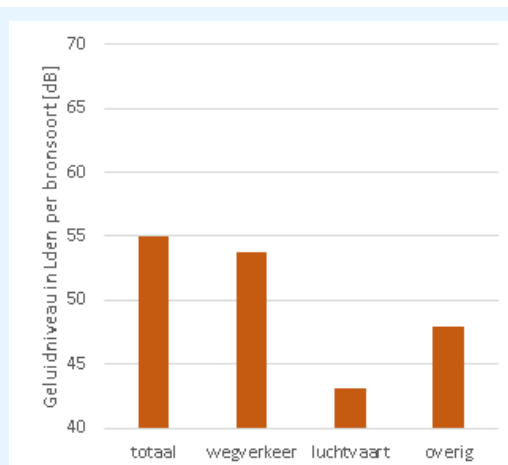
In de figuren is te zien dat, zoals te verwachten valt, 's nachts maar ook in het weekend, er minder omgevingsgeluid is. Ter hoogte van het spoor is ook 's nachts nog sprake van een relatief hoog geluidsniveau.

4.2.3 Onderverdeling in bronsoorten

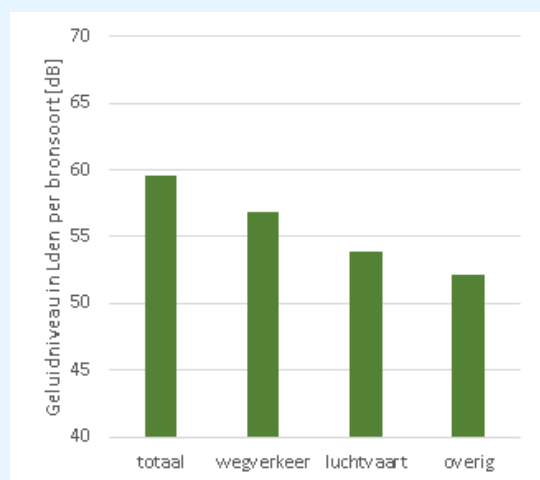
In navolgende secties wordt gedetailleerd ingegaan op het geluid van de verschillende bronsoorten. In deze sectie wordt alleen gekeken naar de verdeling tussen de niveaus vanwege de verschillende bronnen. Dat is weergegeven in onderstaande figuren:



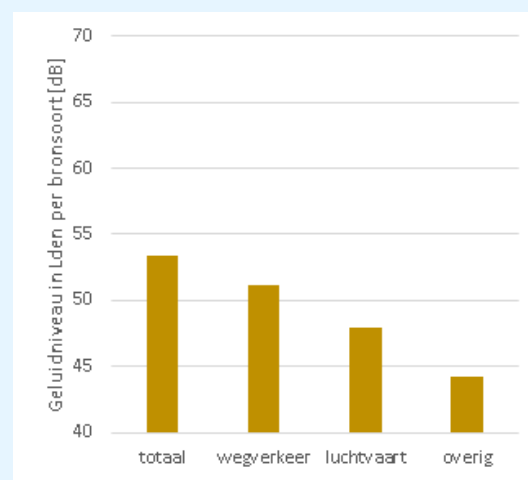
figuur 10: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Spoor



figuur 11: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Batadorp



figuur 12: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Zuidoost



figuur 13: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Villawijk

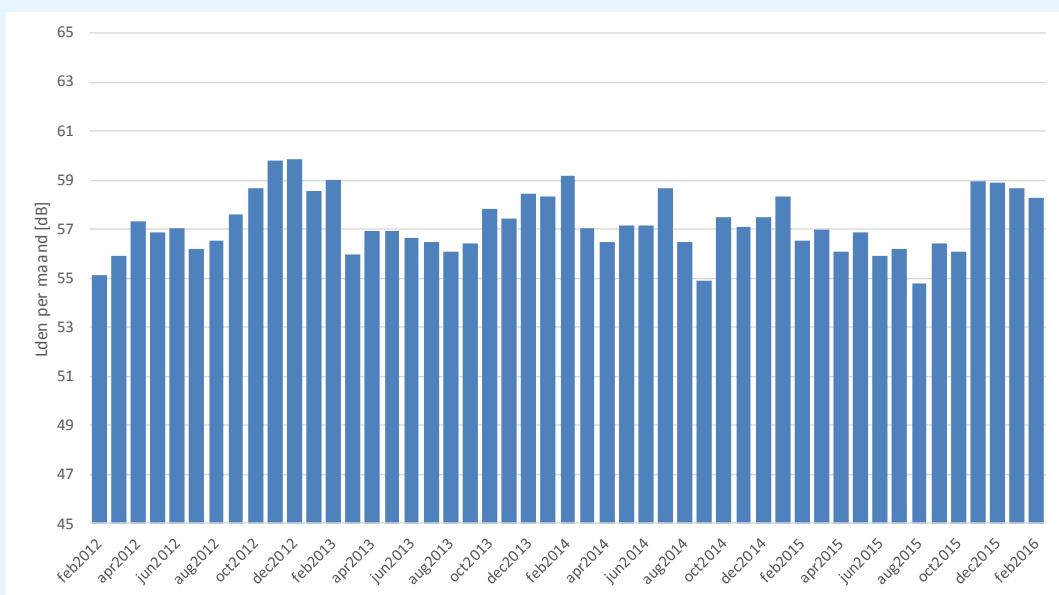
In de figuren is te zien dat voor de L_{den} wegverkeer op de meeste locaties maatgevend is. De uitzondering is de locatie langs het spoor waar railverkeer maatgevend is. Luchtvaart heeft echter ook een meetbare invloed op de totaalniveaus van alle meetposities.

In de navolgende secties wordt nader op iedere bronsoort ingegaan.

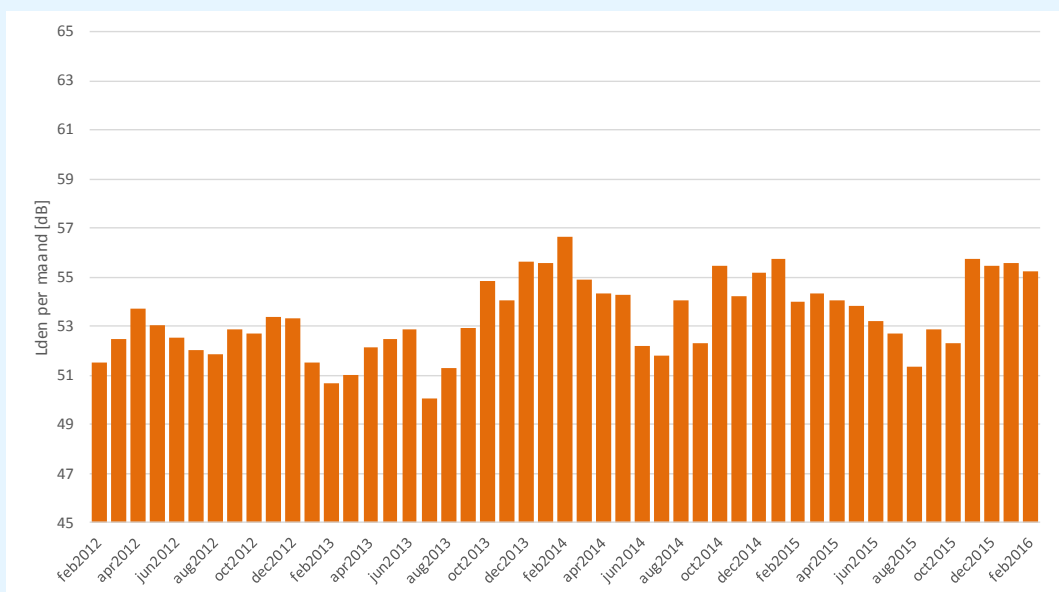
4.3 Wegverkeer

4.3.1 Trend over vier jaar

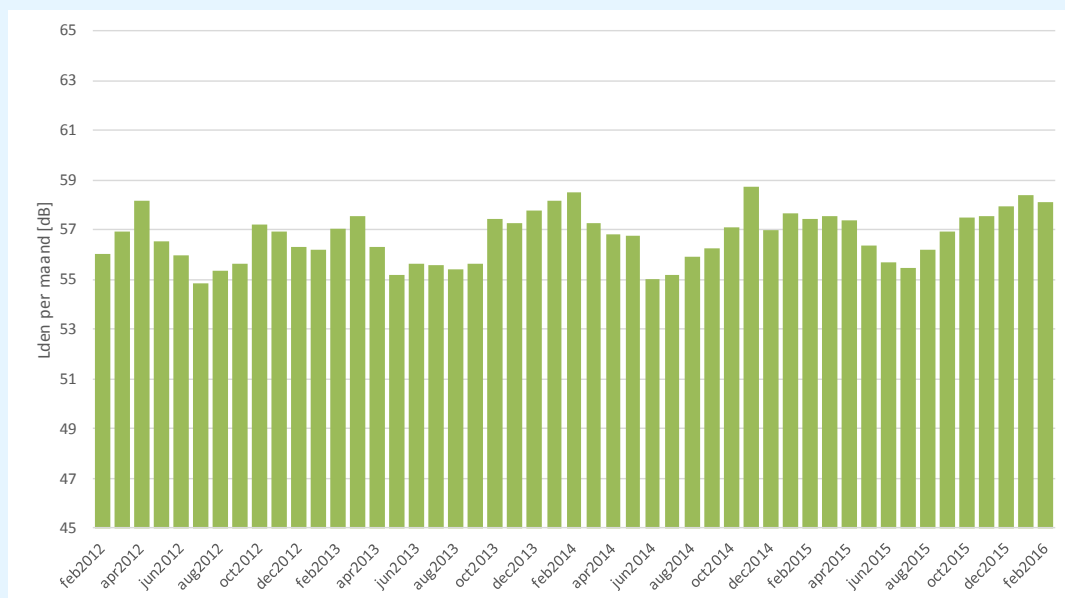
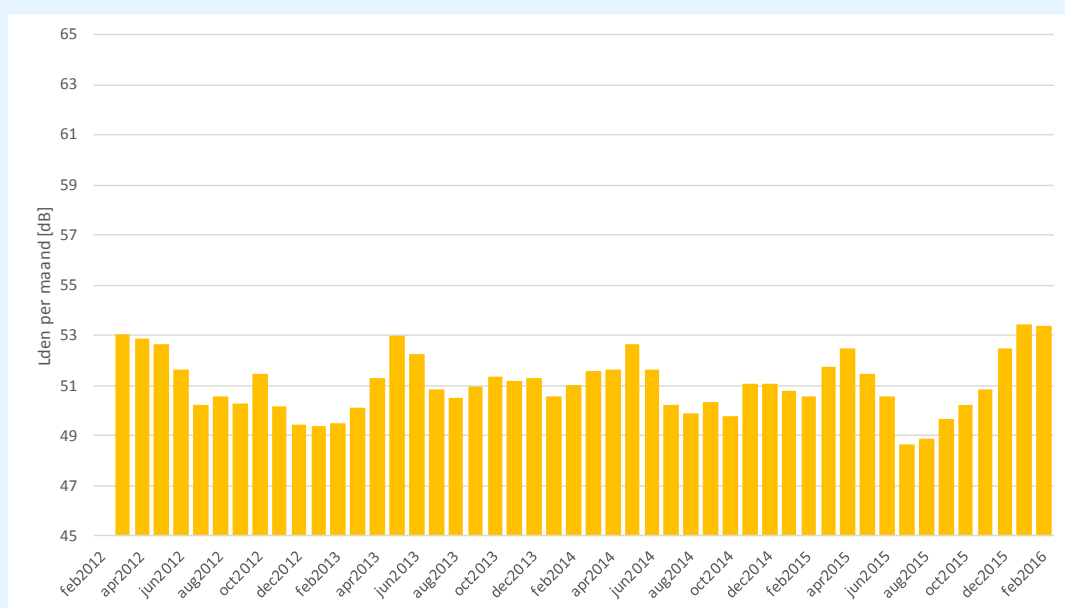
In onderstaande figuren is het verloop van de gemeten niveaus ten gevolge van wegverkeer voor de verschillende locaties weergegeven. Te zien zijn de gemiddelde niveaus per maand voor de meetperiode. Hierbij zijn de belangrijkste bronnen de A2 en de A58.



figuur 14: : verloop L_{den} per maand locatie: Spoor



figuur 15: verloop L_{den} per maand locatie: Batadorp

figuur 16: verloop L_{den} per maand locatie: Zuidoostfiguur 17: Verloop L_{den} per maand locatie: Villawijk

In de figuren is te zien dat per maand het geluidsniveau fluctueert. Daarbij is zichtbaar dat met name in de zomerperiodes (juli/augustus) er minder geluid is vanwege wegverkeer. Opvallend is de stijging in niveaus vanaf november 2015. Deze stijging is op alle meetpunten zichtbaar, al is dit minder sterk op meetpunt Zuidoost.

In onderstaande tabel zijn de jaargemiddelden (gemeten van maart t/m februari) L_{den} waarden voor wegverkeer weergegeven voor de afgelopen vier jaar en totaal.

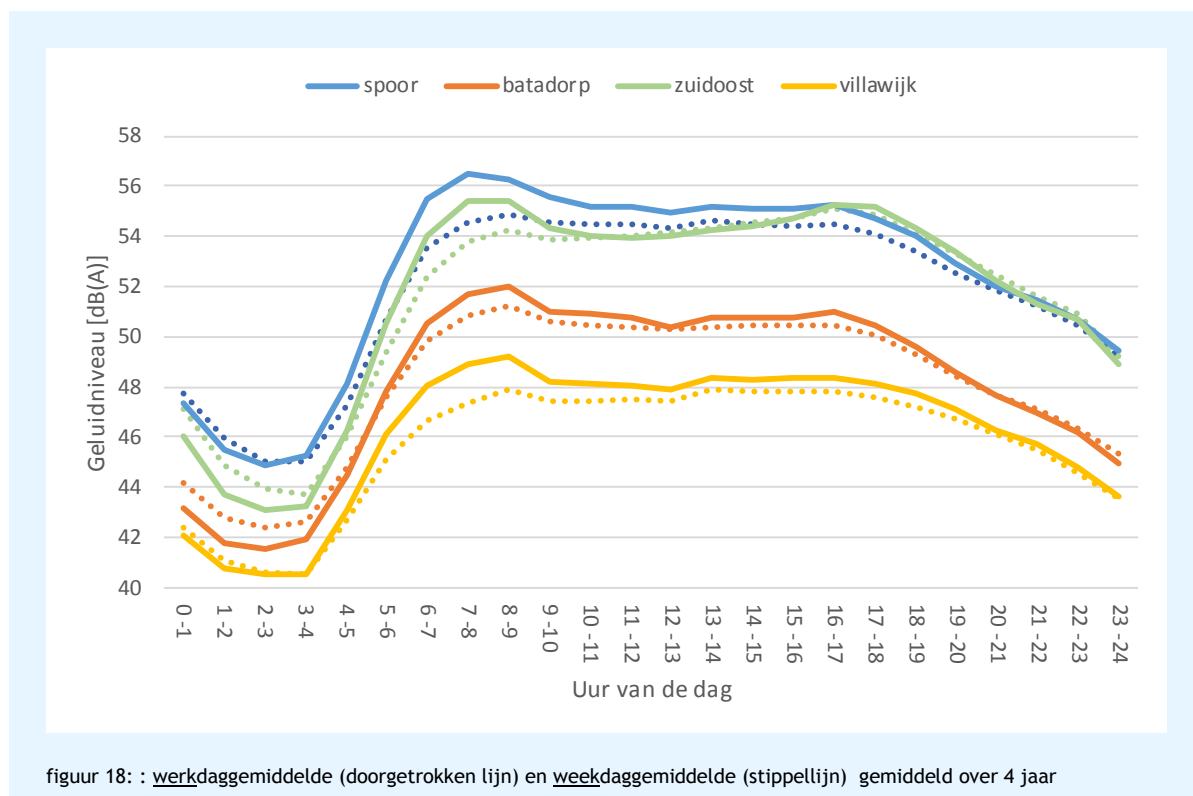
tabel 3: verloop geluidsniveaus wegverkeer over de afgelopen vier jaar

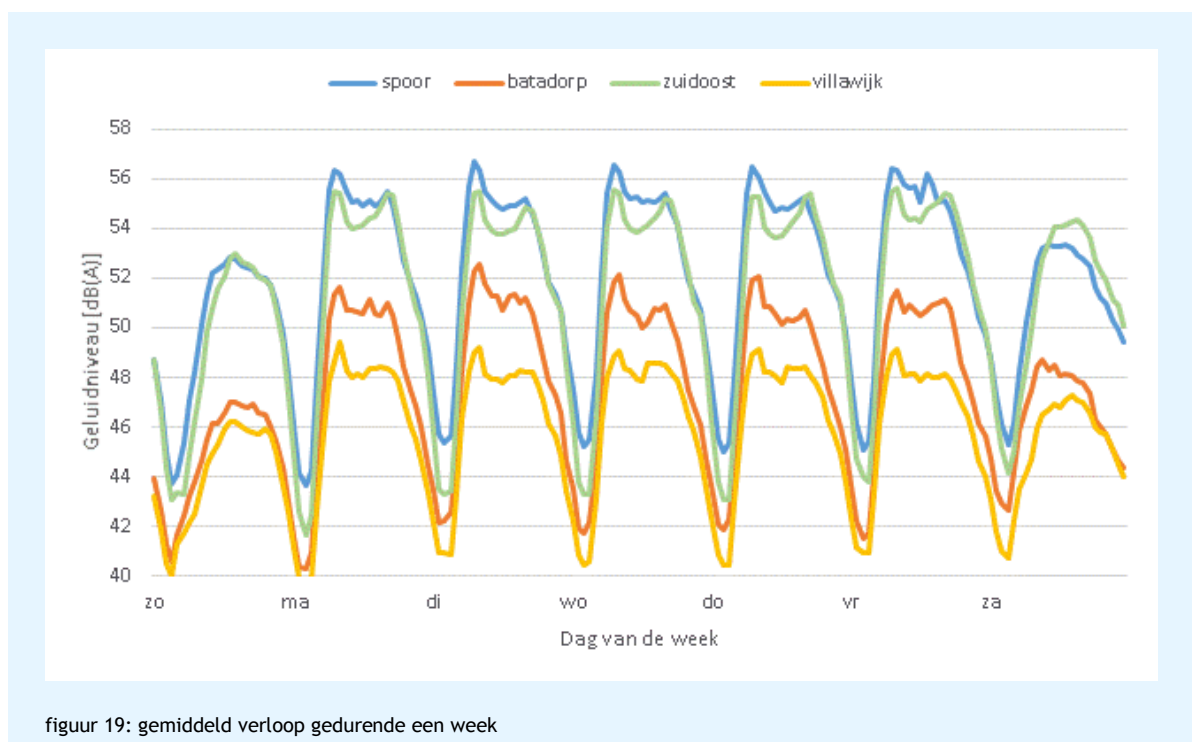
Meetjaar	Spoor	Batadorp	Zuidoost	Villawijk
2012/2013	58.0	52.6	56.5	51.1
2013/2014	57.3	53.7	56.8	51.3
2014/2015	57.2	54.2	56.9	51.0
2015/2016	57.2	54.1	57.2	51.4
2012/2016 (totaal)	57.4	53.7	56.9	51.2

In de tabel is te zien dat ter hoogte van het Spoor en Villawijk de jaargemiddelde waarden redelijk constant zijn gebleven. Bij Batadorp en Zuidoost was er het eerste jaar een iets lager niveau, maar de afgelopen drie jaar is ook hier het jaargemiddelde geluidsniveau redelijk constant.

4.3.2 Dag- en weekgemiddelde waarden

Geluid van wegverkeer zal variëren afhankelijk van tijdstip en welke dag het is. Om inzicht te krijgen in dit verloop zijn de gemiddelde geluidsniveaus gedurende een gemiddelde weekdag, werkdag en het verloop over een week weergegeven in onderstaande figuren:

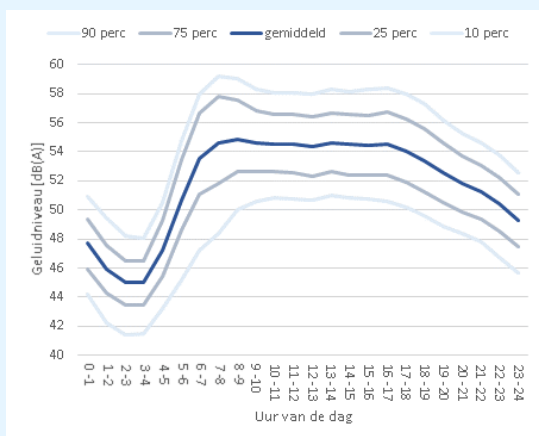




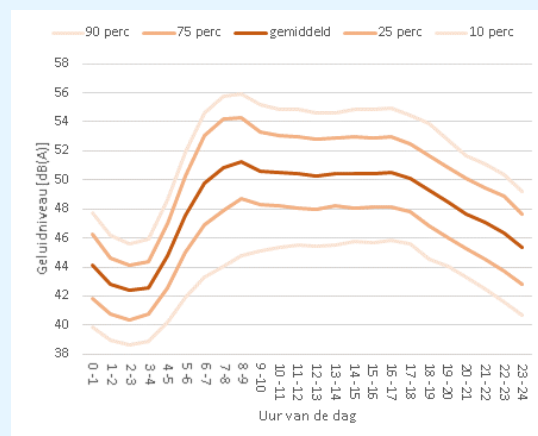
figuur 19: gemiddeld verloop gedurende een week

Bovenstaande grafieken geven het gemiddelde niveau over de meetperiode van vier jaar. Toch kunnen geluidsniveaus ook sterk variëren. Indien dit sterk varieert zullen er sommige uren zijn waar het weliswaar zeer rustig is, maar ook een groot aantal uren of dagen waarbij de niveaus ruim boven gemiddeld zijn. In bovenstaande figuur is verder te zien dat met name de ochtendspits tot een verhoogd geluidsniveau leidt. Ter hoogte van meetpunt zuidoost is ook de avondspits zichtbaar. Ook is te zien dat op een werkdag de geluidsniveaus over het algemeen hoger zijn dan het gemiddelde van een week.

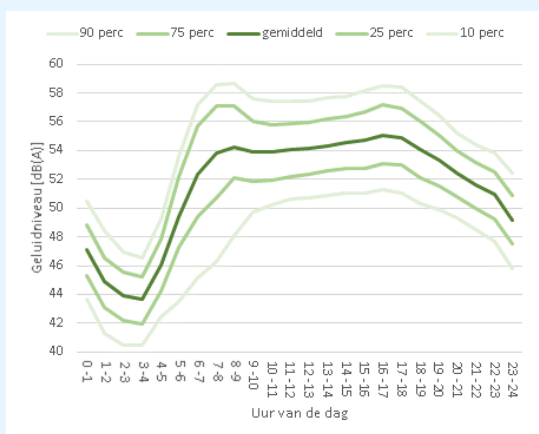
Naast variatie over de dag zullen sommige uren aanzienlijk lawaaiër zijn dan andere. Om inzicht te krijgen in deze spreiding is per locatie gekeken naar de 10, 25, 75 en 90 percentielwaarden. Hierbij is de 10% percentielwaarde die waarde waarbij 90% van de uren er een lager niveau heeft en 10% van de uren een hoger niveau. Dit houdt in dat er gemiddeld per 10 dagen een uur voorkomt met een geluidsniveau gelijk of hoger dan deze waarden. Voor onderstaande figuren zijn alle uren meegenomen (dus ook het weekend).



figuur 20: variatie in geluidsniveau locatie: Spoor



figuur 21: variatie in geluidsniveau locatie: Batadorp



figuur 22: variatie in geluidsniveau locatie: Zuidoost



figuur 23: variatie in geluidsniveau locatie: Villawijk

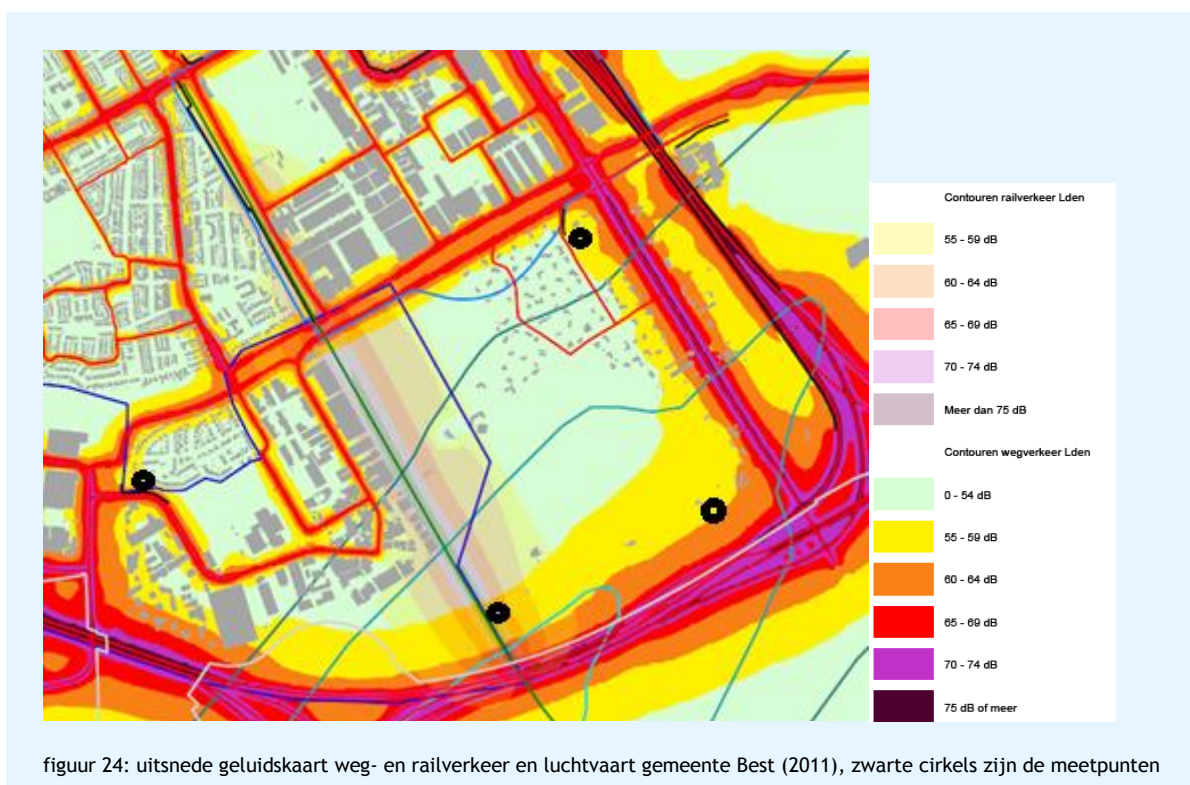
In bovenstaande figuren is te zien dat er een spreiding is van 6-10 dB tussen een rustig uur (10% van de uren stiller en 90% lawaaiiger) en het meest lawaaiige uur (10% nog lawaaiiger en 90% stiller). Dit houdt in dat er gemiddeld om de 10 dagen een lawaaiiger uur (bovenste lijn) en om de 10 dagen een stil uur (onderste lijn) voorkomt. Met name deze lawaaiigere uren zullen tot hinder leiden.

Het grootste verschil is zichtbaar bij Batadorp. Daar is een grote spreiding merkbaar. Ook is te zien dat in Batadorp regelmatig uren zijn die 4 dB hoger zijn dan de gemiddelde waarde waarop een L_{den} is gebaseerd.

4.3.3 Vergelijking met berekende waarden (geluidskaart)

In 2012 is een geluidskaart over het jaar 2011 opgesteld. Deze geluidskaarten worden om de vijf jaar vastgesteld in het kader van de Europese richtlijn omgevingslawaai. Dit houdt in dat in 2017 een nieuwe geluidskaart zal worden berekend. Voor deze rapportage wordt nog uitgegaan van de situatie 2011.

Op deze geluidskaart zijn de berekende geluidsniveaus te zien van weg- en railverkeer binnen de gemeente Best. Deze berekende niveaus zijn vergeleken met de gemeten geluidsniveaus. In onderstaande figuur is een uitsnede uit de geluidskaart te zien.



De berekende geluidsniveaus alsmede de contourklasse waarin zich het meetpunt bevindt is weergegeven in onderstaande tabel:

tabel 4: berekende en gemeten geluidsniveaus in L_{den}

Locatie	Gemeten in dB	Geluidskaart contourklasse in dB
Spoor	57	55 t/m 59
Batadorp	54	50 t/m 54
Zuidoost	57	60 t/m 64
Villawijk	51	50 t/m 54

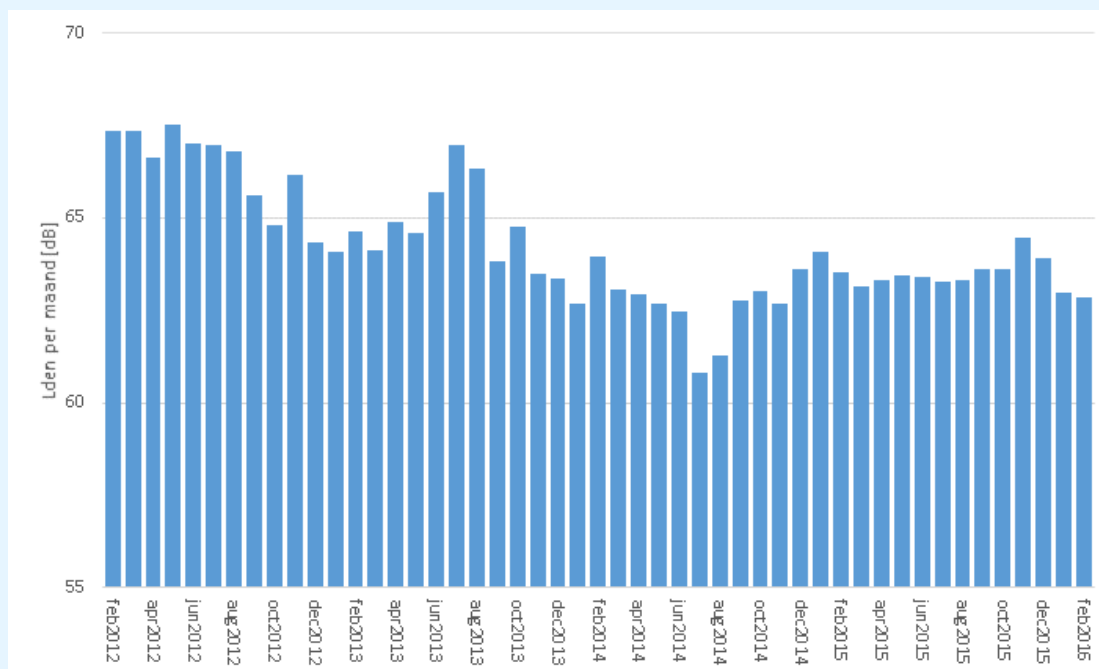
Uit de vergelijking in tabel 4: blijkt dat, met uitzondering van locatie Zuidoost, de gemeten waarden binnen de berekende geluidsbelastingklassen voor de betreffende punten vallen. Opgemerkt moet worden dat de berekening van de geluidskaart voor een waarneemhoogte van 4 meter boven het lokale maaiveld is uitgevoerd. De meethoogtes wijken hier op enkele locaties van af (met name locatie Zuidoost). Dit zal echter tot marginale verschillen leiden, omdat in de rekenmethode gebruik is gemaakt van een eenvoudig (SKM1) rekenmodel, waarbij bebouwing beperkt is meegenomen.

Bij Zuidoost is het meetpunt op circa 1.5 meter boven het maaiveld gelegen. Hierdoor zal een iets lagere geluidsbelasting worden gemeten dan berekend. Tevens is het meetpunt nabij de contourgrens gelegen, waardoor dit verschil verklaarbaar is.

4.4 Railverkeer

4.4.1 Trend over vier jaar

Op basis van de metingen is gekeken naar jaargemiddeld verloop van de maandgemiddelde L_{den} over de afgelopen vier jaar.



figuur 25: verloop van maandgemiddelde Lden waarden

In de figuur is te zien dat de geluidsniveaus zoals gemeten in 2012 hoger zijn dan in 2015. Dit is ook te zien in de jaargemiddelde gemeten waarden.

tabel 5: jaargemiddelde gemeten waarden

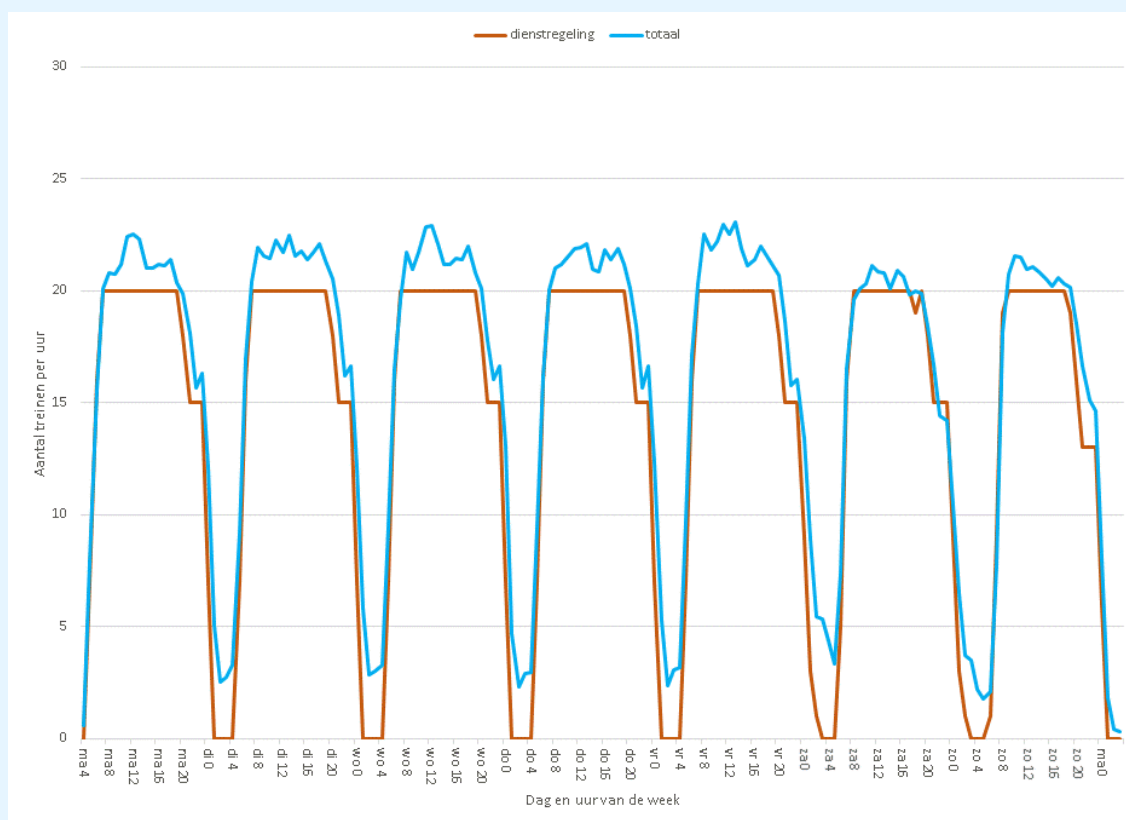
Periode	Totaal	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Dag	61.9	63.1	62.6	60.6	60.6
Avond	60.2	61.9	60.5	58.6	58.8
Nacht	56.5	58.4	56.5	54.6	55.7
Lden	64.5	66.2	64.7	62.8	63.5

In de tabel is te zien dat de niveaus in 2012/2013 circa 2 tot 3 dB hoger zijn dan in 2015/2016. De trends van afnemende geluidsniveaus is in 2014 gestopt. In de geluidskaart blijkt dat op het meetpunt langs het spoor een Lden wordt berekend in de contourklasse 70 t/m 74 dB. Dit verschil wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van een geluidswal, die niet meegenomen is in het akoestische rekenmodel voor de geluidskaart.

4.4.2 Variatie over een week en tussen treinen

Naast jaar- of maandgemiddelde waarden is er ook een variatie in de week. Gedurende het weekend rijden er minder treinen.

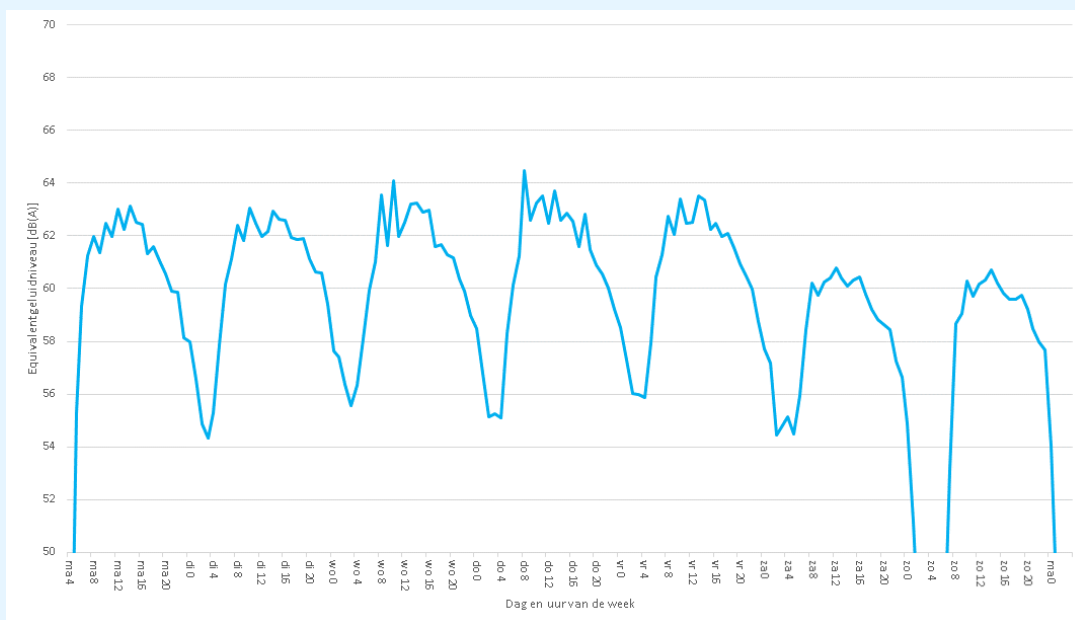
In onderstaande figuur is het gemiddelde weekverloop van het aantal treinen weergegeven. Daarbij is ook het aantal treinen uit de dienstregeling van de NS weergegeven. Voor de bepaling van het uur waarin de trein uit de dienstregeling valt, is uitgegaan van de vertrektijd van het meest nabij gelegen (Eindhoven, Den Bosch en Tilburg) intercity station.



figuur 26: overzicht aantal treinpassages per uur en aantal volgens de dienstregeling NS (dienstregeling mei 2016)

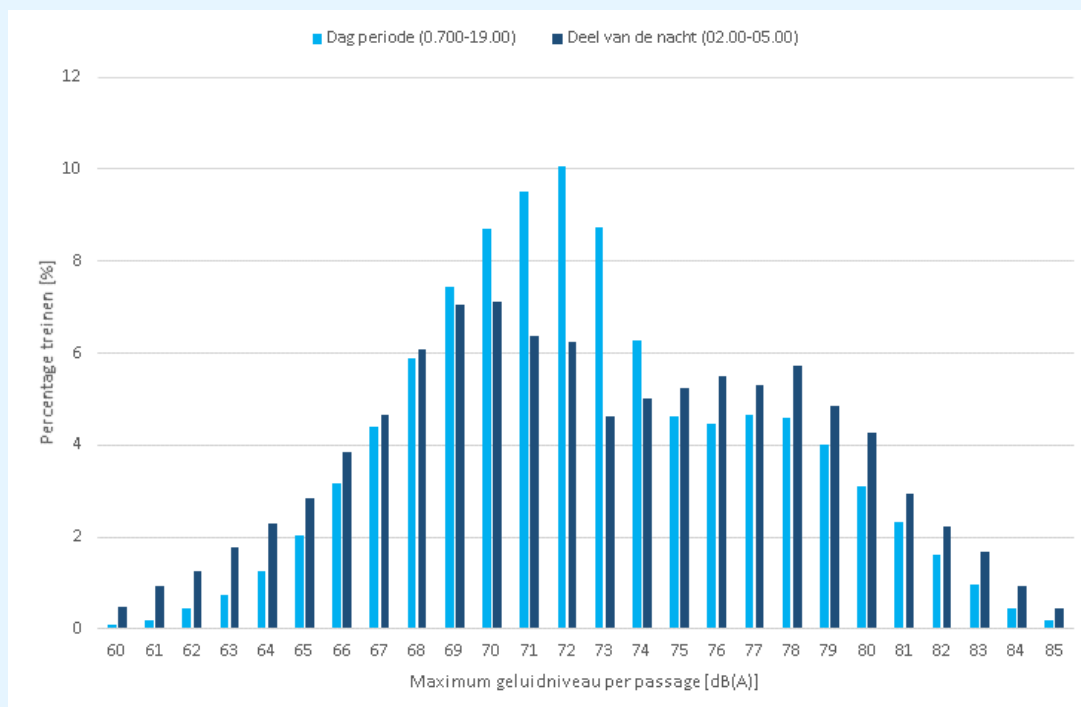
In de figuur is te zien dat zowel overdag als 's nachts meer treinen rijden dan in de dienstregeling. Dit zijn bijvoorbeeld goederentreinen en reizigerstreinen buiten de dienstregeling (bijvoorbeeld een lege trein). Overdag zijn dit er gemiddeld 2-3 per uur.

Bovenstaande aantallen leiden tot het volgende verloop over een week voor het gemeten equivalente geluidsniveau per uur. Dit gemiddelde is bepaald aan de hand van de metingen over de gehele meetperiode, waarbij een energetische middeling heeft plaatsgevonden.

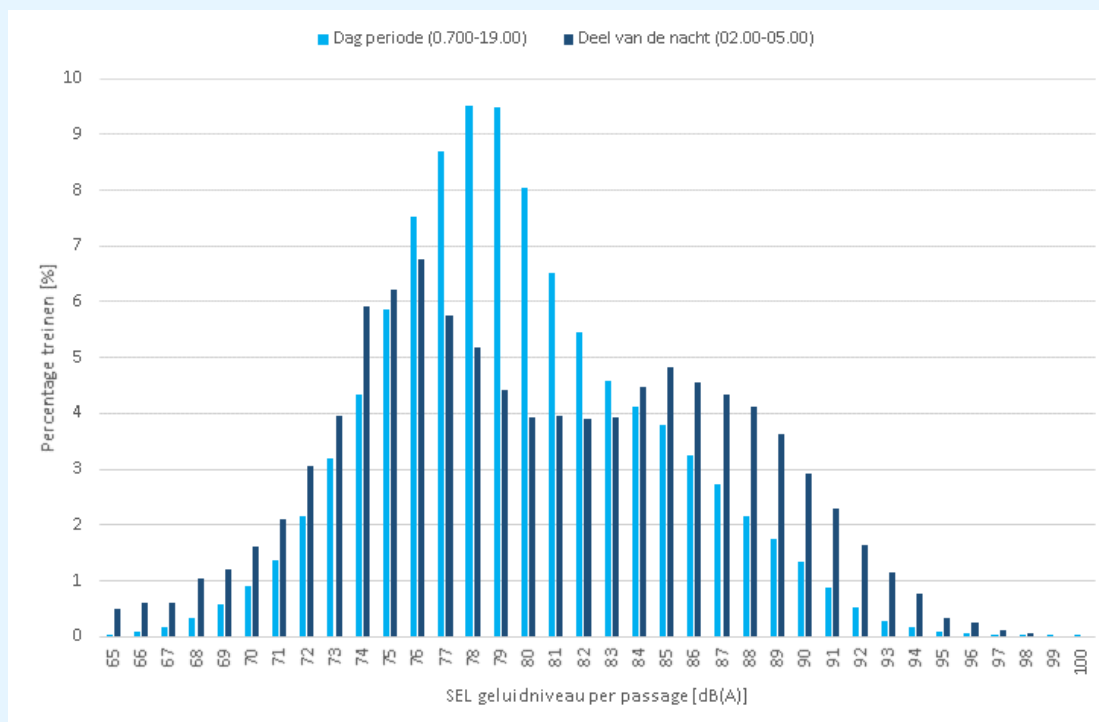


figuur 27: verloop van het equivalent geluidsniveau per uur gedurende een week

Naast variatie in tijd is er ook een grote variatie in geluidsproductie van een trein. De spreiding tussen geluidsniveaus vanwege treinen is in onderstaande figuren weergegeven. Weergegeven zijn de maximale waarden per passage en de zogenaamde SEL-waarden. Een SEL-waarde komt overeen met de totale emissie van een passage (of event). Dit houdt in dat een twee keer zo lange trein, die per wagon evenveel geluid produceert, ook een twee keer zo hoge (3 dB) SEL-waarde zal hebben, terwijl het gemiddelde geluidsniveau (ook wel L_{Aeq}) gelijk kan zijn. Door de SEL-waarden te presenteren, ontstaat een beeld hoeveel geluid een passage in totaal maakt en kunnen treinpassages onderling vergeleken worden.



figuur 28: spreiding in maximale geluidsniveaus van treinpassages. De donkerblauwe balken zijn representatief voor de spreiding in goederentreinen.



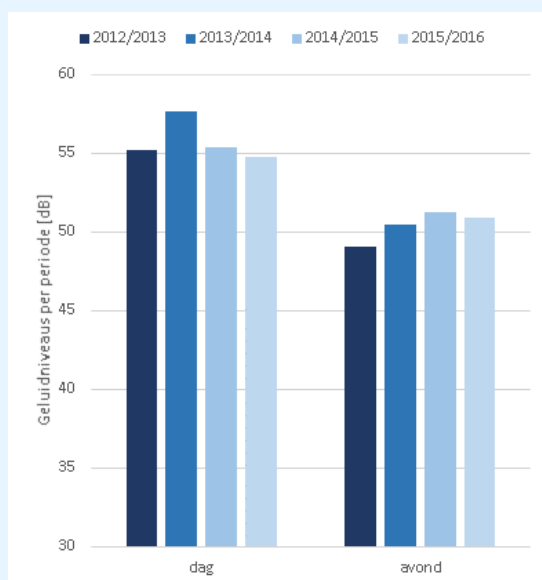
figuur 29: spreiding in SEL-geluidsniveau van treinpassages. De donkerblauwe balken zijn representatief voor de spreiding in goederentreinen.

In de figuren is te zien dat de spreiding in geluidsniveau zeer groot is. Het verschil tussen een stille en lawaaiige trein bedraagt meer dan 20 dB. Voor de SEL-waarde (relevant voor een L_{den}) is de spreiding nog groter.

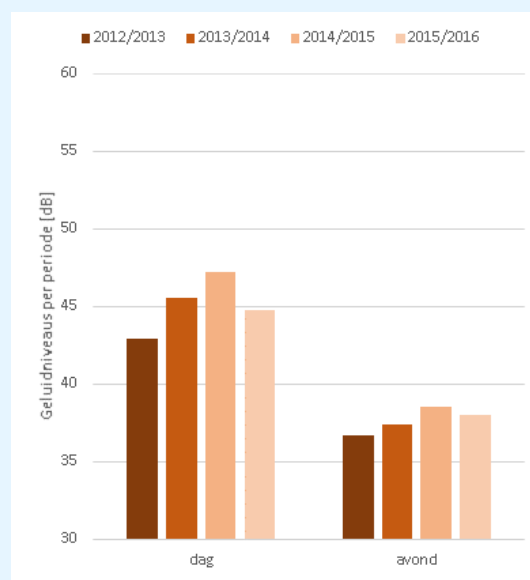
4.5 Luchtvaart

4.5.1 Trend over vier jaar

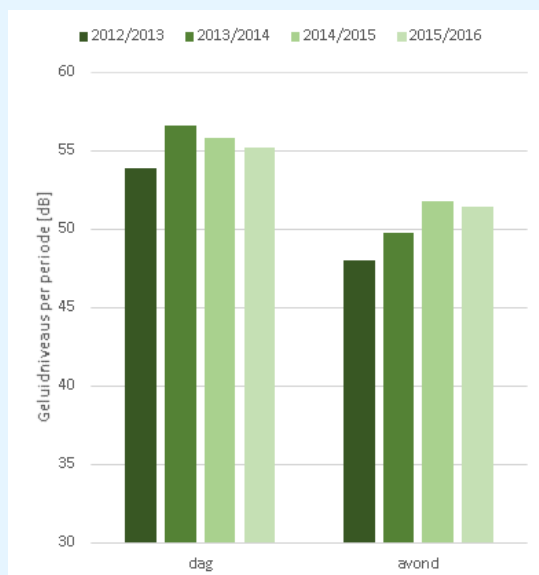
In de afgelopen vier jaar heeft het aantal vluchten en de bijbehorende hoeveelheid, geluid gevarieerd. Deze variatie is voor de vier meetlocaties onderstaand weergegeven. Voor het meetpunt langs het spoor geldt dat hier slechts een indirecte detectie heeft plaatsgevonden. Alleen als er een vliegpassage is gedetecteerd op locatie Zuidoost zijn er resultaten gekoppeld voor de locatie Spoor. Oorzaak is dat de vele treinpassages het detectiesysteem te sterk verstoren. Met deze versie van het rapport is het koppelmechanisme aangepast (verbeterd). Dit is met terugwerkende kracht doorgevoerd. Hierdoor kunnen voor de locatie Spoor getallen iets afwijken ten opzichte van eerdere rapportages.



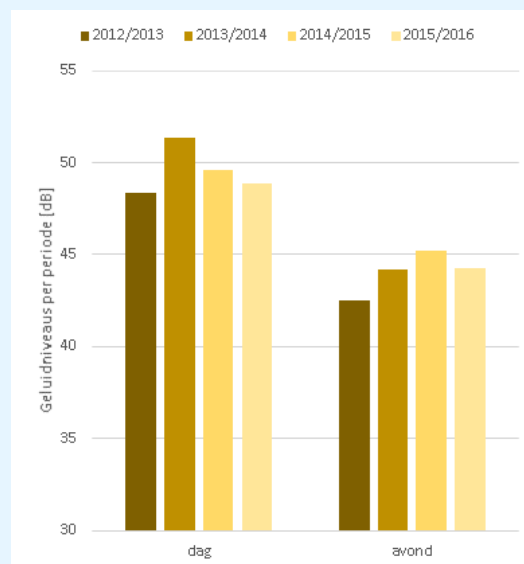
figuur 30: verloop geluidsniveau overdag en 's avonds locatie spoor



figuur 31: verloop geluidsniveau overdag en 's avonds locatie Batadorp



figuur 32: verloop geluidsniveau overdag en 's avonds
locatie Zuidoost



figuur 33: verloop geluidsniveau overdag en 's avonds
locatie Villawijk

Ook het aantal vliegbewegingen varieert. In onderstaande tabel is het aantal waargenomen vliegbewegingen per meetjaar weergegeven (afgerond).

tabel 6: aantal vliegbewegingen per periode en jaar

Meetjaar	Spoor			Batadorp			Zuidoost			Villawijk		
	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht	Dag	Avond	Nacht
2012/2013	7.500	730	0	2.500	300	0	8.000	800	0	8.000	750	0
2013/2014	12.000	1.800	50	4.000	300	0	13.000	2.200	45	11.500	1.250	45
2014/2015	11.200	2.100	80	4.750	750	5	12.600	2.200	80	11.300	1.900	75
2015/2016	11.900	1.800	135	4.500	650	10	13.050	2.000	130	11.400	1.550	125

In de tabel is te zien dat het aantal vliegbewegingen in 2012/2013 relatief laag was. Dit is vanaf 2013 gestabiliseerd, waarbij er wel een duidelijke toename is te zien in het aantal nachtvluchten. Dit zullen home carriers zijn die nog mogen landen of defensietoestellen die nog mogen landen of stijgen. Bij Batadorp zijn minder vliegtuigpassages gemeten. Deze locatie ligt dan ook minder op de aanvliegroute van het vliegveld. Door de overwegend zuidwesten wind in Nederland heeft de gemeente Best vooral te maken met landend vliegverkeer. In onderstaande tabel is het aantal vluchten dat Eindhoven Airport aandoet per jaar weergegeven (bron Wikipedia).

tabel 7: aantal vliegbewegingen per jaar

Jaar	Vliegbewegingen
2012	24.265
2013	26.508
2014	28.909
2015	30.395
2016	≈ 32.950 (verwachting)

Op basis van de gemeten vluchtpassages is ook het verloop van de L_{den} -waarden over de afgelopen vier jaar weergegeven.

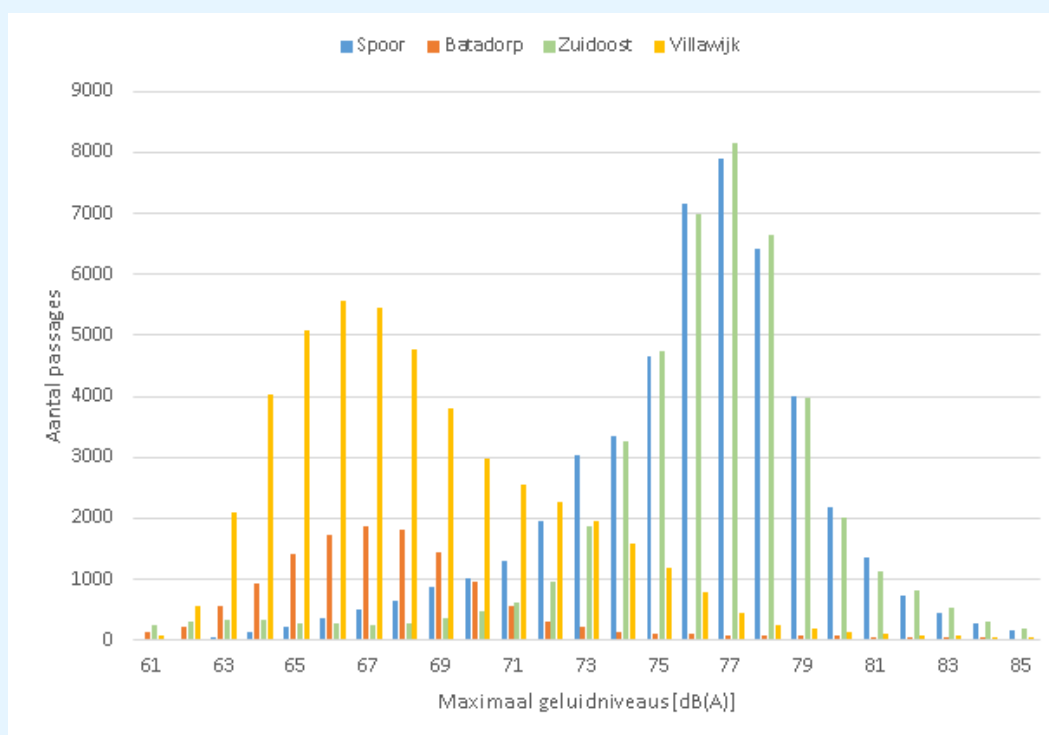
tabel 8: verloop geluidsniveaus (L_{den}) vliegverkeer de afgelopen vier jaar

Meetjaar	Spoor	Batadorp	Zuidoost	Villawijk
2012/2013	53.2	40.9	51.9	46.4
2013/2014	55.5	43.1	54.6	49.2
2014/2015	54.0	44.8	54.4	48.1
2015/2016	53.6	42.6	54.1	47.4
2012/2016 (totaal)	54.2	43.1	53.9	47.9

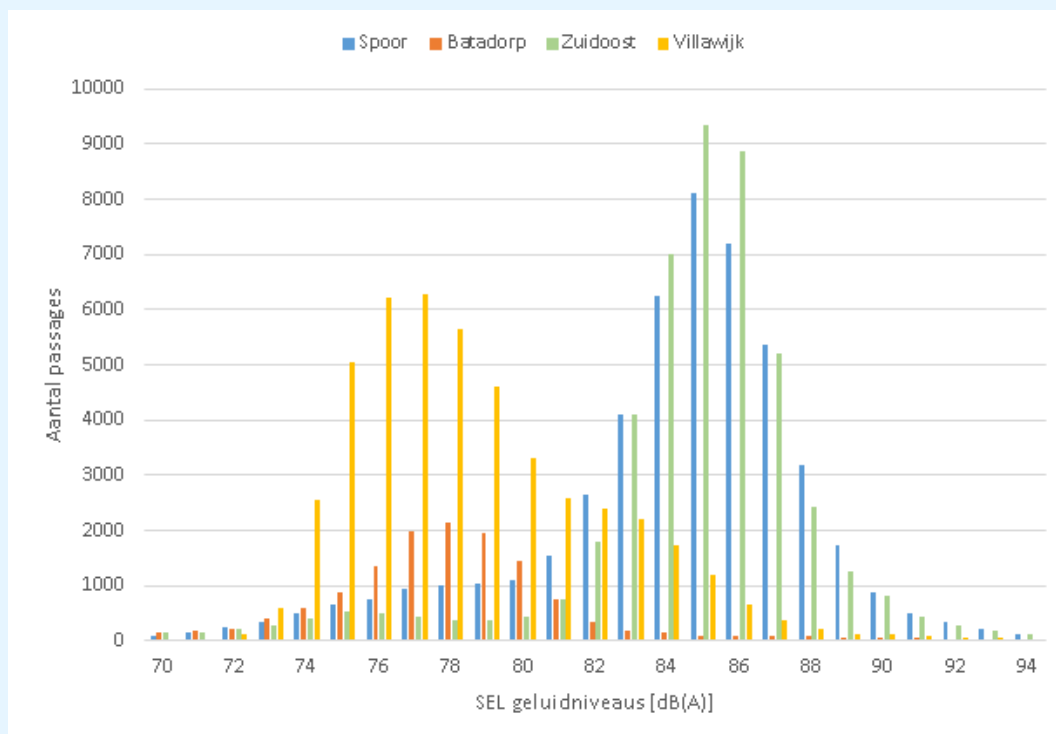
In de tabel is te zien dat in 2012/2013 de geluidsniveaus het laagst waren. Daarna is er sprake van een toename tot 2014/2015. In 2015/2016 zijn weer lagere niveaus gemeten terwijl het aantal gemeten vliegtuigen constant was.

4.5.2 Variatie tussen niveaus

Niet alle vliegtuigpassages maken even veel geluid. Er kan variatie optreden door verschil in opstijgen of landen, vlieghoogte, vliegtuigtype en meteo-omstandigheden.

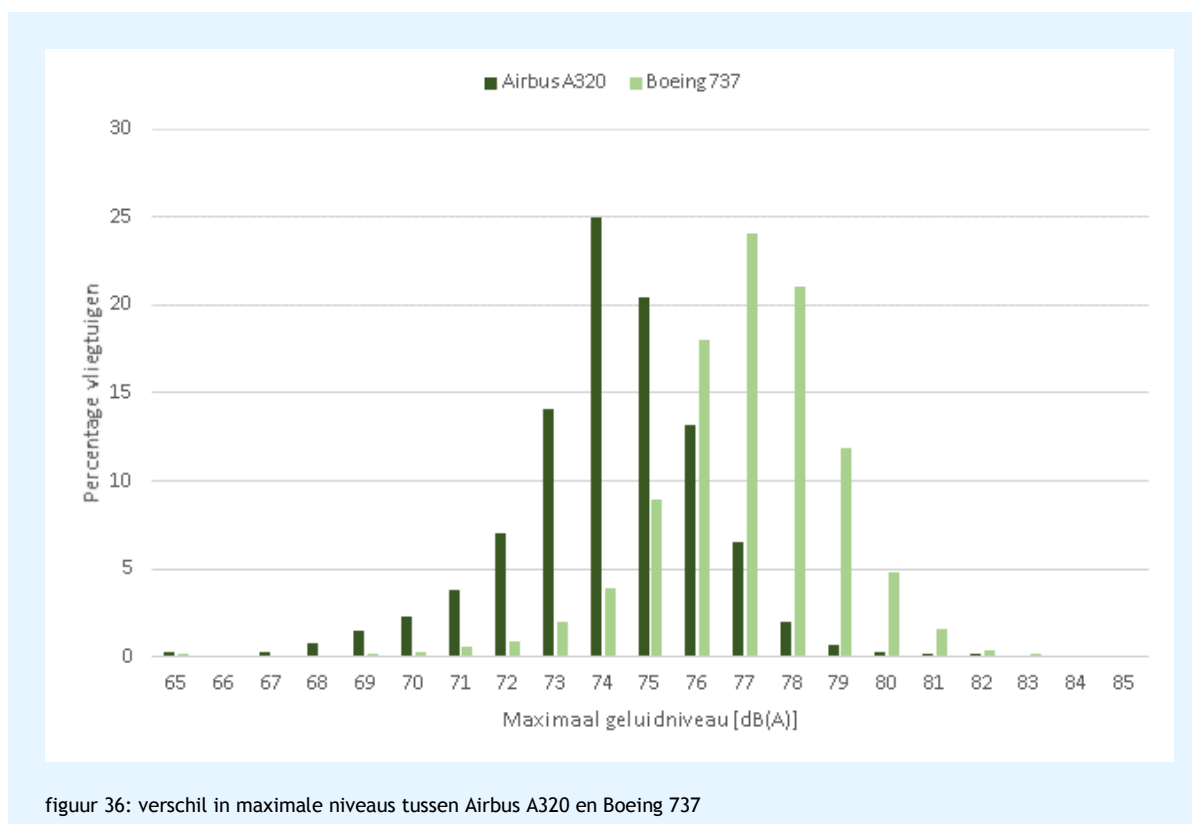


figuur 34: overzicht spreiding in maximale geluidsniveaus van vliegtuigpassages



figuur 35: overzicht spreiding in SEL-niveaus van vliegtuigpassages

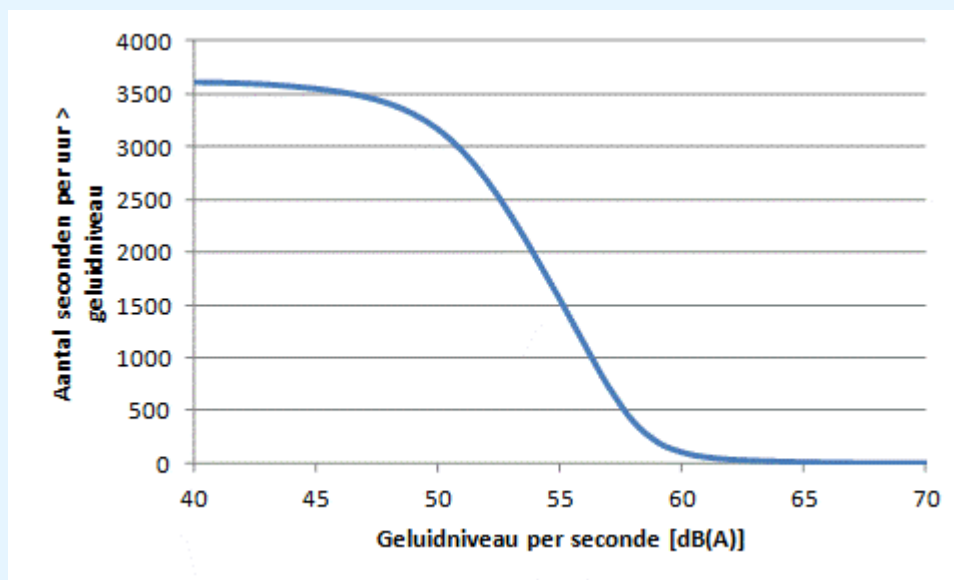
In de figuren is te zien dat het gemeten geluidsniveau in de laatste jaren op locatie Zuidoost het hoogst is. De spreiding tussen passagegeluid is rond de 10-15 dB(A). Naast vliegtuigtype kunnen de aanvliegeroute en de hoogte daarbij van invloed zijn (alsmede opstijgen of landen). Uit een analyse van vliegtuiggegevens blijkt dat met name Airbus A320 en Boeing 737 vliegtuigen worden gemeten, waarbij een ruim driemaal zo hoog aantal Boeing 737 vliegtuigen is gemeten ten opzichte van de Airbus A320. In onderstaande figuur is het verschil bij maximale geluidsniveaus voor de twee typen vliegtuigen weergegeven (locatie Zuidoost).



In de figuur is te zien dat bij Eindhoven de Airbus A320 circa 3 dB stiller is vergeleken met de Boeing 737. Op andere vliegvelden kan dat anders zijn omdat daar mogelijk met andere versies van deze twee typen vliegtuigen gevlogen wordt. Wel geldt dat de vliegbewegingen op Eindhoven met de Boeing circa vier tot vijf keer zo hoog zijn dan van de Airbus.

4.6 Industrie

Het industriegekluid ter hoogte van het meetpunt Batadorp wordt met name gevormd door af- en aanrijden van vrachtverkeer. Er zijn voor zover bekend geen 'grote lawaaimakers' op het terrein. Het vrachtverkeer kan wel een bepaald patroon in geluid veroorzaken. Na vier jaar meten blijkt er geen afwijkend patroon van geluidsniveaus op locatie Batadorp te zijn. In onderstaande figuur is weergegeven welke niveaus (per seconde) er gemeten worden op werkdagen tussen 08.00 en 09.00 uur. Hiermee is gekeken in hoeverre incidentele piekniveaus zichtbaar zijn.



figuur 37: gemiddelde geluidsniveaus tussen 8 en 9 uur 's ochtends op werkdagen, waarbij het aantal seconden per uur is weergegeven dat het gemeten geluidsniveau boven de weergegeven waarde uitkomt bron: rapport 2015)

In de figuur is te zien dat met name circa de helft van de tijd er geluidsniveaus boven de 55 dB(A) worden gemeten. Gedurende bijna 2 minuten per uur is dat meer dan 60 dB en circa 13 seconden of 13 keer per uur boven de 65 dB.

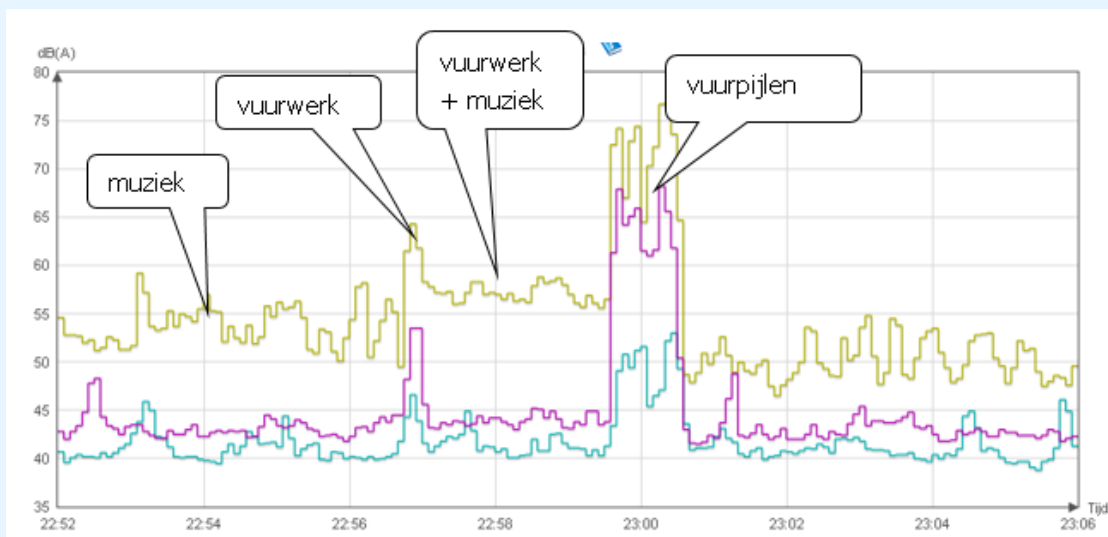
4.7 Evenementen

Op Aquabest hebben gedurende de meetperiode een aantal evenementen plaatsgevonden. Deze zijn weergegeven in onderstaande tabel (evenementen in 2013 ontbreken in de lijst).

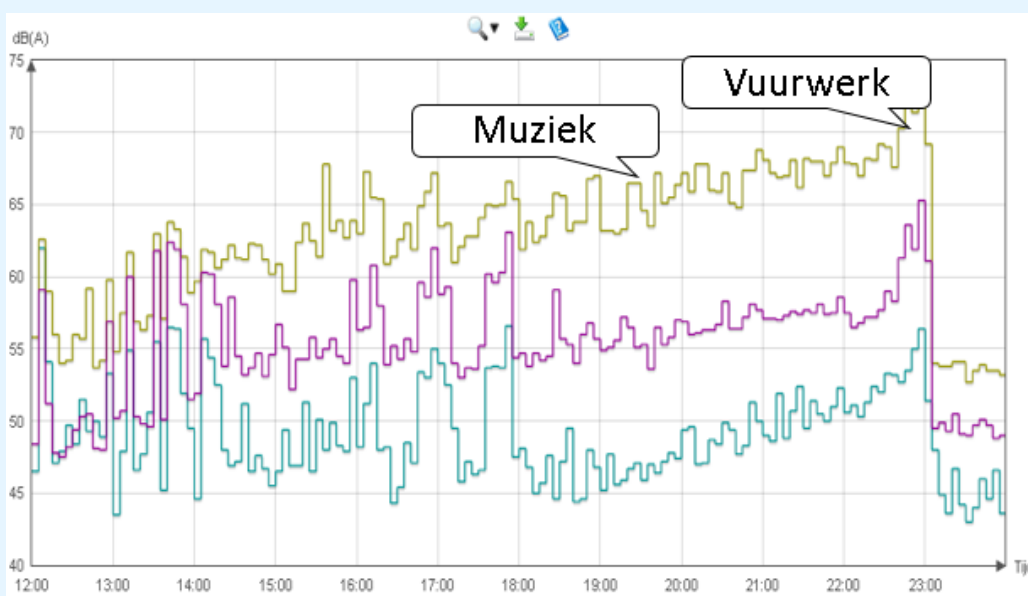
tabel 9: overzicht evenementen te Aquabest

Datum	Evenement
12 mei 2012	Housequake
21 mei 2012	Bavaria Springbreak
9 juni 2012	Lakedance
14 juli 2012	Extrema
11 augustus 2012	Lakedance
1 september 2012	Frequence
7 juni 2014	Lakedance
1 november 2014	Winterpark
27 april 2015	Supersized Kingsday
21 mei 2015	Circus Weron
23 mei 2015	Salsa Breeze Festival
13 juni 2015	Lakedance
11 juli 2015	Extrema Outdoor
8 augustus 2015	Lakedance
31 oktober 2015	Winterpark

Uit analyse van een aantal evenementen blijkt dat de weersomstandigheden bepalend zijn of een evenement te horen is in Best of juist niet. Onder twee festivals met vergelijkbare geluidproductie. De eerste is met westenwind en de tweede met oostenwind.



figuur 38: Housequake op 12 mei 2012, met westenwind (beige Zuidoost, paars Villawijk, Blauwgroen Batadorp)



figuur 39: Lakedance (op 11 augustus 2012) met oostenwind (beige Zuidoost, paars Villawijk, Blauwgroen Batadorp)

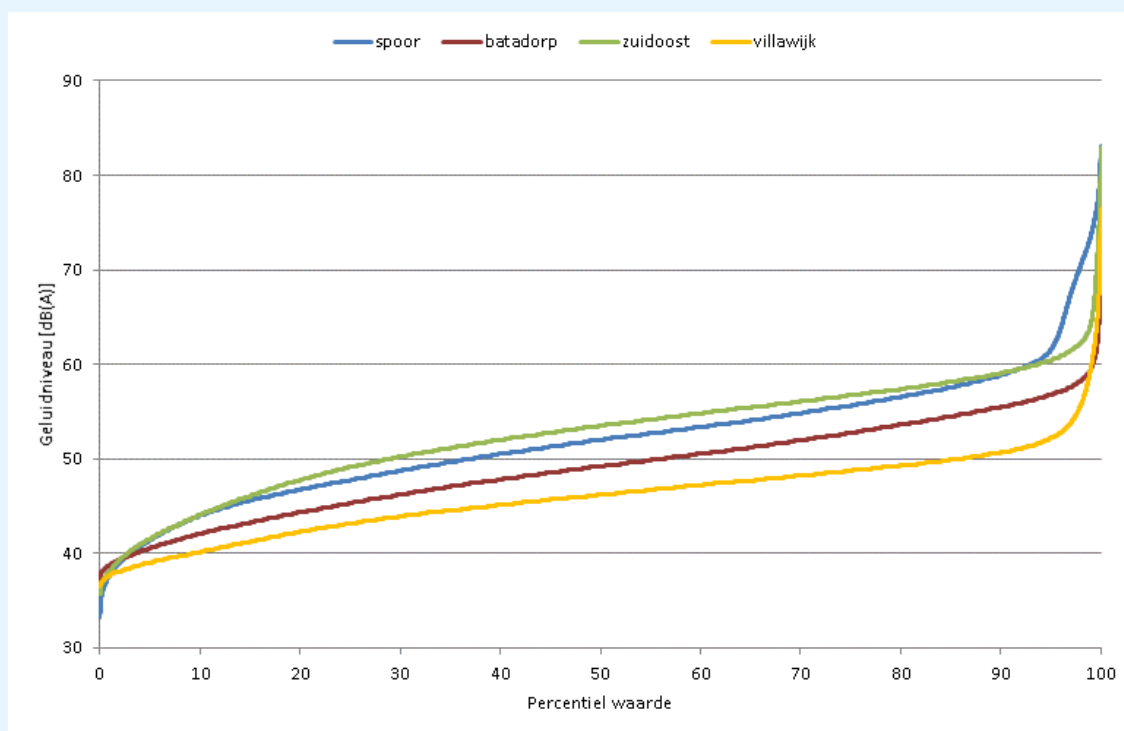
In de figuren is te zien dat bij oostenwind de muziek op alle locaties tot een verhoging leidt. Bij westenwind is alleen op de locatie Zuidoost een lichte verhoging vanwege muziek zichtbaar, wel is overal het gebruik van vuurwerk duidelijk te zien.

Over evenementen kan geconcludeerd worden dat deze goed hoorbaar kunnen zijn, maar de mate waarop zeer afhankelijk is van de windrichting gedurende het evenement. Met name op de locatie zuidoost (goudkleurige lijn) kan een evenement in een ongunstig geval tot beduidend hogere geluidsniveaus leiden.

4.8 Piekniveaus

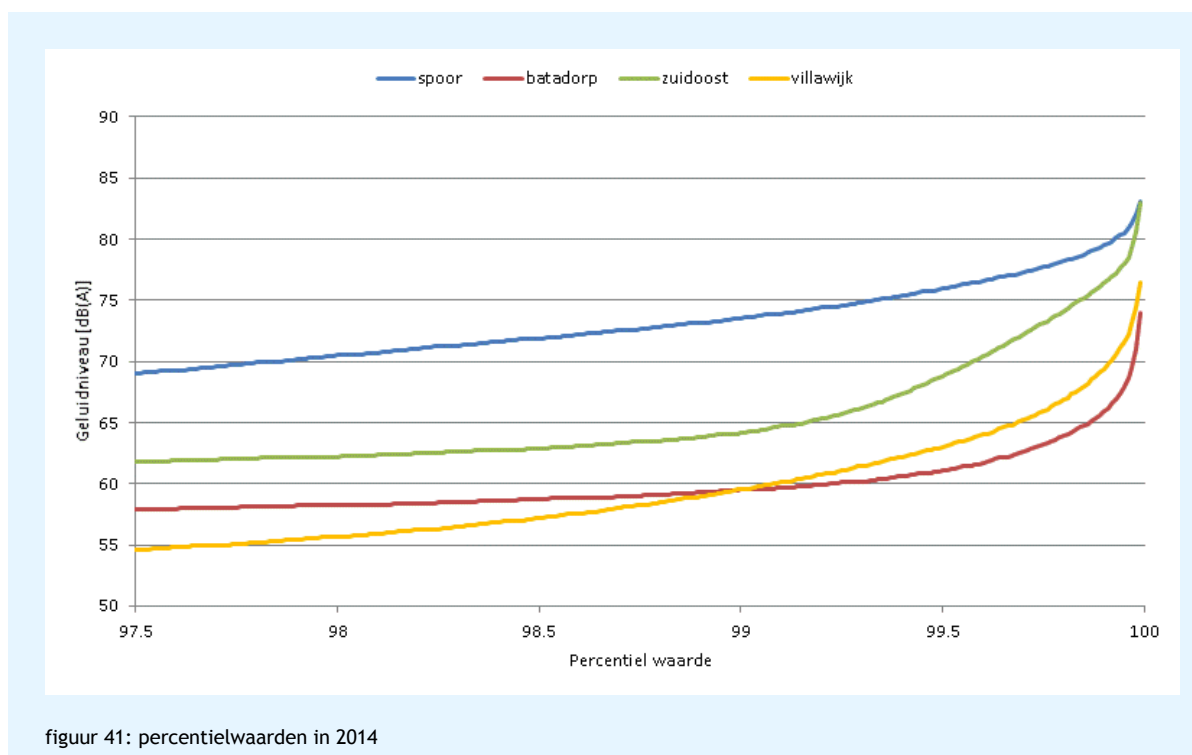
De geluidsregelgeving voor weg- en railverkeer gaat uit van gemiddelde geluidsniveaus (L_{den} en L_{night}). Een bron van hinder kan echter ook het optreden van piekniveaus zijn. Om deze reden is aanvullend gekeken naar wat voor piekniveaus er op de meetlocaties voorkomen. Vanuit de grote hoeveelheid data is het niet mogelijk om bronnen van piekniveaus aan te wijzen. Wel is het mogelijk om inzichtelijk te maken welke niveaus er voorkomen en hoe vaak op de meetlocaties. Hierbij zijn de metingen vooraf gefilterd om hele korte pieken uit de dataset te verwijderen. Deze niveaus worden bijvoorbeeld veroorzaakt door blaffende honden of een vogel die plots gaat zingen ter hoogte van de microfoon. Om verder zoveel mogelijk uit te gaan van de hier onderzochte bronnen is gekozen om alleen data in oktober te beschouwen, in oktober is minder sprake van stoornis zoals van vogels.

In onderstaande figuur zijn de gemeten geluidsniveaus (per seconde) als functie van percentielen weergegeven. Een percentiel houdt in dat die waarde wordt getoond waarbij er x% van de gemeten waarden lager is dan de percentielwaarde. De 50 percentielwaarde komt overeen met de mediaan, waarbij de helft van de meetpunten hoger was en de helft lager. Bij de 99 percentielwaarde is 99% van de meetpunten lager en 1% hoger.



figuur 40: percentielwaarden in 2014

In de grafiek is te zien dat het op zijn stilst rond de 30-35 dB(A) is. De lawaaierigste momenten variëren van 70-90 dB. Er is een duidelijke kromming in de curve te zien vanaf 95 percentiel voor de locatie van het spoor (dit zijn vrijwel zeker de treinpassages) en rond de 97.5 percentiel bij de overige locaties. Om te onderzoeken welke piekniveaus optreden is nader onderzoek verricht naar de resultaten tussen de 97.5 en 100 percentiel.

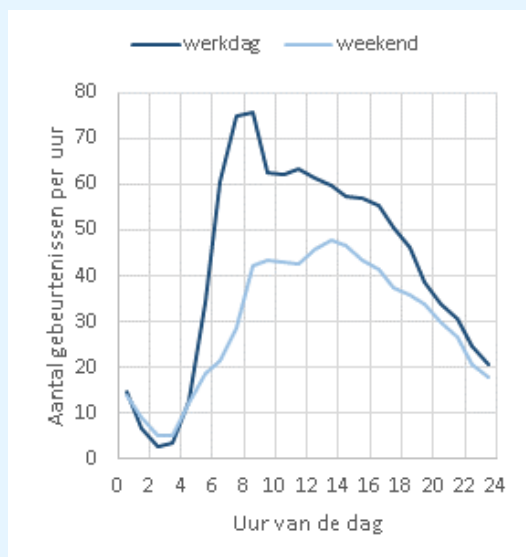


In figuur 41 is te zien dat op alle locaties piekwaarden optreden van meer dan 70 dB(A). Ter hoogte van de locaties Zuidoost en het spoor zijn de piekwaarden het hoogst (circa 82-83 dB(A)), terwijl de locaties Batadorp en Villawijk vergelijkbaar lagere piekwaarden van circa 75 dB(A) tonen.

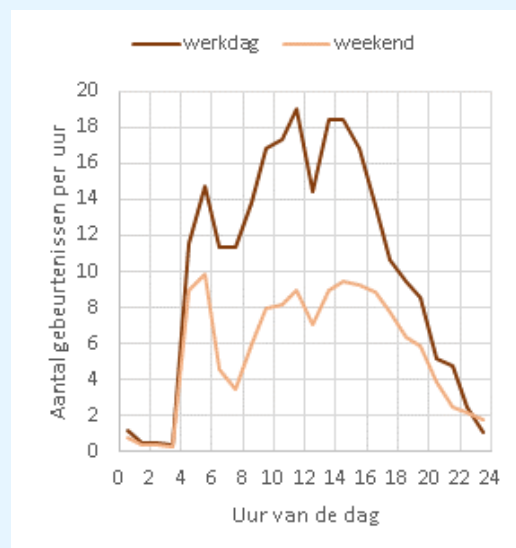
In de figuur is tevens te zien dat de locatie bij het spoor het vaakst hogere geluidsniveaus heeft. Dit is ook logisch vanwege de grote hoeveelheid treinen die passeert. Van de overige locaties heeft de locatie Zuidoost de hoogste piekniveaus.

Naast de percentielwaarden is tevens gekeken hoe vaak een piekniveau van meer dan 60 dB(A) optreedt per dag. Hierbij is gekeken naar het gemiddelde aantal gebeurtenissen van meer dan 60 dB(A) op een werkdag en een weekenddag. Een gebeurtenis is gedefinieerd als één of meerdere seconden waarbij het geluidsniveau boven de 60 dB(A) is.

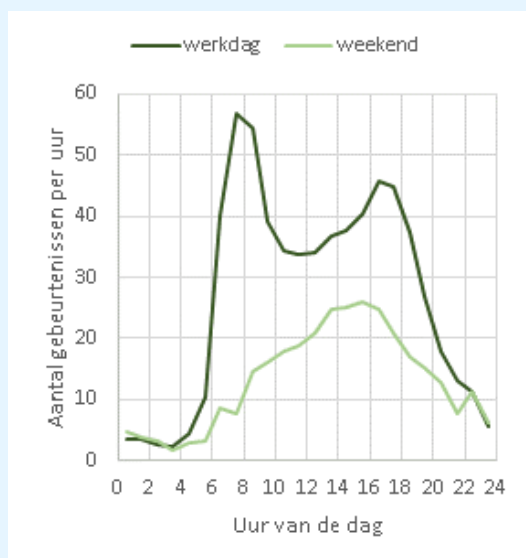
Voor een nadere detaillering/analyse is in onderstaande figuren het verloop gedurende een dag te zien voor de vier locaties.



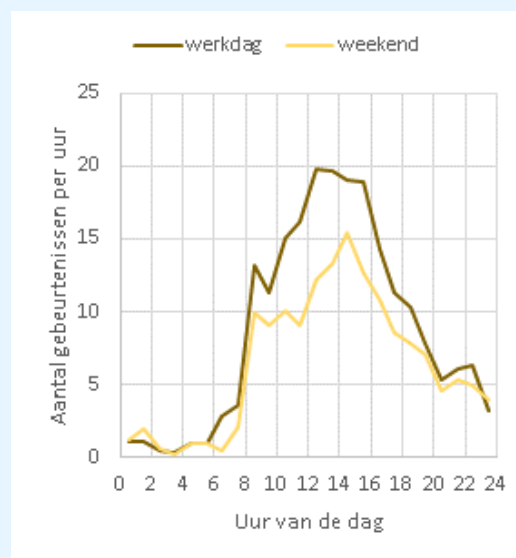
figuur 42: aantal piekniveaus per uur locatie Spoor



figuur 43: aantal piekniveaus per uur locatie Batadorp



figuur 44: aantal piekniveaus per uur locatie Zuidoost



figuur 45: aantal piekniveaus per uur locatie Villawijk

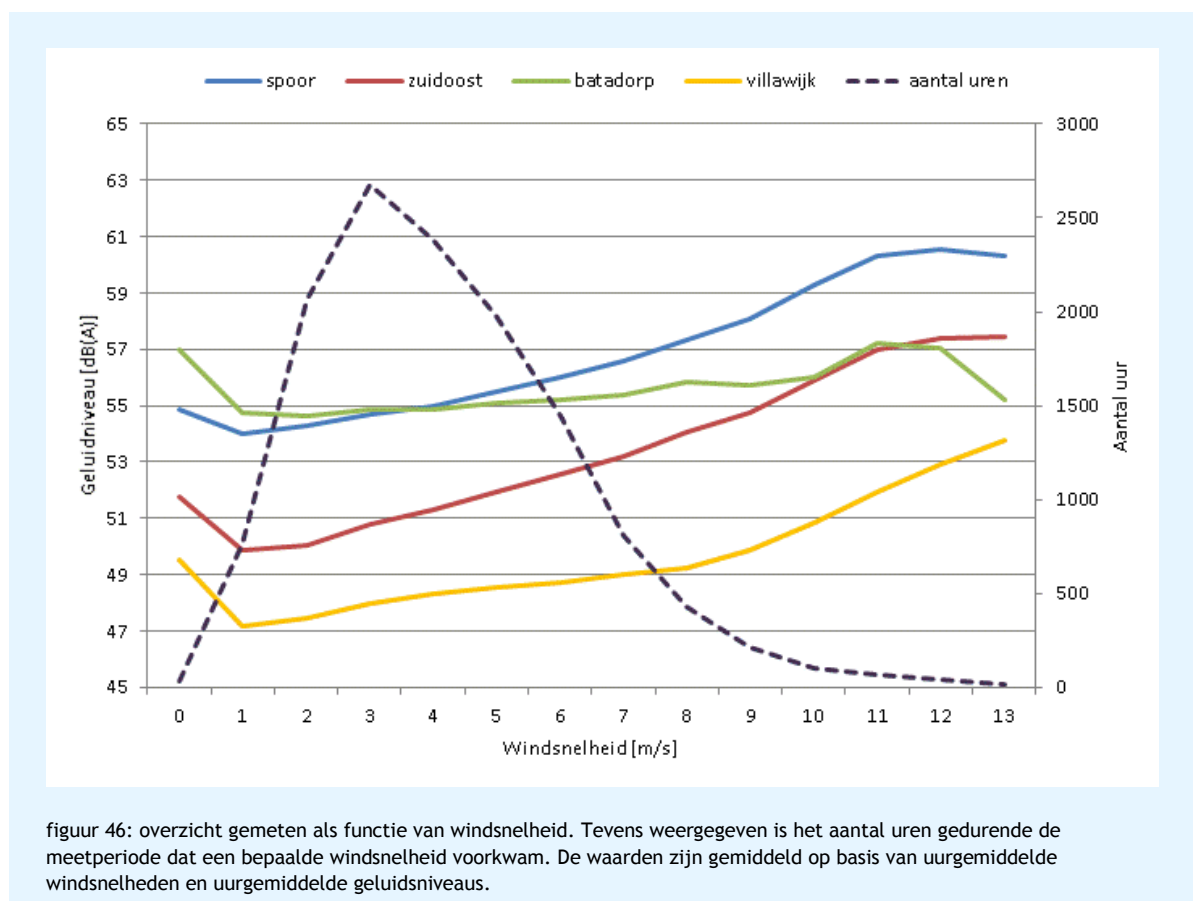
In de figuren is te zien dat er op de locaties Spoor en Zuidoost de meeste piekgeluiden voorkomen. Met name op locatie Zuidoost is de ochtend- en avondspits goed zichtbaar. De piekgeluiden worden hier dan ook veroorzaakt door wegverkeer. Ook op de overige locaties zijn gebeurtenissen met een geluidsniveau van meer dan 60 dB(A) regelmatig te horen, waarbij het in het weekend wel rustiger is dan door de week. In onderstaande tabel is het resultaat uit bovenstaande figuur samengevat. Hierin is te zien hoe vaak er in totaal op een werk- of weekenddag piekgeluiden optreden. Daarbij is onderscheid gemaakt tussen de dagperiode (07.00-19.00), de avondperiode (19.00-23.00) en de nachtperiode (23.00-07.00).

tabel 10: aantal piekgeluiden (gebeurtenis van > 60 dB) per dag in het weekend en op een werkdag

Periode	Spoor		Zuidoost		Batadorp		Villawijk	
	Werkdag	Weekend	Werkdag	Weekend	Werkdag	Weekend	Werkdag	Weekend
Dag	726	498	495	234	180	92	173	121
Avond	128	111	69	47	21	14	26	22
nacht	156	103	72	35	41	27	11	10

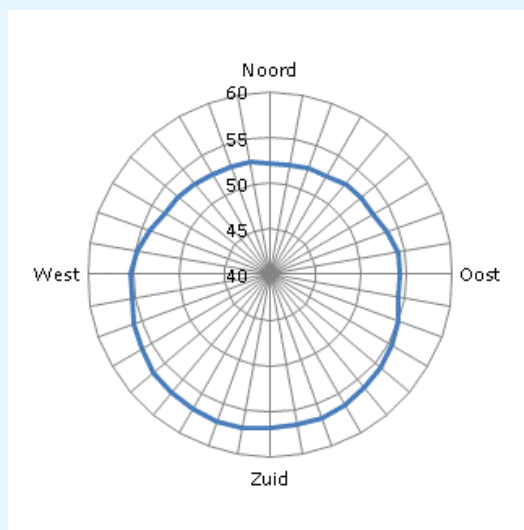
4.9 Effect meteorologie

Aan de hand van een koppeling van geluidsniveaus met windsnelheids- en windrichtinggegevens is een analyse per meetpunt gemaakt van bij welke meteorologische omstandigheden het meeste wegverkeersgeluid wordt gemeten. In navolgende figuur zijn de gemiddelde totaalniveaus als functie van windsnelheid weergegeven.

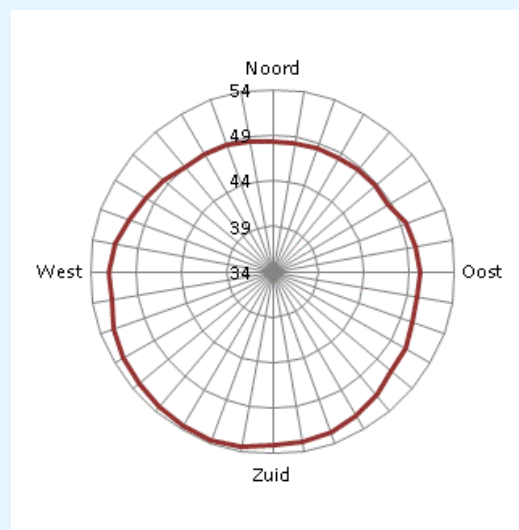


In de volgende figuur is te zien dat bij hogere windsnelheden ook de gemeten geluidsniveaus hoger worden. Uitgezonderd is de locatie Batadorp. De waarden bij hogere windsnelheden zijn onbetrouwbaar vanwege het weinige aantal uren dat dit voorkwam.

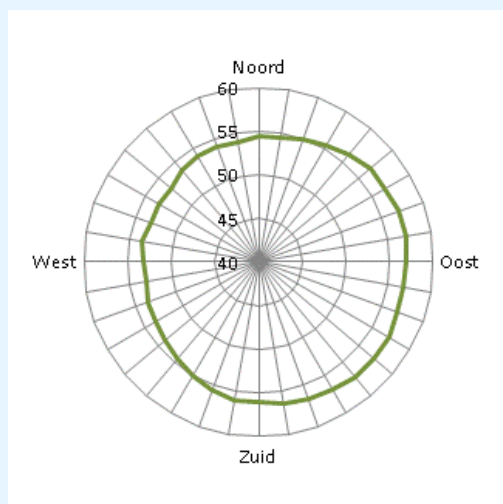
In het volgende overzicht zijn de wegverkeer-/achtergrondgeluidsniveaus als functie van windrichting weergegeven. Daarbij is een overzicht van het gemiddeld geluidsniveau van wegverkeer tussen 07.00 en 19.00 uur als functie van windrichting weergegeven. Metingen zonder of bij veranderlijke wind is buiten beschouwing gelaten.



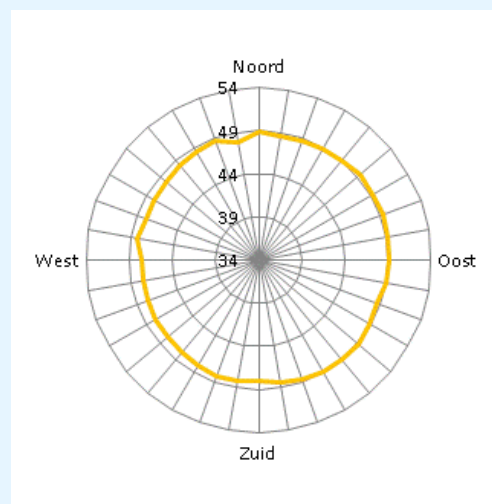
figuur 47: geluidsniveaus als functie windrichting locatie Spoor



figuur 48: geluidsniveaus als functie windrichting locatie Zuidoost

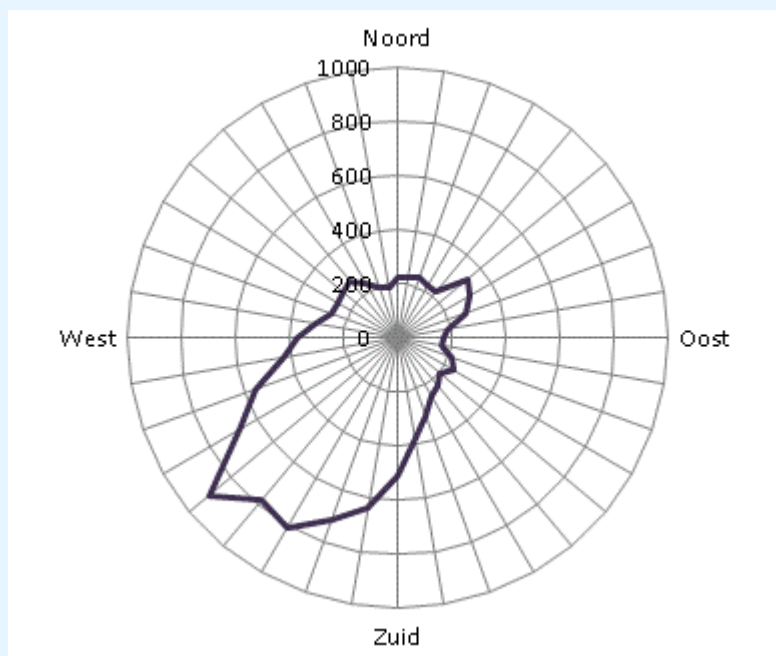


figuur 49: geluidsniveaus als functie windrichting locatie Batadorp



figuur 50: geluidsniveaus als functie windrichting locatie Villawijk

In de figuren is te zien dat er bij locatie Villawijk geen sterke windafhankelijkheid is. Er zijn licht hogere geluidsniveaus bij oostenwind. Voor de locatie bij het spoor worden de hoogste geluidsniveaus gemeten bij zuidenwind. Opvallend is de locatie Zuidoost, waarbij er een duidelijk hoger geluidsniveau is bij oostenwind (Eindhovenseweg en de A2). In Batadorp levert zuidwestenwind juist het hoogste geluidsniveau op (A58). In de volgende figuur is het aantal uren opgenomen dat een bepaalde windrichting voorkwam.

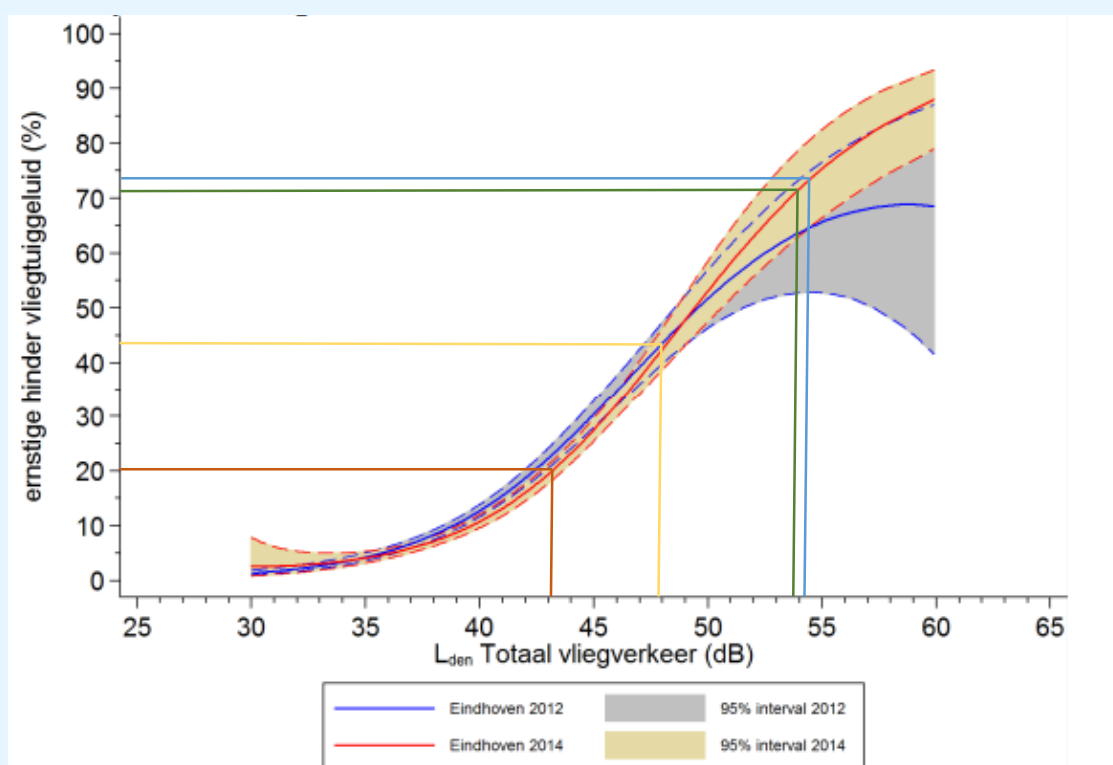


figuur 51: overzicht aantal uren gedurende de dagperiode en over de meetperiode dat een bepaalde windrichting voorkwam. Er is gekeken in stappen van 10 graden (36 windrichtingen).

In bovenstaande figuur is duidelijk te zien dat zuidwestenwind verreweg het vaakst voorkwam. Noorden- en oostenwind komen veel minder vaak voor. Dit verklaart ook het gebruik van de start- en landingsbaan van Vliegveld Eindhoven.

5. Hinderbelevingsonderzoek GGD

Door het Bureau Gezondheid, Milieu & Veiligheid van de GGD'en Brabant/Zeeland is een onderzoek naar de beleving leefomgeving rondom vliegveld Eindhoven¹ uitgevoerd. In het rapport wordt een relatie gelegd tussen de ervaren hinder en geluidsniveaus van vliegtuigen. De relatie die gevonden is is weergegeven in onderstaande figuur. Tevens zijn de gemeten L_{den} geluidsniveaus van het vliegverkeer van de afgelopen vier jaar voor de vier meetlocaties in de figuur getekend. Door deze te vergelijken met de curve is het verwachte aantal gehinderden rond de meetpunten af te lezen.



figuur 52: Blootstelling-respons relaties van het verwachte percentage ernstig gehinderden bij blootstelling aan geluid (L_{den}) van totaal vliegverkeer (burger en militair) rond het vliegveld in Eindhoven (bron: GGD rapport).

Zoals in de figuur te zien is, zijn er ook bij relatief lage geluidsniveaus van 40 tot 45 dB al een significant aantal mensen ernstig gehinderd. In onderstaande tabel zijn de gemiddelde (door SensorNet) gemeten geluidsniveaus van de afgelopen vier jaar (zie ook tabel 8) weergegeven en de bijbehorende percentages ernstig gehinderden (gebaseerd op de meest recente curve van de GGD).

tabel 11: verwacht percentage ernstig gehinderden rond de vier meetpunten

Meetjaar	Spoor	Batadorp	Zuidoost	Villawijk
Geluidsniveaus 2012 t/m 2016	54.2	43.1	53.9	47.9
Percentage ernstig gehinderd	74%	20%	71%	44%

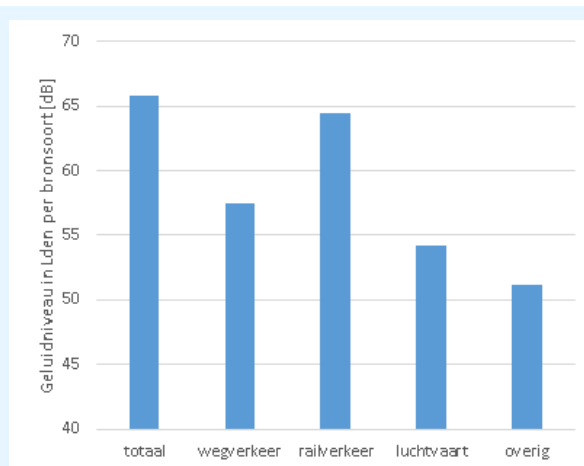
¹ Beleving leefomgeving rondom vliegveld Eindhoven, Tweede meting 2014, Tilburg, juni 2015

In de tabel is te zien dat er op alle vier de locaties een significant aantal inwoners ernstig gehinderd zal zijn vanwege vliegverkeer. Zo is te zien dat er bij Batadorp een L_{den} was van 43.1 dB over de periode (2012-2016). Dit lijkt een relatief lage waarde, toch is 20% van de inwoners bij deze waarde ernstig gehinderd door vliegverkeer. Dit aantal is hoger bij Villawijk met 44% van de inwoners ernstig gehinderd. Rond Zuidoost en het Spoor (direct onder de vliegroute) is dat boven de 70%.

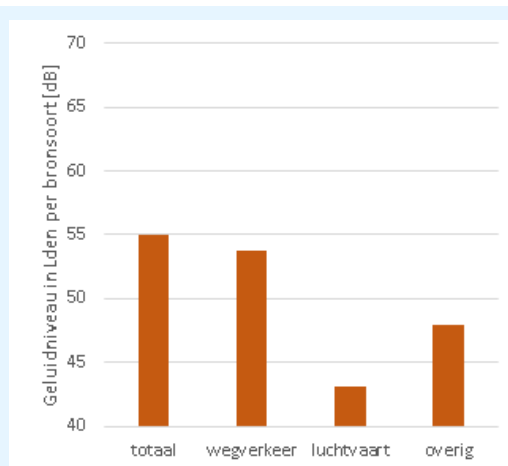
6. Conclusie

Dit rapport betreft een rapportage van vier jaar geluidsmetingen op een viertal locaties te Best. Hierbij is voor de verschillende locaties gekeken naar het omgevingsgeluid vanwege verschillende soorten bronnen. Belangrijke geluidsbronnen zijn wegverkeer, vliegverkeer en railverkeer. Naast totaalniveaus over een periode van vier jaar is ook gekeken naar trends en naar uitschieters (pieken). Ook zijn piekgeluiden vanwege industrie (met name af- en aanrijden vrachtverkeer) onderzocht.

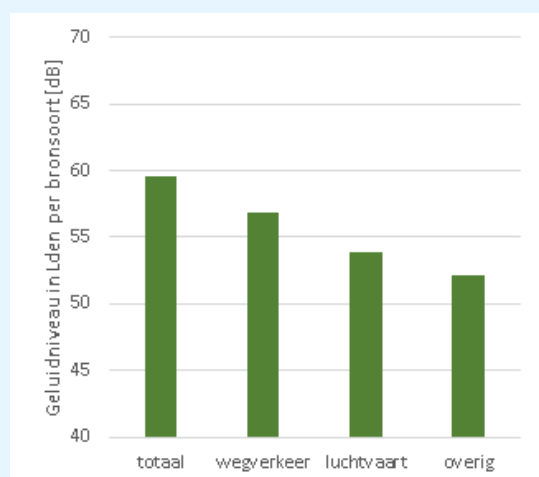
Op basis van de metingen is het totaal geluidsniveau opgesplitst in geluid vanwege railverkeer, wegverkeer, luchtvaart en overig. Het resultaat is in onderstaande figuren te zien.



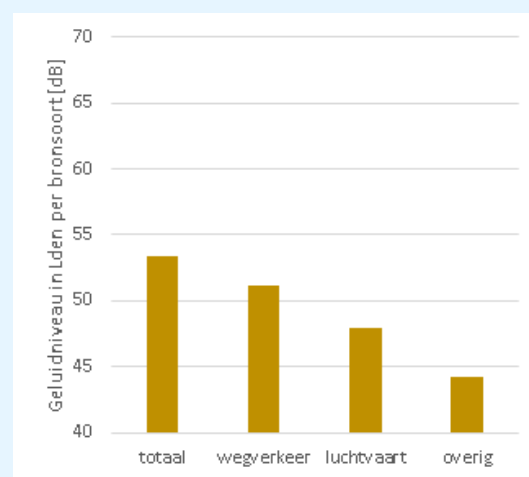
figuur 53: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Spoor



figuur 54: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Batadorp



figuur 55: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Zuidooost



figuur 56: opsplitsing totaalgeluid naar bronsoort locatie Villawijk

In de figuren is te zien dat voor de L_{den} wegverkeer op de meeste locaties maatgevend is. De uitzondering is de locatie langs het spoor waar railverkeer maatgevend is. Luchtvaart heeft echter ook een meetbare invloed op de totaalniveaus. Wanneer gekeken wordt naar de trend over de afgelopen jaren dan zijn de volgende jaargemiddelde niveaus gemeten.

tabel 12: overzicht trends per bronsoort locatie Spoor

Bron	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Totaal	67.3	65.9	64.3	64.9
Wegverkeer	58.0	57.3	57.2	57.2
Railverkeer	66.2	64.7	62.8	63.5
Luchtvaart	53.2	55.5	54.0	53.6
Overig	55.6	46.8	40.0	49.9

tabel 13: overzicht trends per bronsoort locatie Batadorp

Bron	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Totaal	54.1	54.2	55.9	55.5
Wegverkeer	52.6	53.7	54.2	54.1
Luchtvaart	40.9	43.1	44.8	42.6
Overig	48.0	39.1	49.8	49.0

tabel 14: overzicht trends per bronsoort locatie Zuidoost

Bron	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Totaal	59.5	59.1	59.9	59.5
Wegverkeer	56.5	56.8	56.9	57.2
Luchtvaart	51.9	54.6	54.4	54.1
Overig	54.6	46.6	53.3	50.4

tabel 15: overzicht trends per bronsoort locatie Villawijk

Bron	2012/2013	2013/2014	2014/2015	2015/2016
Totaal	53.3	53.4	53.4	53.6
Wegverkeer	51.1	51.3	51.0	51.4
Luchtvaart	46.4	49.2	48.1	47.4
Overig	46.2	28.5	44.5	45.6

In de tabellen is te zien dat de meeste bronsoorten een beperkt verloop laten zien. Opvallend is dat luchtvaart in 2012/2013 relatief stil was. Deze was in de jaren daarna hoger, maar de niveaus zijn het afgelopen jaar niet verder gestegen (terwijl wel het aantal vluchten is toegenomen). Het zal blijken uit de doorlopende metingen of bij de beoogde groei van het vliegveld ook de komende jaren deze bijdrage beperkt kan blijven. Door de GGD is een hinderbelevingsonderzoek vanwege het vliegverkeer rond Eindhoven uitgevoerd. Wanneer de resultaten worden vertaald naar de vier meetlocaties blijkt dat er een significant aantal mensen ernstig gehinderd zijn door het vliegverkeer. Dit varieert van 20% bij Batadorp, 44% bij Villawijk tot boven de 70% voor Spoor en Zuidoost.

Voor industriegeluid in Batadorp blijkt dat pieken boven de 65 dB tussen 08.00 en 09.00 in de ochtend op werkdagen circa 13 keer of seconden per uur voorkomen.

Naast gemiddelde niveaus is ook gekeken naar piekgeluiden. Uit de metingen blijkt dat er (regelmatig) pieken optreden met waarden tussen de 75 en 80 dB(A).

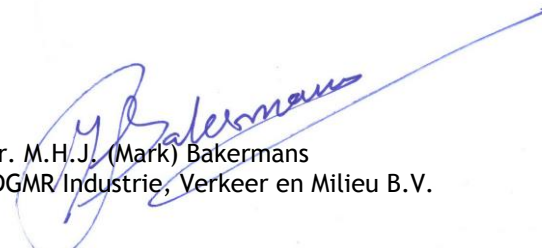
Scheepvaartgeluid is niet geregistreerd, omdat dit onvoldoende onderscheidend vermogen had. De evenementen die plaats hebben gevonden zijn wel herkenbaar, maar hebben geen invloed op L_{den} -waarden over een langere periode. Wel is duidelijk dat windrichting bij een evenement een sterke invloed heeft. Bij (zuid)oosten wind zal een muziekevenement op Aquabest in grote delen van Best te horen zijn.

Voor wegverkeer is op alle meetpunten, met uitzondering van Villawijk, de invloed van windrichting zichtbaar. Ongunstige wind zal leiden tot 3-5 dB hogere geluidsniveaus vanwege wegverkeer vergeleken met gunstige wind.

De meetresultaten zijn ook vergeleken met geluidsniveaus die berekend zijn in het kader van de Europese richtlijn omgevingslawaai. Uit deze metingen blijkt dat het geluidsniveau van het weg- en railverkeer redelijk overeenkomt met de berekeningen. Deze kaart laat alleen een jaargemiddelde waarde zien, uit dit rapport blijkt dat er binnen een jaar een flinke variatie aan geluidsniveaus zijn en er ook piekniveaus te constateren zijn.

Luchtvaart is niet gerapporteerd in L_{den} voor de Europese richtlijn, waardoor er geen vergelijking tussen meting en berekening heeft plaatsgevonden.

Doordat de metingen doorlopen wordt de vinger aan de pols gehouden wat het effect is van de toenemende aantallen vluchten en de groei van het wegverkeer. Deze toename (ook voor industrie) zal met het economische herstel de komende jaren mogelijk sneller gaan dan tot nu toe.



ir. M.H.J. (Mark) Bakermans
DGMR Industrie, Verkeer en Milieu B.V.

Bijlage 1

Titel	Begrippenlijst en overzicht nauwkeurigheden meetsysteem
-------	---

Begrippenlijst

begrip/terminologie	notatie	omschrijving
Immissiepunt		De plaats waar het geluidsniveau wordt bepaald.
Emissie		De hoeveelheid geluid die door een bron wordt geproduceerd.
Stoorgeluid		Het op een bepaalde plaats optredende geluid, veroorzaakt door andere geluidsbronnen dan die waarvan het geluidsniveau wordt bepaald.
Dagperiode		De beoordelingsperiode van 07.00 tot 19.00 uur.
Avondperiode		De beoordelingsperiode van 19.00 tot 23.00 uur.
Nachtperiode		De beoordelingsperiode van 23.00 tot 07.00 uur.
Meethoogte	Hm [m]	De hoogte van het immissiepunt boven maaiveld, waarop de microfoon voor de geluidsmetingen zich bevindt.
Equivalent geluidsniveau	L _{Aeq} [dB(A)]	Het energetisch gemiddelde van de fluctuerende niveaus van het ter plaatse, in de loop van een bepaalde periode optredende geluid (T)
Sound Exposure Level (SEL)	dB(A)	Het geluidsdrukkniveau dat gedurende 1 seconde dezelfde hoeveelheid energie (dosis) vertegenwoordigt als het werkelijke geluid in de tijd T.
Maximale geluidsniveau	L _{Amax} [dB(A)]	Het maximaal te meten A-gewogen geluidsniveau in de meterstand 'fast' en gecorrigeerd voor de meteocorrectieterm C _m .
L _{den}	L _{den} [dB]	Het gewogen gemiddelde geluidsniveau over een dag. Geluid over de avondperiode krijgt een toeslag van 5 dB en over de nachtperiode van 10 dB. De waarde wordt met de volgende formule berekend: $L_{den} = 10 \cdot 10^{\log \frac{12 \cdot 10^{\frac{L_{day}}{10}} + 4 \cdot 10^{\frac{L_{evening}+5}{10}} + 8 \cdot 10^{\frac{L_{night}+10}{10}}}{24}}$

Onnauwkeurigheden

Inleiding

De centrale vraag met betrekking tot meetonnauwkeurigheden wordt omschreven als:

Wat zijn de onnauwkeurigheden binnen het project en kunnen deze worden gekwantificeerd?

De nauwkeurigheid van een meetsysteem wordt door meerdere factoren bepaald, zoals de microfoon, de geluidsmeter, de kalibratie, de geluidsoverdracht, de bronsterkte en de herkenning.

De nauwkeurigheid is daarmee niet alleen afhankelijk van de nauwkeurigheid van de meetapparatuur, maar ook van de meetmethode. In dit hoofdstuk worden de verschillende onnauwkeurigheden beschouwd.

De theorie van foutenanalyse kent een scheiding tussen twee soorten fysische metingen, namelijk: *Reproduceerbare metingen*: hier worden de fouten die worden gemaakt aangeduid als een absolute fout of relatieve fout.

Niet-reproduceerbare metingen: hier worden de fouten die worden gemaakt aangeduid als een toevallige of statistische fout.

In de literatuur worden verschillende synoniemen gebruikt voor hetzelfde fenomeen: foutenanalyse, meet(on)nauwkeurigheid, meettolerantie of (fout)marge. In alle gevallen wordt bedoeld dat een meetresultaat nimmer 100% juist is. Elk meettoestel heeft zijn beperkingen. Bij een fysische meting moet altijd bekend zijn wat de meetnauwkeurigheid is. De meetnauwkeurigheid moet gezien worden als een kenmerkende eigenschap van het meetapparaat.

Een meetnauwkeurigheid bij reproduceerbare metingen kan op verschillende manieren worden gedefinieerd. Een bekende methode is het definiëren van de relatieve nauwkeurigheid als een vast percentage van de gemeten waarde of van volle schaal ($n\%$ (F.S.)). Een andere methode is het definiëren van de absolute meetnauwkeurigheid (± 0.1 mm, ± 1 m/s, ± 1 dB). Uiteindelijk komt het erop neer, dat de meetnauwkeurigheid een interval van het meetbereik definieert, waarbinnen de gezochte waarde met zekerheid ligt. Indien met één meetapparaat onder volkomen identieke omstandigheden een reproduceerbare meting wordt verricht, zal de meetfout telkens gelijk zijn en een systematische afwijking geven.

Een meetnauwkeurigheid bij niet-reproduceerbare metingen heeft een statistisch karakter. Door het uitvoeren van meerdere metingen onder gelijke omstandigheden treedt toch een spreiding in de meetwaarde op. Met behulp van statistische technieken, zoals het berekenen van de standaarddeviatie, kan een uitspraak gedaan worden over de meetnauwkeurigheid.

Indien een waarde wordt afgeleid, dus berekend, uit diverse gemeten waarden, dan werkt de meettolerantie van alle afzonderlijk gemeten waarden door in de nauwkeurigheid van de berekende waarde.

Zowel de standaardrekenmethode II uit het Reken- en meetvoorschrift geluidhinder 2006, de Handleiding meten en rekenen industrielawaai uit 1981 (IL-HR-13-01) als de versie uit 1999 (HMRI) beschrijven eenduidig, dat geluidsmetingen reproduceerbaar moeten zijn (respectievelijk pagina 1-19 en pagina 33 in beide laatstgenoemde handleidingen). Dit rechtvaardigt de conclusie dat bij een enkele geluidsmeting altijd een meettolerantie aanwezig is.

Bij het meten van een geluidsniveau met behulp van een geluidsmeter is ook sprake van een meettolerantie. Hierbij spelen twee meettoleranties een rol:

- De meettolerantie van de geluidsmeter. Dit is een reproduceerbare meetfout, met de bijbehorende absolute of relatieve fout.
- De variatie in de gebeurtenis, die gemeten wordt. Dit is een niet-reproduceerbare meetfout, met de bijbehorende statistische fout.

Toegepast op een meetmast langs het spoor zal uiteraard de meettolerantie van de geluidsmeter altijd aanwezig zijn. Echter, van een niet-reproduceerbare meetfout ten gevolge van de gemeten gebeurtenis is geen sprake. Dit wordt nader toegelicht.

Een meetmast staat opgesteld langs of in de nabijheid van het spoor. Het meetsysteem bepaalt telkens over een periode van één seconde het equivalente geluidsniveau en bewaart deze waarde. De één seconde-waarden zijn onderling geheel onafhankelijke meetwaarden. Immers, elke waarde beschrijft het geluid over een periode van de voorgaande ene seconde. Wat er in de n-de meetperiode gebeurt, heeft niets te maken met wat er in de voorafgaande (n-1)-de periode gebeurde of wat er in de volgende (n+1)-de periode zal gaan gebeuren. Een dag bestaat uit allerlei gebeurtenissen, het ene moment komen er meerdere treinen voorbij en enkele momenten later is sprake van geen enkele trein.

De essentie van het voorgaande is, dat er geen sprake is van een herhaalde meting van een reproduceerbare gebeurtenis. Statistische technieken mogen derhalve niet worden toegepast tussen de verschillende één seconde-waarden. Tevens zal in elke één seconde-waarde dezelfde systematische afwijking van de geluidsmeter zitten en daarmee ook in het berekende geluidsniveau over de gehele periode.

De meettolerantie van de meetketen in de meetmast wordt daarmee bepaald door de nauwkeurigheid van de geluidsmeter. Hiermee komen we bij de meetapparatuur, hetgeen in de navolgende paragrafen is beschreven.

Nauwkeurigheid meetapparatuur

Het meetsysteem voldoet conform opgave niet formeel aan de eisen van de norm IEC-651. Wel is er sprake van een microfoon volgens klasse 2. Bij ieder bezoek ter plaatse wordt de meetketen gekalibreerd. Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat de nauwkeurigheid van het meetsysteem overeenstemt met de eisen van de norm IEC-651, klasse 2 met uitzondering van de meetpositie langs het spoor waar gebruik is gemaakt van een meetsysteem overeenkomstig de eisen van de norm IEC-651, klasse 1.

Binnen deze norm wordt de tolerantie in het totaal gemeten geluidsniveau niet gedefinieerd. Wel wordt voor de verschillende klassen aangegeven wat de toegestane toleranties [in dB] zijn in de verschillende weegfilters (tertsbanden).

Nominal frequency [Hz]	Type 1	Type 2
20	± 2	±
25	±1.5	±2
31.5	±1.5	±2
40	±1.5	±2
50	±1.5	±2
63	±1.5	±2
80	±1.5	±2
100	±1	±1.5
125	±1	±1.5
160	±1	±1.5
200	±1	±1.5
250	±1	±1.5
315	±1	±1.5
400	±1	±1.5
500	±1	±1.5
630	±1	±1.5
800	±1	±1.5
1000	±1	±1.5
1250	±1	±1.5
1600	±1	±2
2000	±1	±2
2500	±1	±2.5
3150	±1	±2.5
4000	±1	±3
5000	±1.5	±3.5
6300	+1.5 / -2	±4.5
8000	+1.5 / -3	±5
10000	+2 / -4	+5 / -∞

Toleranties op de frequentiekaracteristiek voor verschillende types geluidsniveaumeters volgens IEC 651 (Info: IEC 651)

De akoestisch relevante octaafbanden lopen van 31.5 tot en met 8.000 Hz. Over het grootste en maatgevende deel van het spectrum is de absolute fout ± 1.5 dB. In de praktijk zullen de laagste en hoogste octaafbanden slechts in geringe mate bijdragen aan het totaalniveau.

Het is derhalve een verdedigbare aanname om te stellen dat het gemeten, totale geluidsniveau van het klasse 1 meetsysteem een absolute fout van ± 1 dB bevat. Voor de andere systemen kan worden uitgegaan van een absolute fout van ± 1.5 dB.

Overigens is in norm IEC-61672 voor alle bedrijfscondities van een geluidsmeter de toegestane tolerantie gedefinieerd. De toleranties in de weegfilters wijken af van de IEC-651 (grotere toleranties zijn toegestaan). Er zijn toegestane toleranties ten gevolge van de level linearity (± 1.1 dB), toneburst response (niet constante signalen, ± 0.8 dB), variatie als gevolg van minimale en maximale voedingsspanning (± 0.3 dB), luchtdruk (± 0.7 dB), temperatuur (± 0.8 dB), relatieve vochtigheid (± 0.8 dB) en de invloed van elektromagnetische straling (± 1.3 dB).

Veel van deze toleranties tellen op, zodat een totale tolerantie van meerdere dB's theoretisch mogelijk is. In de praktijk zal sprake zijn van uitmiddeling.

Het is van belang gedurende de metingen de varianties van alle meetsystemen hetzelfde te houden. Naast het feit dat continu met dezelfde meetsystemen op relatief korte afstand van elkaar wordt gemeten, wordt elk bezoek ook gekalibreerd met dezelfde kalibrator.

Vanuit het meetsysteem worden de resultaten verder digitaal verzonden en opgeslagen. Van fouten tijdens verzending en opslag is geen sprake.

Uit het voorgaande blijkt dat een meettolerantie tot 1.5 dB voor het meetpunt langs het spoor tot 2 dB voor de andere meetpunten als redelijk mag worden beschouwd.