DEKRA Rail

Geluid- en trillingsmetingen aan veegvoertuigen

meting 03-06-2021

23 juni 2021

DEKRA



Geluid- en trillingsmetingen aan veegvoertuigen

Opdrachtgever	:	Gemeente Amsterdam
	:	t.a.v. [redacted]
Adres	:	Jacob Bontiusplaats 11
	:	2516 AA Amsterdam
Uw kenmerk	:	Routecode: [redacted] Kostenplaats: [redacted]
Ons kenmerk	:	DR/21/210155/002
Auteur(s)	:	[redacted]
Onderzoek	:	[redacted]
Referent	:	ing. [redacted]
Vrijgave	:	[redacted]
Datum	:	23 juni 2021
Versie	:	0.1 concept

© 2021 DEKRA Rail bv
Concordiastraat 67, 3551 EM, Utrecht, Nederland.
Niets uit dit rapport mag worden gebruikt voor andere doeleinden dan door de opdrachtgever met DEKRA Rail is overeengekomen.

Managementsamenvatting

Bij de Gemeente Amsterdam zijn ten gevolge het gebruik van een ander type straatveegmachine veel klachten vanwege geluid- en trillingsoverlast binnen gekomen. Om een duidelijk beeld te krijgen van de werkelijke geluid- en trillingsemissie zijn er vergelijkende geluid- en trilingsmetingen uitgevoerd aan vier verschillende veegmachines. Tevens zijn er geluidmetingen in de cabine van de machines uitgevoerd.

Het doel van de metingen is het vast stellen van de verschillen in de optredende trillings- en geluidsniveaus tijdens het normale straatveegproces van de verschillende machines.

Uit de resultaten van de geluidsmetingen blijkt:

- Stationair en tijdens transport is de E-swingo minimaal 10 dB(A) stiller dan de overige voertuigen.
- Tijdens het zuigen en/of vegen zit er maximaal 4 dB(A) verschil tussen de vier geteste voertuigen.
- Bij alle vier de voertuigen zijn de borstel en zuiginstallatie verantwoordelijk voor de geluidemissie.
- Bij de Ravo 540 en de Swingo 200 diesel veroorzaakt het uit schakelen van de zuiginstallatie een verlaging van circa 1.5 dB(A) op de geluidemissie.
- De hoogste geluidemissie is gemeten aan de Cleango compact 500 en is 78 dB(A) waarbij er geen verschil is geconstateerd tussen het gebruik van de borstels inclusief zuigmond en alleen de borstels.
- Geluidemissieniveaus tussen 70 en 80 dB(A) kunnen in een rustige omgeving duidelijk hoorbaar zijn.
- Uit een frequentieanalyse blijkt dat de E-Swingo tijdens het borstelen en zuigen in de frequentieband van 315 Hz een piek in het spectrum heeft die ongeveer 5 dB boven de nevenbanden uit komt. Deze piek wordt veroorzaakt door elektrische componenten en heeft een maximum niveaus van 63 dB(A) en kan in een rustige omgeving hoorbaar zijn.
- De frequentiespectra geanalyseerd uit de resultaten van de Ravo 540 en de Swingo 200 diesel vertonen geen pieken die significant boven de nevenbanden uit komen.

Samenvattend kan gesteld worden dat er maximaal 4 dB(A) verschil zit in de door de in werking zijnde veegvoertuigen geproduceerde geluidniveaus. De Cleango compact 500 is 2 tot 3 dB(A) luidruchtiger dan de overige veegvoertuigen.

Uit resultaten van de trillingsmetingen blijkt dat de trillingsniveaus op de geteste locatie dermate laag zijn dat hieruit geen hinder kan worden verwacht. Echter het doorgeven van trillingen vanaf machines naar de omgeving en bebouwing is sterk afhankelijk van de bodemgesteldheid. Als er bepaald locaties zijn waar aantoonbaar trillingshinder optreedt kan het beste op deze betreffende locaties gemeten worden.

Inhoudsopgave

Managementsamenvatting **2**

Inhoudsopgave **3**

1 Inleiding **4**

2 Vraagstelling **4**

3 Opzet en uitvoering van de metingen **4**
3.1 Meetlocatie 4
3.2 Uitvoering metingen 5
3.3 De veegvoertuigen 6
3.4 Uitvoering en verwerking van de geluidmetingen 6
3.5 Uitvoering en verwerking van de trillingsmetingen 7

4 Resultaten **7**
4.1 Resultaten geluidmetingen 7
4.2 Resultaten trillingsmetingen 10

5 Conclusie **11**

Bijlage 1: Maximaal optredende geluidsniveaus **12**

Bijlage 2:Gemiddelde frequentiespectra **13**

Bijlage 3: Gebruikte apparatuur en meteo-gegevens **15**

1 Inleiding

Bij de Gemeente Amsterdam zijn ten gevolge het gebruik van een ander type veegmachine veel klachten vanwege geluid- en trillingsoverlast binnen gekomen. Vanuit bepaalde woonwijken zelfs in die mate dat de Gemeente Amsterdam heeft besloten de nieuwe veegmachine in deze wijken niet in te zetten.

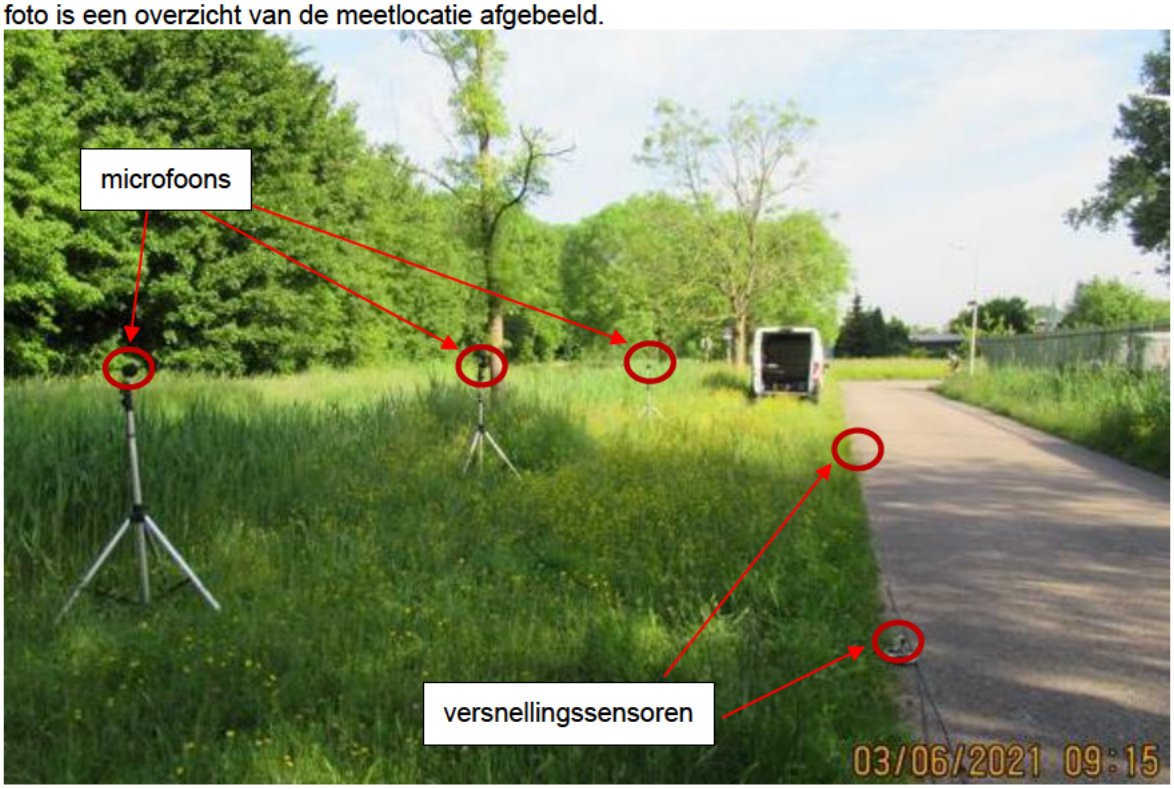
2 Vraagstelling

Het doel van de metingen is het vaststellen van de verschillen in de optredende trillings- en geluidsniveaus tijdens het normale straatveegproces van de verschillende machines. Tevens zijn de geluidniveaus in de cabines geregistreerd.

3 Opzet en uitvoering van de metingen

3.1 Meetlocatie

De vergelijkende metingen zijn uitgevoerd op en naast het geasfalteerde wegdek van de Buitengouw in Amsterdam. Dit is nabij de gemeentewerf Volendammerweg. Op de onderstaande foto is een overzicht van de meetlocatie afgebeeld.

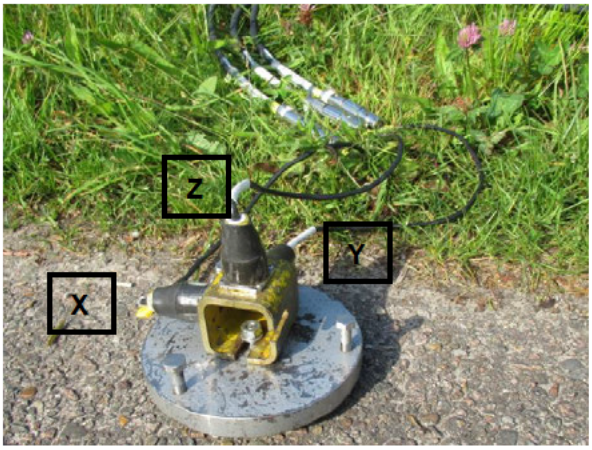


Figuur 1: Overzicht meetlocatie.

De geluidmetingen zijn uitgevoerd met behulp van drie microfoons die met een onderlinge afstand van 15 m op een afstand van 7.5 m vanaf de veeglijn op de straat zijn geplaatst. De veeglijn bevond zich op 1 m vanaf de rand van de weg.
De geluidniveaus zijn geregistreerd op 1.50 m boven lokaal maaiveld.
De trillingsmetingen zijn uitgevoerd op twee punten op maaiveldniveau, op 0.80 m vanaf de veeglijn.
De trillingen zijn vastgelegd in drie richtingen, aangeduid met x, y en z. De richting x is hierbij gelijk aan de lengterichting van het veegspoor/rijweg van de veegmachines, y is de horizontale richting haaks op het veegspoor en z is verticaal omhoog. In de foto's 1 en 2 zijn enkele meetpunten weergegeven.



Figuur 2: Geluid- en trillingsmeetpunt



Figuur 3: Detail drie trillingssensoren.

3.2 Uitvoering metingen

De metingen zijn uitgevoerd op 3 juni 2021. Tijdens de meetperiode was het droog met een windkracht tussen 1 en 2 Bft. De temperatuur varieerde tussen 18 en 25 °C.
Aan de verschillende voertuigen zijn metingen uitgevoerd tijdens de volgende bedrijfstoestanden:

- Stationair lopende motor;
- Transport met snelheid 25 km/h;
- Werkstand met draaiende borstels, voertuigsnelheid 10 km/h;
- Werkstand met draaiende borstels en zuigmond in werking, voertuigsnelheid 10 km/h.

Voor uitvoering van de stationaire metingen zijn de voertuigen stilstaand recht voor een microfoon gezet. Voor de passage metingen zijn de voertuigen rijdend over de veeglijn voorbij de meetpunten

gereden. Voor elk voertuig/machine zijn voor iedere bedrijfstoestand minimaal drie metingen uitgevoerd.

3.3 De veegvoertuigen

De vergelijkende metingen zijn uitgevoerd aan de in tabel 1 vermelde voertuigen. Het betreft vier bij de Gemeente Amsterdam in gebruik zijnde veegvoertuigen.

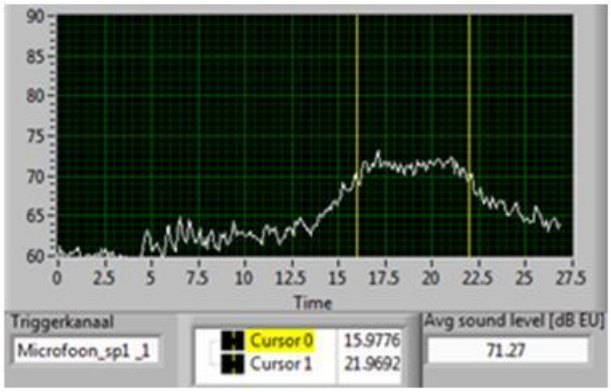
Tabel 1: Geteste veegvoertuigen.

Type	Merk	Aandrijving	A-nummer
Ravo 540	Ravo	Diesel	A00520
E-Swingo	Aebi Schmidt	Elektrisch	A01812
Cleango Compact 500	Aebi Schmidt	Diesel	A01711
Swingo	Aebi Schmidt	Diesel	A00527

Vanwege het lage stationaire geluidsniveau van de E-Swingo zijn de stationaire metingen op 1 meter afstand uitgevoerd.
De gebruikte meetapparatuur is vermeld in bijlage 6.

3.4 Uitvoering en verwerking van de geluidmetingen

Tijdens de metingen zijn alle meetsignalen “in ruwe vorm” digitaal geregistreerd.
Achteraf heeft verwerking en analyse van de meetsignalen plaatsgevonden. Per meting zijn van alle geluidmeetpunten per 100 ms de geluidsniveaus berekend in 1/3 octaven met middenfrequenties van 20 Hz tot en met 10 kHz. Vervolgens is van het meetsignaal tussen de -10 dB punten bepaald wanneer het voertuig de meetmicrofoon passeert, zie figuur 4.



Figuur 4: Principe bepaling equivalente en maximale geluidniveaus per passage.

Van iedere passage zijn over de periode tussen de -10dBpunten per meetpunt het equivalente geluidniveau (L_{Aeq}), het maximaal optredende geluidniveau (L_{Amax}) en het gemiddelde 1/3 octaafbandspectrum bepaald.

3.5 Uitvoering en verwerking van de trillingsmetingen

De bodemtrillingen zijn verwerkt conform SBR-richtlijn B (hinder voor personen in gebouwen) [1]. Van elke voertuigpassage zijn voor de meetpunten op de bodem de $v_{eff,max}$-waarden bepaald uit de gemeten versnellingssignalen.

In de SBR-richtlijn wordt voor de verwerking van de metingen geen verschil gemaakt in de richting waarin de trilling is gemeten. Uitgangspunt in de analyses is daarom de hoogste waarde per meetpunt (het maximum van de $v_{eff,max}$-niveaus in de drie meetrichtingen x, y en z).
In de SBR-richtlijn B zijn de onderstaande relaties aangegeven tussen de waarden van V_{max} en de mate van hinder in gebouwen.

V_{max}	Waarneming	Hinderkwalificatie
<0.1	niet voelbaar	geen hinder
0.1-0.2	juist voelbaar	weinig hinder
0.2-0.8	juist voelbaar tot goed voelbaar	matige hinder
0.8-3.2	goed voelbaar tot sterk voelbaar	Hinder
>3.2	zeer sterk voelbaar	ernstige hinder

De beoordelingsgrootheid V_{max} is de hoogste waarde van $V_{eff,max}$ op een bepaalde positie gedurende een bepaalde periode.

4 Resultaten

4.1 Resultaten geluidmetingen

In onderstaande tabel 2 zijn de gemiddelde geluidsniveaus op 7,5 m weergegeven die zijn bepaald uit minimaal drie metingen tijdens de bedrijfstoestand “stationair” en tijdens de passages in de overige bedrijfstoestanden. Vanwege de lage geluidemissie is het stationaire geluid van de E-Swingo gemeten op 1 meter afstand. Naast de meetwaarden is de standaardafwijking ten opzichte van het gemiddelde vermeld.

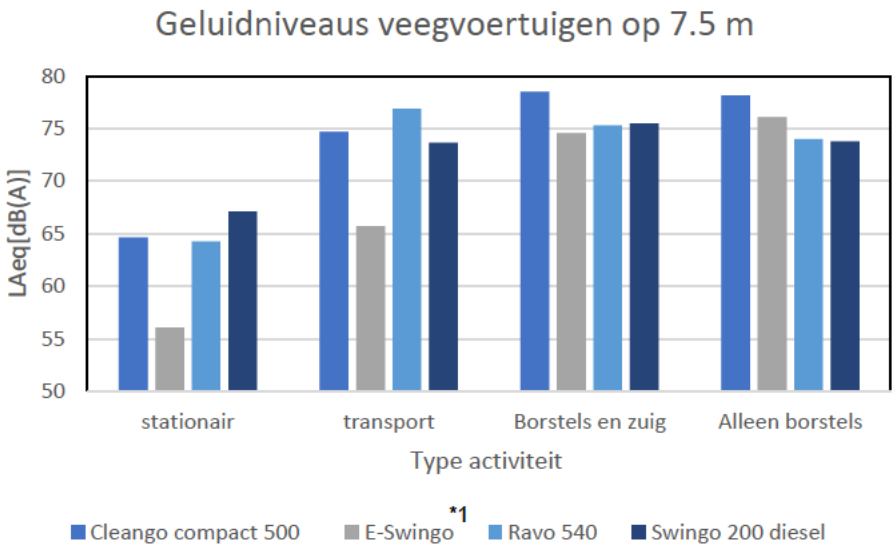
Tabel 2:gemiddelde equivalente geluidniveaus per bedrijfstoestand

	Geluidsniveau [dB(A)] veegvoertuigen op 7.5 m							
Bedrijfstoestand	Cleango compact 500	stdev	E-Swingo	stdev	Ravo 540	stdev	Swingo 200 diesel	stdev
stationair	64.6	0.6	56.1*1	0.4	64.3	0.4	67.1	0.4
transport	74.7	1.2	65.7	1.2	76.9	3.1	73.6	0.9
Borstels en zuig	78.5	0.5	74.6	0.7	75.3	0.8	75.5	0.4
Alleen borstels	78.2	0.8	76.1	0.4	74.0	0.1	73.8	0.3

*1 Staionair geluid van de E-Swingo is gemeten op 1 m afstand

Stationair en tijdens transport is de E-swingo minimaal 10 dB(A) stiller dan de overige voertuigen, Tijdens het zuigen en/of vegen zit er maximaal 4 dB(A) verschil tussen de vier geteste voertuigen. Bij alle vier de voertuigen zijn de borstel en zuiginstallatie verantwoordelijk voor de geluidemissie.

Bij de Ravo 540 en de Swingo 200 diesel heeft het uit schakelen van de zuiginstallatie een verlaging van circa 1.5 dB(A) op de geluidemissie.
Het hoogste geluidsniveau is gemeten aan de Cleango compact 500 en is 78 dB(A) waarbij er geen verschil is geconstateerd tussen het gebruik van de borstels inclusief zuigmond en alleen de borstels.
In figuur 5 zijn de gemiddelde geluidsniveaus per bedrijfstoestand weergegeven.



*1 Staionair geluid van de E-Swingo is gemeten op 1 m afstand

Figuur 5: Gemiddelde equivalente geluidsniveau van de verschillende veegvoertuigen.

In bijlage 1 zijn van deze metingen de maximale geluidsniveaus zowel in tabel als grafiekvorm weergegeven.
Dit zijn de absoluut maximale geluidniveaus die tijdens de meting zijn opgetreden.

In onderstaande tabel 3 zijn de gemiddelde geluidniveaus weergegeven die zijn gemeten in de cabines tijdens de bedrijfstoestand stationair en tijdens de passages in de overige bedrijfstoestanden waarin de voertuigen zijn gemeten.

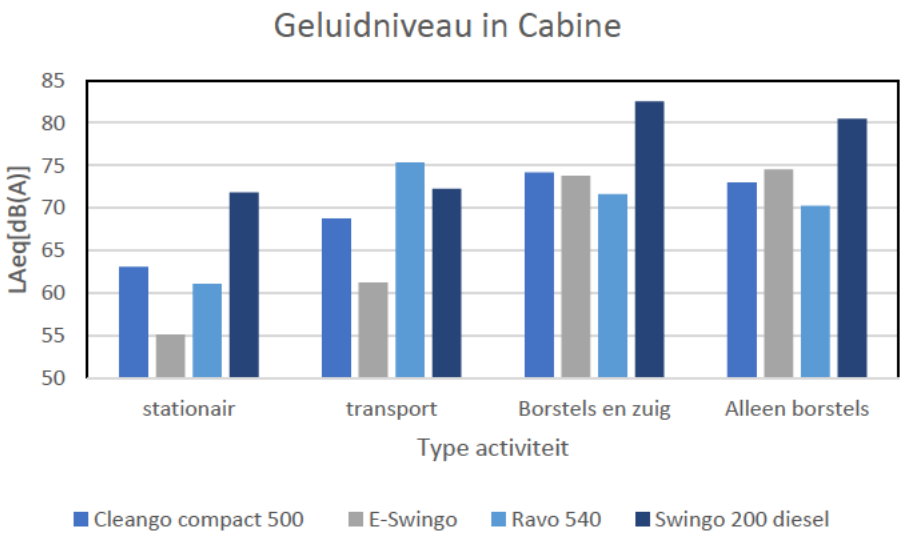
Tabel 3: Gemiddelde geluidniveaus gemeten in de cabine

	Geluidniveau [dB(A)] in Cabine							
Bedrijfstoestand	Cleango compact 500	stdev	E-Swingo	stdev	Ravo 540	stdev	Swingo 200 diesel	stdev
stationair	63.1	0.2	55.1	0.7	61.1	0.2	71.9	0.8
transport	68.7	2.0	61.2	1.3	75.4	0.3	72.2	0.3
Borstels en zuig	74.2	0.6	73.8	0.3	71.6	0.2	82.5	0.2
Alleen borstels	73.0	0.2	74.6	0.4	70.2	1.5	80.5	1.8

Opvallend zijn de relatief hoge geluidniveaus die in de cabine van de Swing 200 diesel zijn gemeten. Tijdens het borstelen en borstelen in combinatie met zuigen zijn geluidniveaus van gemiddeld 80 en 82 dB(A) vastgesteld. Gezien het relatief grote verschil in het geluidniveau met de

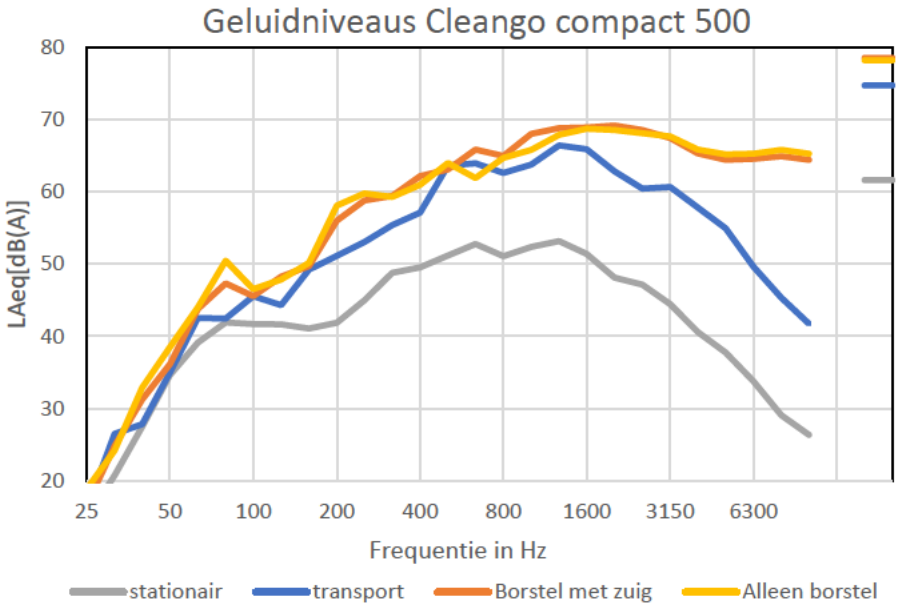
andere voertuigen is de cabine van deze Swing 200 diesel wellicht niet representatief voor zijn type. Verificatie bij de gebruikers is aan te bevelen.
Bij een blootstelling van circa 5 uur moeten bij een gemiddeld geluidsniveaus van 82dB(A) gehoorbeschermingsmiddelen beschikbaar worden gesteld. Bij de overige veegvoertuigen variëren de geluidniveaus in de cabine tussen 70 en 75 dB(A).

In figuur 6 zijn de gemiddelde geluidniveaus per bedrijfstoestand weergegeven.



Figuur 6: : Gemiddelde equivalente geluidniveaus van de verschillende veegvoertuigen

Als voorbeeld zijn in figuur 7 de frequentiespectra geanalyseerd uit de geluidniveaus gemeten aan de Cleango compact 500 weergegeven.



Figuur 7: Gemiddelde frequentiespectra gemeten aan de Cleango compact 500.

Uit het relatief egale verloop van de frequentiespectra valt op te maken dat tijdens de geteste bedrijfstoestanden er geen bijzondere zuivere tonen door de Cleango compact 500 worden gegenereerd.

De overige frequentiespectra zijn in bijlage 2 weergeven.
Uit deze frequentiespectra blijkt dat de E-Swingo tijdens het borstelen en zuigen in de frequentieband van 315 Hz een piek in het spectrum heeft die ongeveer 5 dB boven de nevenbanden uit komt. Deze piek wordt veroorzaakt door elektrische componenten en heeft een maximum niveaus van 63 dB(A).
De frequentiespectra geanalyseerd uit de metingen aan de Ravo 540 en de Swingo 200 diesel vertonen geen pieken die significant boven de nevenbanden uit komen.

4.2 Resultaten trillingsmetingen

De resultaten van de trillingsmetingen zijn nog niet volledig verwerkt en zullen aan een latere versie van deze rapportage worden toegevoegd.
De eerste indruk is dat de gemeten trillingsniveaus (V_{max}) ten gevolge van de gemeten bedrijfstoestanden bij alle vier de machines op het straatniveau zodanig laag zijn dat deze geen hinder zullen veroorzaken. Echter het doorgeven van trillingen vanaf machines naar de omgeving en bebouwing is sterk afhankelijk van de bodemgesteldheid. Als er bepaalde locaties zijn waar trillingshinder wordt ervaren kan het beste op deze betreffende locaties gemeten worden.

5 Conclusie

Uit de resultaten van de geluidsmetingen blijkt:

- In de bedrijfstoestand stationair en tijdens de bedrijfstoestand transport is de E-swingo minimaal 10 dB(A) stiller dan de overige voertuigen.
- Tijdens de bedrijfstoestand zuigen en/of vegen zit er maximaal 4 dB(A) verschil tussen de vier geteste voertuigen.
- Bij alle vier de voertuigen zijn de borstel en zuiginstallatie verantwoordelijk voor de geluidemissie.
- Bij de Ravo 540 en de Swingo 200 diesel heeft het uitschakelen van de zuiginstallatie een verlaging van circa 1.5 dB(A) op de geluidemissie.
- Het hoogste geluidsniveau is gemeten aan de Cleango compact 500 en is 78 dB(A) waarbij er geen verschil is geconstateerd tussen het gebruik van de borstels inclusief zuigmond en het gebruik van alleen de borstels.
- Geluidsniveaus tussen 70 en 80 dB(A) kunnen in een rustige omgeving duidelijk hoorbaar zijn.
- Uit de frequentieanalyse blijkt dat de E-Swingo tijdens het borstelen en zuigen in de 1/3 octaafband van 315 Hz een piek in het spectrum heeft die ongeveer 5 dB boven de nevenbanden uit komt. Deze piek wordt veroorzaakt door elektrische componenten en heeft een maximum niveaus van 63 dB en kan in een rustige omgeving hoorbaar zijn.
- De frequentiespectra geanalyseerd uit de resultaten van de Ravo 540 en de Swingo 200 diesel vertonen geen pieken die significant boven de nevenbanden uit komen.

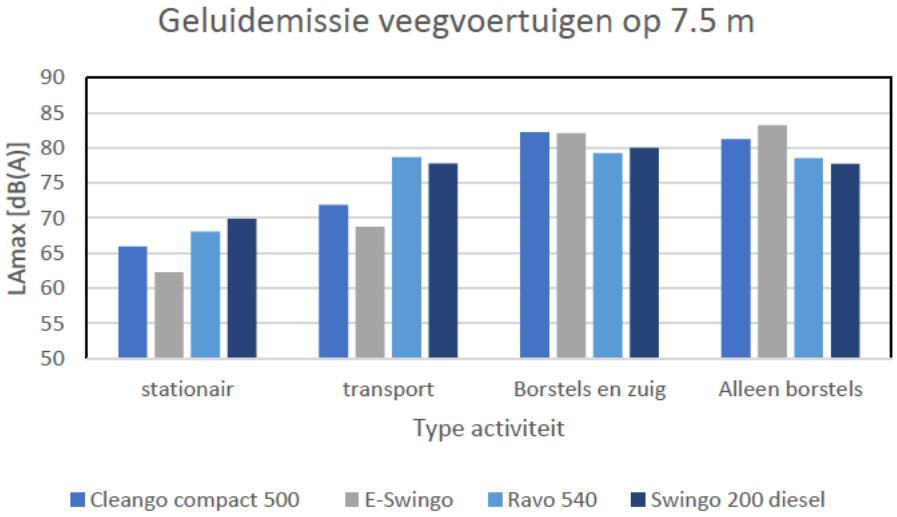
Samenvattend kan gesteld worden dat er maximaal 4 dB(A) verschil zit in de door de in werking zijnde veegvoertuigen geproduceerde geluidniveaus. De Cleango compact 500 is 2 tot 3 dB(A) luidruchtiger dan de overige veegvoertuigen.

Uit resultaten van de trillingsmetingen blijkt dat de trillingsniveaus op de geteste locatie dermate laag zijn dat hieruit geen hinder kan worden verwacht. Echter het doorgeven van trillingen vanaf machines naar de omgeving en bebouwing is sterk afhankelijk van de bodemgesteldheid. Als er bepaalde locaties zijn waar trillinghinder wordt ervaren kan het beste op deze betreffende locaties gemeten worden.

Bijlage 1: Maximaal optredende geluidsniveaus

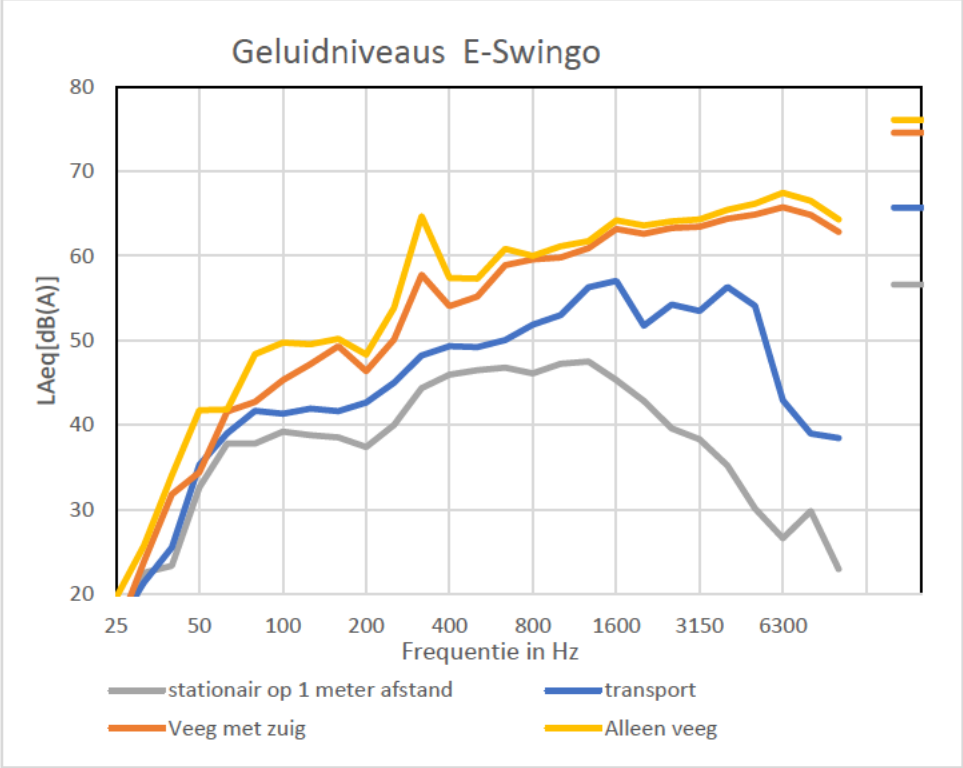
Tabel 4: Maximale geluidsniveaus van de voertuigen bij verschillende bedrijfstoestand

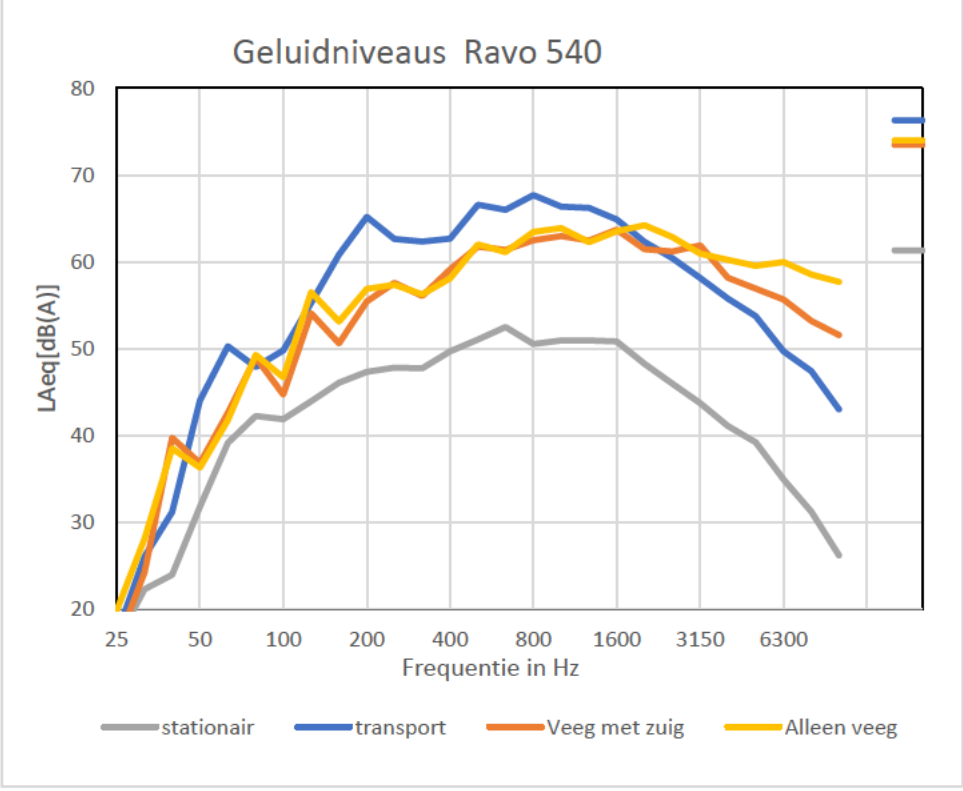
Bedrijfstoestand	Geluidsniveaus veegvoertuigen op 7.5 m							
	Cleango compact 500	stdev	E-Swingo	stdev	Ravo 540	stdev	Swingo 200 diesel	stdev
stationair	65.9	0.3	62.3	2.4	68.1	3.5	69.8	3.4
transport	71.8	1.5	68.7	0.9	78.7	5.3	77.7	0.5
Borstels en zuig	82.2	0.4	82.1	0.3	79.2	0.1	80.0	1.1
Alleen borstels	81.2	0.3	83.2	1.2	78.5	0.1	77.7	0.6

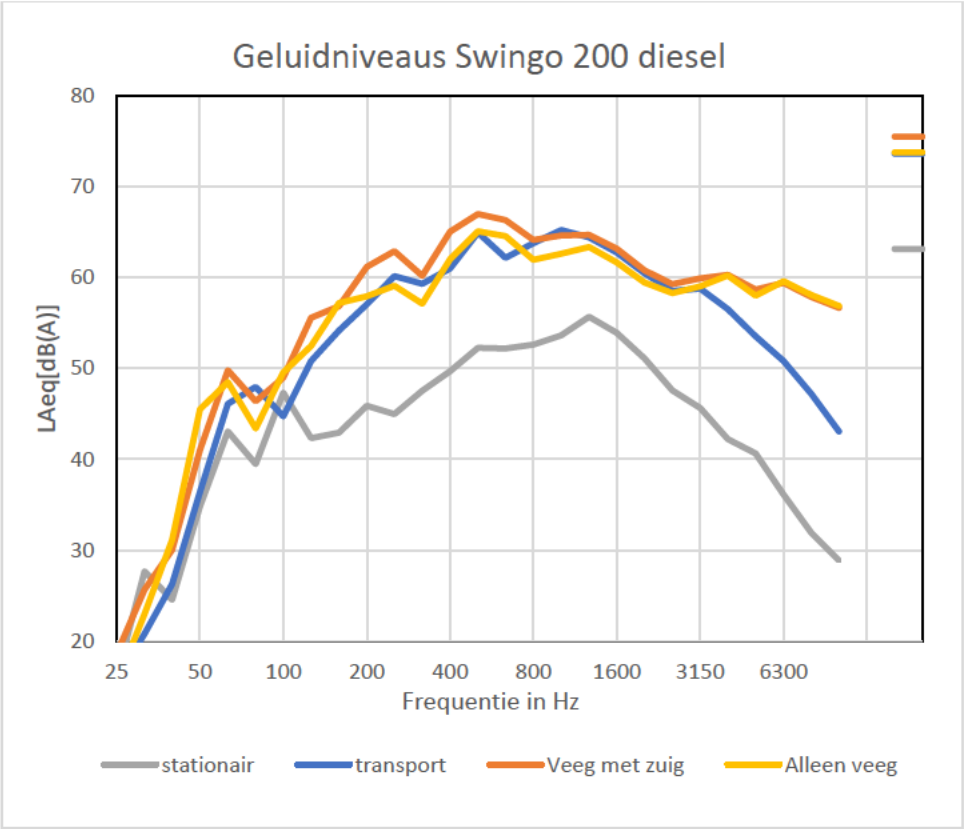


Figuur 5: Maximaal optredende geluidniveaus tijdens de verschillende bedrijfstoestanden.

Bijlage 2:Gemiddelde frequentiespectra






Geluidniveaus Swingo 200 diesel
80
70
60
50
40
30
20
LAeq[dB(A)]
25
50
100
200
400
800
1600
3150
6300
Frequentie in Hz
stationair
transport
Veeg met zuig
Alleen veeg

Bijlage 3: Gebruikte apparatuur en meteo-gegevens

Apparatuur

Voor het registreren van de trillings- en geluidsniveaus is gebruik gemaakt van de in de onderstaande tabel weergegeven apparatuur.

Benaming	Fabricaat	Type	Reg. nummer	Kal. geldig t/m
Voorversterker (set 9)	B&K	2671	1.10.215	03-08-2022
Microfoon (set 9)	B&K	4189	1.10.137	03-08-2022
Voorversterker (set 10)	B&K	2671	1.10.231	03-08-2022
Microfoon (set 10)	B&K	4189	1.10.134	03-08-2022
Voorversterker (set 11)	B&K	2671	1.10.232	03-08-2022
Microfoon (set 11)	B&K	4189	1.10.135	03-08-2022
IJkbron	Larson Davis	Cal 200	1.26.37	01-01-2022
Versnellingsopnemer X1	AE sensors	QLC 400	1.16.317	14-10-2021
Versnellingsopnemer Y1	AE sensors	QLC 400	1.16.319	14-10-2021
Versnellingsopnemer Z1	AE sensors	QLC 400	1.16.304	14-10-2021
Versnellingsopnemer X2	AE sensors	QLC 400	1.16.308	14-10-2021
Versnellingsopnemer Y2	AE sensors	QLC 400	1.16.318	14-10-2021
Versnellingsopnemer Z2	AE sensors	QLC 400	1.16.320	14-10-2021

De voor bepaling van de geluidniveaus gebruikte apparatuur voldoet aan de NEN-EN-IEC 60942: 2003, IEC 61672:2003-deel 3 en IEC 61260:1995.

Meteo-gegevens

Omschrijving	03-06-2021
Temperatuur (gemiddeld)	19 °C
Temperatuur (max)	22 °C
Relatieve vochtigheid	46%
Neerslag (gedurende meetperiode)	geen
Windsnelheid (gemiddelde)	1.5 m/s
Windsnelheid (max. uur gemiddelde)	3.5 m/s
Windrichting	NO
Luchtdruk	1031 hPa