

memo



Aan

IPO

T.a.v. 5.1.2e

Houtplein 33

2012 DE Haarlem

Datum

20 september 2016

Onderwerp

Toepassing voertuigcategorieën SWUNG-2

Contactpersoon

5.1.2e

T 5.1.2e

5.1.2e

T 5.1.2e

NDW is gevraagd te inventariseren welke afwijking in de berekening van het geluidsniveau optreedt indien bij de bepaling hiervan geen gebruik wordt gemaakt van de categorisering van licht-middel-zwaar, maar een categorisering in voertuiglengtes. In deze memo wordt de uitkomst van deze inventarisatie, inclusief de onderbouwing, beschreven.

Na analyse van gegevens uit de daarvoor beschikbare databronnen blijkt dat de afwijking in alle onderzochte cases onder de 0,5 dB blijft. In een gedeelte van de cases is er zelfs sprake van een overschatting van het geluidsniveau wanneer er gebruik gemaakt wordt van een classificering op basis van voertuiglengte.

Aanpak

Voor de vergelijking tussen een categorisering op basis van voertuiglengtes en de indeling in licht-middel-zwaar is gekozen voor een theoretische aanpak. In de theoretische aanpak wordt het effect van de mogelijke bandbreedte van de fout als gevolg van de indeling van het verkeer conform de categorisering op basis van voertuiglengtes berekenend op de geluidsemissie. Voor de theoretische aanpak is een vergelijking gemaakt tussen de categorisering van voertuigen in de Open database van de RDW en de daaraan gekoppelde (geregistreerde) voertuiglengte. Deze is in de Open database van de RDW opgenomen als 'lengte' waarbij de volgende definitie wordt gehanteerd: *De horizontale afstand tussen twee verticale vlakken die loodrecht staan op het middenlangsvlak van het voertuig en gaan door de uiterste voor- en achterzijde van het voertuig, gemeten in de stand van rechtoortrijden op een horizontaal wegdek; spiegels, zonnekleppen en de bevestigingsdelen daarvan worden buiten beschouwing gelaten. Op het huidige kentekenbewijs wordt dit gegeven vermeld onder de rubriek 'Lengte'.*

Aan de hand van een aantal mogelijke fouten en de hierbij horende afwijkingen is door middel van een Monte-Carlosimulatie van de classificering in voertuiglengtes de foutmaat in dB berekend.

De keuze voor deze theoretische aanpak is gemaakt omdat een vergelijking tussen categorisering door middel van visuele tellingen en/of kentekenregistratie en geautomatiseerde detectie van de voertuiglengteverdeling met behulp van lussen slechts een momentopname (of een steekproef) is voor een specifieke locatie en hiermee niet ingaat op de totale bandbreedte van de afwijking die mogelijk is. Immers de samenstelling, en daarmee de mogelijke afwijking, van het vrachtverkeer en de gebruikte vloot op een locatie nabij de haven van Rotterdam kan heel anders zijn dan op een provinciale weg in de provincie Utrecht. Om deze bandbreedte juist te bepalen zouden op diverse locaties (ordegrootte steekproef > 100 metingen) in Nederland visuele tellingen uitgevoerd moeten worden.

Voertuigcategorisering

De werking van detectielussen (inductielussen) is als volgt: een inductielus bestaat uit een lus van koperdraad die in of onder het wegdek is aangebracht. De inductielus is verbonden met een elektronische schakeling en bevat een spoel waarin een magnetisch veld wordt opgewekt. De passage van een hoeveelheid metaal, zoals in een (vracht)auto, verandert de zelfinductiespanning in de inductielus, de coëfficiënt van de zelfinductie en de frequentie. Door deze verstoring van het magnetisch veld kan een voertuigpassage worden waargenomen. De gevoeligheid van de inductielus kan per lus worden afgesteld. De inductielus dient zo te worden afgesteld dat voertuigen op de naastgelegen rijstrook niet worden gedetecteerd en dat motorrijwielen wel/niet worden gedetecteerd¹. De classificering in voertuiglengtes bij NDW gebeurt op basis van de daadwerkelijke lengte van de voertuigen zoals ook gehanteerd door RDW.

NDW wint intensiteiten vanuit inductielussen op basis van voertuiglengte in twee verschillende voertuiglengteklassen: onderverdeling in 3 en in 5 categorieën. In onderstaand schema zijn per voertuigtype op basis van de voertuiglengte de klassen opgenomen.

Voertuigtype	Voertuiglengte	5 categorieën	3 categorieën
Motorrij wiel, scooter	1,85 – 2,4 m	Cat 1	Cat 1
Personen- / bestelauto	2,4 – 5,6 m	Cat 2	
Ongelede vrachtauto	5,6 – 11,5 m	Cat 3	Cat 2
Ongelede autobus	11,5 – 12,2 m	Cat 4	
Gelede vrachtauto	>12,2 m	Cat 5	Cat 3

Echter, voor het bepalen van het geluidsniveau wordt gebruik gemaakt van een andere onderverdeling, namelijk:

- lichte motorvoertuigen (lv): motorvoertuigen op drie of meer wielen, met uitzondering van de in categorie mv en categorie zv bedoelde motorvoertuigen;

¹ De keuze voor het wel of niet detecteren van motorrijwielen is kan per wegbeheerder verschillen

- middelzware motorvoertuigen (mv): gelede en ongelede autobussen, alsmede andere motorvoertuigen die ongeleed zijn en voorzien van een enkele achteras waarop vier banden zijn gemonteerd;
- zware motorvoertuigen (zv): gelede motorvoertuigen, alsmede motorvoertuigen die zijn voorzien van een dubbele achteras, met uitzondering van autobussen.

Op dit moment wordt er gebruik gemaakt van een directe vertaling van voertuiglengteklassen naar geluidsklassen:

	5 categorieën NDW	3 categorieën NDW
Lichte motorvoertuigen	Cat (1+) ² 2	Cat 1
Middelzware motorvoertuigen	Cat 3+4	Cat 2
Zware motorvoertuigen	Cat 5	Cat 3

Deze aanpak kent zijn beperkingen gezien het feit dat er bijvoorbeeld gelede en ongelede autobussen bestaan die langer zijn dan 12,2 meter en daardoor toegekend worden aan de categorie 'zwaar' in plaats van 'middelzwaar'. In onderstaande berekening zullen wij aantonen dat deze fouten aanwezig zijn, maar dat de afwijking als gevolg van deze fouten in de berekening van het geluidsniveau beperkt zijn.

Als eerste zijn er een aantal mogelijke fouten geformuleerd:

- Ongelede vrachtauto's met dubbele achteras korter dan 12,2m worden onterecht aan categorie 'middelzwaar' toegekend i.p.v. aan 'zwaar';
- Gelede en ongelede autobussen langer dan 12,2 meter worden onterecht toegekend aan categorie 'zwaar' i.p.v. aan 'middelzwaar';
- Ongelede motorvoertuigen voorzien van een enkele achteras met vier banden met een voertuiglengte korter dan 5,6m of langer dan 12,2m worden onterecht aan categorie 'licht' of 'zwaar' toegekend i.p.v. aan 'middelzwaar';
- Motoren worden aan de lichte categorie toegevoegd, terwijl dit conform de eisen van SCHWUNG niet noodzakelijk is.

Om de ordegrrootte van deze fouten te kunnen bepalen zijn er een aantal aannames gedaan:

- In de analyse is het nationale wagenpark onderzocht. Daarmee is aangenomen dat het internationale verkeer een soortgelijke verdeling heeft.
- Alle voertuigcategorieën rijden dezelfde snelheid
- Ongelede motorvoertuigen voorzien van een enkele achteras met vier banden met een voertuiglengte korter dan 5.6m of langer dan 12.2m komen niet vaak voor.

NDW heeft hiervoor gebruik gemaakt van de volgende databronnen:

- Open database van de RDW (Rijksdienst Wegverkeer) → geraadpleegd juli / augustus 2016
- Historische database van de NDW

² Motoren hoeven niet meegenomen worden in de geluidsberekening omdat de totale geluidsproductie van het aantal motoren veel kleiner is dan dat van het overige verkeer.

Afschatting grootte fout I

Fout I: Ongelede vrachtauto's met dubbele achteras korter dan 12.2m worden onterecht aan categorie 'middelzwaar' toegekend ipv aan 'zwaar'.

In de Open database van RDW staan 203.000 bedrijfsauto's met een voertuiglengte tussen de 5.6 en 12.2 meter. Daarvan bezitten er 43.557 6 wielen (3 assen), dit is 21% van het wagenpark.

18.996 daarvan zijn opleggertrekkers die alleen meetellen als ze zonder oplegger rijden, daarom is het minimale aandeel van het wagenpark dat in deze categorie valt 24.561 voertuigen, dit is 12% van het wagenpark.

Afschatting maximale grootte fout 1: 12-21%

Afschatting grootte fout II

Fout II: Gelede en ongelede autobussen langer dan 12,2 meter worden onterecht toegekend aan categorie 'zwaar' i.p.v. aan 'middelzwaar'.

In de Open database van RDW staan 11.786 bussen. Daarvan hebben 3.486 bussen een voertuiglengte groter dan 12.2m.).

De te verwachten maximale fout is daarmee 29,5%

Afschatting grootte fout III

Fout III: Ongelede motorvoertuigen voorzien van een enkele achteras met vier banden met een voertuiglengte korter dan 5,6m of langer dan 12,2m worden onterecht aan categorie 'licht' of 'zwaar' toegekend i.p.v. aan 'middelzwaar'.

In de Open database van RDW wordt geen expliciete onderverdeling gemaakt in het aantal banden per as, omdat alle wielen op dezelfde wielnaaf als 1 wiel worden geteld. Een afschatting uit de RDW database is daarmee niet mogelijk. Het aantal voertuigen dat onder deze categorie valt wordt echter verwaarloosbaar geacht voor deze berekening.

Afschatting grootte fout IV

Fout IV: Motoren worden aan de lichte categorie toegevoegd, terwijl dit conform de eisen van SWUNG niet noodzakelijk is.

Volgens de SWUNG documentatie behoeven motoren niet meegenomen te worden in de geluidsberekening. Dit is omdat de totale geluidsproductie van het aantal motoren veel kleiner is dan dat van het overige verkeer. Motoren mogen echter wel meegenomen worden, hetgeen inhoudt dat dit geen aanpassing vraagt bij de vertaling van 3 categorieën op basis van voertuiglengte naar de onderverdeling licht – middel - zwaar.

Beschouwing omrekenen van NDW-intensiteiten naar geluid

Voor de foutafschatting van de conversie kan geconstateerd worden dat nu fout IV niet gecorrigeerd hoeft te worden de focus ligt op het bepalen van het effect van fout I t/m III. Bij de vertaling van 5 NDW-categorieën naar de licht-middel-zwaar is bij het weglaten van categorie 1 het aandeel van de overige categorieën groter ten opzichte van de vertaling van 3 categorieën en dus daarmee ook de foutmarge. Daarom wordt in de vertaling van de foutmarges naar een effect op het geluidsniveau alleen gekeken naar de vertaling van de classificering op basis van 5 voertuigcategorieën. In onderstaande analyse zal aangetoond worden dat conversie van de 5 NDW-categorieën aan de 0.5db eis voldoet.

Verdeling foutmaat door middel van geluidsemissie berekening

Voor de berekening van de geluidsemissie is gebruikt gemaakt van de onderstaande algoritmes:

$$L_{Aeq} = E + C_{optrek} + C_{reflectie} - D_{afstand} - D_{lucht} - D_{bodem} - D_{meteo} \quad 1.1$$

$$E = 10 \lg \left(10^{\frac{E_{lv}}{10}} + 10^{\frac{E_{mv}}{10}} + 10^{\frac{E_{zv}}{10}} \right) \quad 1.3$$

$$E_{lv} = 70,0 + 29,8 \lg(v_{lv} / v_0) + 10 \lg(Q / v)_{lv} + C_{wegdek,lv} \quad 1.4$$

$$E_{mv} = 73,2 + 19,0 \lg(v_{mv} / v_0) + 10 \lg(Q / v)_{mv} + C_{wegdek,mv} \quad 1.5$$

$$E_{zv} = 76,0 + 17,9 \lg(v_{zv} / v_0) + 10 \lg(Q / v)_{zv} + C_{wegdek,zv} \quad 1.6$$

$$L_{Aeq} = 10 \lg \sum_{i=1}^8 \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N \sum_{m=lv}^{zv} 10^{L_{eq,i,j,n,m} / 10} \quad 2.1$$

$$L_{eq,i,j,n,m} = L_E + \Delta L_{OP} + \Delta L_{GU} - \Delta L_L - \Delta L_B - C_M - \Delta L_{SW} - \Delta L_R - 58,6 \quad 2.2$$

$$L_{E_{i,m}} = 10 \lg \left(\frac{Q_m}{v_m} \right) + \alpha_{i,m} + \beta_{i,m} \lg \left(\frac{v_m}{v_{0,m}} \right) + C_{wegdek_{i,m}} + C_{H_m} \quad 2.3$$

Aangezien de focus van deze analyse ligt op het effect van een foutieve vertaling van voertuigklassen op basis van voertuiglengte wordt alleen gekeken naar de verschillen die ontstaan door fouten in de toegekende intensiteiten en vallen alle termen die niet afhankelijk zijn van de intensiteit weg.

Uit NDW-gegevens blijkt dat de gemiddelde voertuigverdeling op basis van voertuiglengtes ongeveer als volgt in Nederland is onderverdeeld:

Categorie	Aandeel
Cat 1	1%
Cat 2	80%
Cat 3	8%
Cat 4	4%
Cat 5	10%

Elke categorie heeft vervolgens een variantie van 20% gekregen waardoor de spreiding in voertuigcategorieën dekkend is voor alle situaties in Nederland.

Categorie	Aandeel
Cat 1	0 - 21%
Cat 2	60% - 100%
Cat 3	0 - 28%
Cat 4	0 - 24%
Cat 5	0 - 30%

Vervolgens zijn met behulp van Monte-Carlosimulatie met 500 trekkingen zoveel mogelijke verschillende combinaties doorgerekend. Er is hier gekozen voor een Monte-Carlosimulatie omdat het doorrekenen van slechts 1 of enkele combinaties onvoldoende basis biedt om conclusies uit te trekken. Een steekproef met 500 trekkingen biedt dit wel. Elke trekking kent andere startcondities. Het resultaat van deze verzameling simulaties is een verdelingsfunctie die het hele gebied van mogelijke uitkomsten weergeeft.

De uiteindelijk gebruikte en doorgerekende onder- en bovengrenzen per categorie zijn:

Categorie	Aandeel
Cat 1	0 - 14%
Cat 2	57 - 90%
Cat 3	0 - 20%
Cat 4	0 - 16%
Cat 5	0 - 22%

De grenzen wijken iets af ten opzichte van de theoretisch bepaalde grenzen omdat de onderverdeling van de percentages uit de trekking bij elke trekking 100% moeten zijn.

In onderstaand figuur is de verdeling van de uitkomsten van de geluidsberekeningen opgenomen. In geen van de berekende foutmaten komt de fout boven de 0.5dB. In meer dan de helft van de onderzochte foutmaten is de afwijking kleiner dan 0 dB. Dit houdt in dat in de meeste gevallen er eerder in een lichte overschatting is van de geluidsproductie bij een indeling op basis van voertuiglengte dan een overschatting. Deze conclusie biedt voldoende vertrouwen om verkeerscijfers op basis van voertuiglengte te gebruiken bij de berekening van geluidsproductieplafonds voor SWUNG-2.

