

# Eindelijk stiller verkeer, dankzij elektrische voertuigen. Of hebben we dan te vroeg gejuicht?

Anno 2011 twijfelden wij in dit blad<sup>1</sup> of stille elektrische voertuigen wel zouden gaan doorbreken. Dat is nu geen vraag meer. Maar de vraag is wel of die stille voertuigen een oplossing gaan geven voor het verkeersgeluidprobleem.

Door: Bert Peeters en Erik de Graaff

## Over de auteurs:

Ir. H.M. Peeters is senior adviseur bij M+P raadgevende ingenieurs; zijn specialisme is verkeersgeluid.

Ir. D.F. de Graaff is senior adviseur bij M+P raadgevende ingenieurs; zijn specialisme is voertuigen.

## INLEIDING

Het onderwerp van dit themanummer is de Energietransitie. Vrijwel alle apparaten en machines zullen in de komende decennia aangedreven gaan worden door duurzaam opgewekte elektriciteit, al dan niet tijdelijk opgeslagen in energiedragers als waterstof of ijzerpoeder. Ook onze auto's, en op termijn het vrachtverkeer, zullen overgaan op een volledig elektrische aandrijving. Een gedachte die breed leeft is dat elektrische voertuigen veel stiller zijn dan de huidige voertuigen met een conventionele

verbrandingsmotor, en dat het probleem van wegverkeersgeluid vanzelf kleiner gaat worden. Natuurlijk is de motor zelf veel stiller (10 à 20 dB), en ook een eventuele brandstofcel maakt amper geluid. Maar toch zijn er nogal wat redenen dat de werkelijke geluidreductie niet zo groot is als menigene denkt.

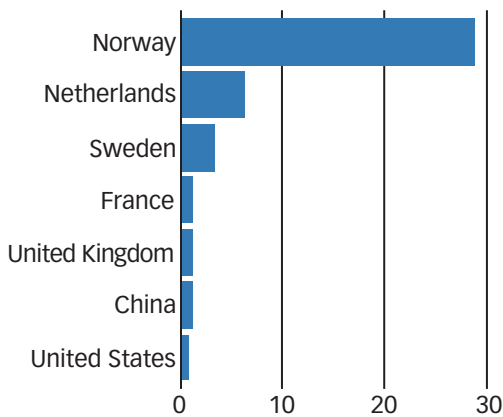
## DE SNEL VERANDERENDE WERELD

In het blad Geluid van juli 2011 waren we nog onzeker over het succes van elektrische voertuigen: "De toekomst zal ons leren hoe het verder gaat met de geschiedenis van de auto van de toekomst." Echte mannen zouden mogelijk niet willen overstappen van hun avonturenmachine met ronkende verbrandingsmotor. Maar anno 2019 is dat geen vraag meer. Hippe early adopters hebben de elektrische "zelfrijdende smartphone op wielen" gebombardeerd tot hét hebbing van dit decennium. Het is een kwestie van tijd voor de anderen zullen volgen. Nu, acht jaar later, blijkt onze twijfel dus volslagen onterecht. Wat is er zoal veranderd?



FIGUUR 1: VOORBEELD VAN EEN VOLLEDIG ELEKTRISCHE VRACHTWAGEN (CA. 15 DB STILLER DAN EEN STANDAARD VRACHTWAGEN ONDER VERGELIJKBARE RIJOMSTANDIGHEDEN)

### Market share of electric vehicles in selected countries (%)



FIGUUR 2: LINKS: PERCENTAGE NIEUW VERKOCHTE AUTO'S MET ELEKTRISCHE AANDRIJVING (BRON: [HTTP://ENERGIEKAART.NET](http://energiekaart.net)); RECHTS: 76% VAN LAADPALEN IN EU BEVINDT ZICH IN 4 LANDEEN, WAARONDER NEDERLAND

De politiek is duidelijker dan ooit: duurzaamheid is één van de speerpunten van het regeerakkoord uit 2017, en emissievrije auto's horen daar bij. Begin mei 2019 kondigde het stadsbestuur van Amsterdam aan al in 2030 alle benzine- en dieselauto's uit delen van de stad te willen weren<sup>2</sup>. Parijse klimaatafspraken voor 2030 eisen een versnelde afbouw van fossiele brandstoffen. Huizenbezitters, bedrijven en reizigers worden zich steeds meer bewust van hun eigen footprint en schakelen over op zuiniger apparaten en duurzame energieopwekking, en dus elektrische apparaten. Wie vertelt dat hij zonnepanelen op zijn dak heeft gelegd of 'van het gas af is', vindt nu positieve weerklank. En ook een elektrische auto is hip en modern. Veel autokopers zullen overwegen om over te stappen, ook al kiest men nu vaak nog voor een ouderwetse brandstofmotor vanwege het huidige prijspeil en de nog beperkte actieradius. De imagoverbetering kan aan succesvolle overheids campagnes liggen, of het waren juist de fabrikanten zelf die met Dieselgate hun eigen toekomst voorgoed hebben veranderd. Hoe dan ook: Diesel rijden is het nieuwe 'roken', en Tesla is het nieuwe Apple.

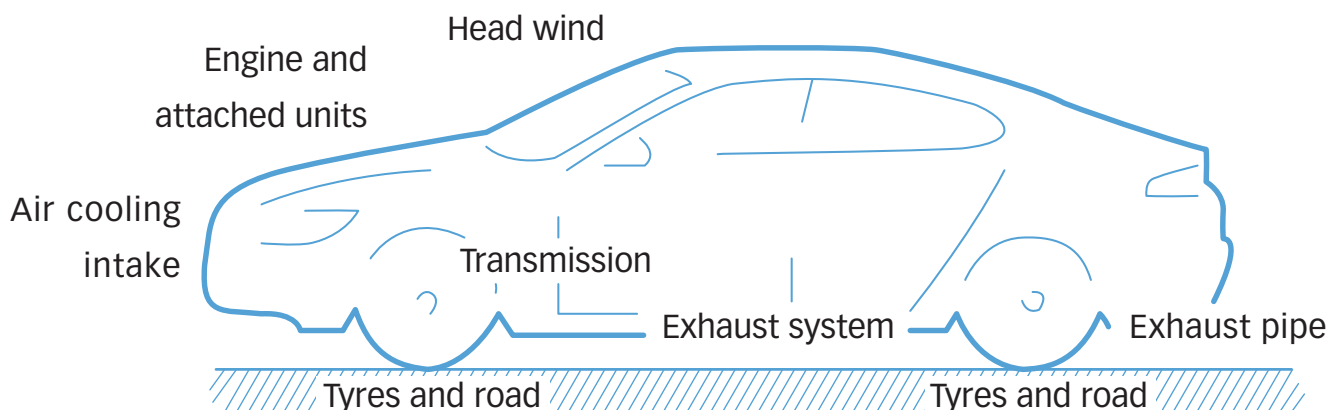
Ook technisch is er veel gebeurd. Er zijn veel nieuwe volledig elektrische modellen bijgekomen sinds 2011: Exotische types zoals Tesla Model S en Jaguar I-pace, maar ook auto's voor een breder publiek, zoals de VW e-UP en Peugeot iOn. De elektrische voertuigen database (<https://ev-database.nl/>) bevat op het moment van schrijven 69 modellen. Daarnaast zijn er diverse volledig elektrische vrachtwagens (zie Figuur 1) en in verschillende steden is een vloot van elektrische stadsbussen geïntroduceerd. In Noorwegen is 1 van elke 3 nieuw verkochte auto's elektrisch.

Nederland is zó ver nog niet, maar behoort wel bij de koplopers (zie figuur 2). Ook onze infrastructuur is op orde: Nederland heeft de meeste laadpalen van Europa. Bij de stedelijke tweewielers is de elektrificering nog veel spectaculairder. Tegenover iedere 10 verkochte bromfietzen stonden in 2018 2 verkochte speedpedelecs en tegenover iedere 10 verkochte snorfietzen stonden 100 (!) verkochte elektrische fietsen. In 2018 zijn in Nederland ruim 400.000 elektrische fietsen verkocht. De middelbare schooljeugd lijkt de knetterende, opgevoerde bromfiet al ingevuld te hebben voor de stille elektrische fiets.

### RELEVANTE GELUIDBRONNEN VAN ELEKTRISCHE EN HYBRIDE VOERTUIGEN

Elektrische voertuigen zijn soms erg stil; iedereen is wel eens verast bij het oversteken toen van achteren onverwacht een Prius opdook. Bij zulke lage snelheden zijn het normaliter met name de motor, uitlaat en luchtinlaat van het voertuig die geluid produceren. Het geluid van deze aandrijflijn ligt voor een elektrische auto z'n 15 dB lager dan voor een conventionele brandstofauto<sup>3</sup>; alleen voor de laagste frequenties ( $\leq 250$  Hz) en hoogfrequent ( $> 4$  kHz) is het verschil kleiner.

Bij hogere voertuigsnelheden gaan de banden van het voertuig meer geluid produceren. Naarmate het wegdek ruwer is maken de banden meer geluid. Binnenstedelijk worden vaak klinkers toegepast, vanwege het karakteristieke beeld of vanwege de snelheidsverlagende werking die ervan uit gaat. Op die locaties zijn de banden vaak beter hoorbaar dan de motor. Naarmate de snelheid toeneemt gaan de banden, die over de



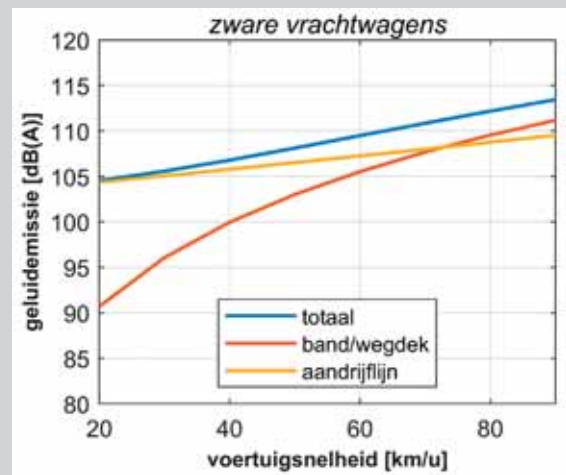
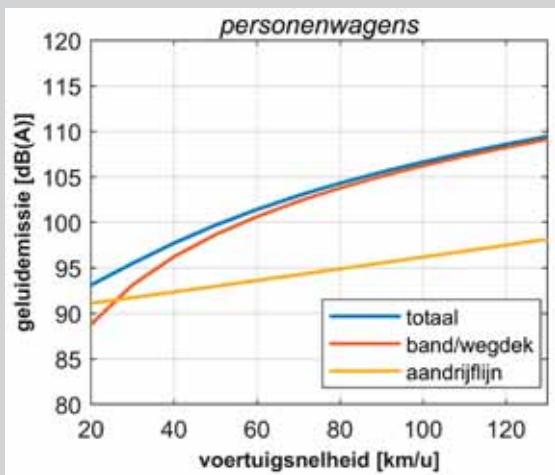
FIGUUR 3: GELUIDBRONNEN VAN EEN CONVENTIONELE PERSONENWAGEN (BRON: B&K, [WWW.BKSV.COM](http://www.bksv.com))

## Metten en modelleren van de geluidemissie voor elektrische en hybride voertuigen

Het nieuwe EU-rekenmodel voor geluidkartering, bekend als 'CNOSSOS-EU' en onlangs geïmplementeerd in bijlage VII van het Reken- en meetvoorschrift geluid<sup>5</sup>, maakt het mogelijk de emissie van het rolgeluid en die van de aandrijflijn apart te berekenen. In figuur 3 zijn beide componenten weergegeven als functie van de voertuigsnelheid. De resultaten laten zien dat, voor constante snelheid en een niet-geluidreducerend wegdek, het rolgeluid de geluidemissie van personenwagens domineert vanaf 30 km/u. Voor zware vrachtwagens is de aandrijflijn de dominante bron tot 70 km/u.

De emissiegetallen voor CNOSSOS-EU zijn vastgesteld op basis van metingen uit 2009/2010 aan Nederlands wegverkeer, voor lichte, middelzware en zware motorvoertuigen. Dat wil zeggen: het totale geluidniveau is met deze metingen gelijk; de verhouding tussen band/wegdek en aandrijflijn is overgenomen uit de EU-kentallen, die zijn vastgesteld op basis van onderzoek uit 2003 – 2006.

Als we willen kunnen rekenen aan de geluidreductie door verdere proliferatie van elektrische en hybride voertuigen, dan zouden hiervoor aparte voertuigcategorieën gedefinieerd moeten worden en eigen emissiegetallen moeten worden ingemeten. Aangezien er nog relatief weinig van deze voertuigen rondrijden, zou zo'n meting gedurende enkele weken, dus onbemand met kentekenherkenning, gedaan moeten worden. Een alternatief is om zelf met een representatieve selectie voertuigen voorbij microfoons te rijden. Daarbij wordt het lastig om het geluid van de aandrijflijn nog te onderscheiden, omdat de aandrijving zich dicht bij of zelfs in de wielen bevindt. Uiteindelijk is het onderscheid ook niet zo relevant, omdat beide componenten in het model worden gesommeerd tot een totale emissie die aan één enkele bronhoogte wordt toegewezen. Numerieke methoden om rolgeluid en aandrijflijn geluid te fitten op de totale gemeten geluidemissie zijn daarom wellicht nauwkeurig genoeg.



FIGUUR 4: GELUIDEMISSIE VAN AANDRIJFLIJN EN BAND/WEGDEK ALS FUNCTIE VAN DE VOERTUIGSNELHEID, VOOR PERSONENWAGENS (LINKS) EN ZWARE VRACHTWAGENS (RECHTS), BEREKEND MET HET EU-GELUIDKARTERINGSMODEL CNOSSOS-EU

oneffenheden in het wegdek rollen, harder trillen. Het geluid van de motor neemt bovendien minder hard toe dan dat van de banden, onder andere doordat met het opschakelen van de versnellingen het toerental maar nauwelijks stijgt. Voor een personenwagen met brandstofmotor is bij een constante snelheid vanaf circa 40 km/u de aandrijflijn amper nog hoorbaar (zie figuur 4); men hoort van een voorbijrijdende auto enkel nog de banden suizen. Voor zware vrachtwagens is binnen de bebouwde kom de aandrijflijn wel de dominante bron, maar op rijkswegen zijn het ook voor die voertuigen vooral de banden die we horen. De banden van elektrische voertuigen zijn niet stiller<sup>4</sup>. Het zou zelfs kunnen dat het bandengeluid iets toeneemt, onder andere omdat de accu's voor een groter gewicht zorgen. Maar dat laten we hier buiten beschouwing: het effect is klein, en wellicht zal de duurzaamheidstrend ook gemiddeld kleinere auto's opleveren.

Elektrische voertuigen zullen bij hogere snelheden het geluid dus nauwelijks reduceren. Voor hybride voertuigen geldt dat er sowieso geen sprake is van geluidreductie op momenten dat de verbrandingsmotor wordt bijgeschakeld. En ook de geluidreductie bij lagere snelheden wordt deels weer teniet gedaan. Verrast worden door een plotseling opduikende Prius is immers een probleem voor de veiligheid van andere weggebruikers, zeker voor blinden en slechtzienden die op hun gehoor moeten vertrouwen. In 2014 heeft het Europees Parlement wetgeving aangenomen die er voor zorgt dat alle elektrische en hybride voertuigen die nu gebouwd worden voorzien moeten zijn van een

*Acoustic Vehicle Alerting System (AVAS)*: bij snelheden van 20 km/u en minder wordt kunstmatig geluid toegevoegd, zodat voertuigen niet té stil zijn. Vertaald naar niveaus op 7,5 meter moet het geluidniveau minimaal 38 dB(A) zijn, met een maximum van 66 dB(A). Hierbij wordt gekozen voor 'voertuigachtige' geluiden, soms piepend/suizend, alsof de remblokken aanlopen. Dat geluid komt dus uit een luidspreker. Voor ons als verkeersgeluidbestrijders voelt het een beetje als de wereld op zijn kop, maar het nut en de noodzaak ervan zijn ons uiteraard duidelijk. Daarentegen is een maximum van 66 dB(A) tamelijk hoog als je dat vergelijkt met het rolgeluid van banden bij 20 km/h (ca. 55 dB(A)) of een stationair draaiende verbrandingsmotor (ca. 50 dB(A)).

### WORDT HET NU STILLER?

We hebben een inschatting gemaakt welke geluidreductie er verwacht mag worden van verschillende toekomstscenario's:

- de huidige voertuigvloot, met een geluidemissie volgens bijlage VII Rmg2012;
- een volledig elektrische voertuigvloot, waarbij de geluidemissie van de aandrijving afhankelijk van de frequentie tot 15 dB is gereduceerd;
- een deels elektrische vloot: 50% van de personenwagens en 20% van de vrachtwagens;
- stillere banden, waardoor het rolgeluid 3 dB wordt gereduceerd;
- combinaties van (deels) elektrische voertuigen en stille banden.

TABEL 1: GELUIDREDUCTIE VAN TOEKOMSTSCENARIO'S TEN OPZICHTE VAN HUIDIGE VOERTUIGENPARK OP RIJKSWEGEN, VOOR PERSONENAUTO'S (LICHT), ZWARE VRACHTWAGENS (ZWAAR) EN GEMENGD VERKEER, OP ZOAB EN TWEELAAGS ZOAB FIJN WEGDEK

	ZOAB			tweelaags ZOAB fijn		
	licht	zwaar	80/5/15%	licht	zwaar	80/5/15%
huidig	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
100% elektrisch	-0.4	-2.2	-0.9	-0.4	-2.1	-1.0
deels elektrisch	-0.2	-0.4	-0.3	-0.2	-0.4	-0.3
stille banden	-1.8	-1.0	-1.5	-2.6	-1.5	-2.1
deels elektrisch + stille banden	-2.0	-1.5	-1.8	-2.9	-2.0	-2.5
100% elektrisch + stille banden	-2.4	-4.0	-2.9	-3.3	-4.9	-3.9

In tabel 1 is de geluidreductie weergegeven van deze scenario's op rijkswegen, voor lichte en zware motorvoertuigen en voor gemengd verkeer (80% licht, 5% middelzwaar en 15% zwaar verkeer).

Wanneer we naar een gemengde verkeersstroom kijken valt op dat het effect van elektrificering, uitgaande van een 15 dB stillere aandrijving, slechts 1 dB bedraagt, zelfs als 100% van de voertuigen elektrisch zijn. Vanwege de dominantie van het rolgeluid op rijkswegen is het effect van 3 dB stillere banden groter, tot 2 dB.

Wat ook opvalt is dat de reductie van elektrische voertuigen mét stille banden groter is dan de afzonderlijke reducties van elektrisch rijden en stille banden opgeteld. Er is dus sprake van een '1 + 1 = 3' effect: als het rolgeluid lager ligt door gebruik van stille banden, tikt het effect van een stillere motor harder door. De extra bonusreductie door de combinatie is bovendien groter op stillere wegdekken, zoals tweelaags ZOAB fijn, wat we dan 1 + 1 + 1 = 5 kunnen noemen. De moraal van deze rekensom is dat de maximale geluidreductie alleen gehaald wordt als we aan alle geluidbronnen tegelijkertijd werken: aandrijving, banden én wegdekken.

Bovenstaande tabel heeft betrekking op rijkswegen. Voor binnenstedelijk verkeer is de situatie wezenlijk anders, immers:

- de voertuigsnelheid is lager, waardoor rolgeluid niet meer dominant is;
- voor optrekkend verkeer bij kruisingen is de aandrijflijn nog meer dominant;
- elektrische brommers en scooters zijn aanzienlijk stiller dan conventionele twee- en viertaktvarianten. Het verschil is veel groter dan voor andere voertuigen, omdat de aandrijflijn verreweg dominant is en omdat het hinderlijke tonale geluid ervan verdwijnt. Daarnaast is er een spectaculaire omslag in het gebruik van snorfietzen met verbrandingsmotor naar fietsen met elektromotor.

Elektrisch rijden lijkt daarom binnenstedelijk wel degelijk tot een behoorlijke reductie van wegverkeersgeluid te kunnen gaan leiden. Wanneer we bovenstaande modelberekeningen uitvoeren bij 50 km/u, dan levert een volledige elektrische voertuigvloot zonder stille banden 1 dB(A) geluidreductie op voor personenauto's, en ruim 2,5 dB(A) voor een gemengde verkeersstroom. Volgens hetzelfde rekenmodel neemt het geluid van een auto met brandstofmotor tot 5 dB(A) toe bij een kruising met verkeerslichten, en tot 9 dB(A) voor een vrachtwagen. Bij kruisingen mogen we dus verwachten dat het aanzienlijk stiller wordt wanneer voertui-

gen elektrisch worden aangedreven.

Het feit dat elektrische voertuigen moeten worden uitgerust met AVAS-systemen, en ook de veelvuldige toepassing van klinkers, maakt dat het effect wellicht toch wat tegenvalt. Getalsmatig hebben we dit scenario nog niet onderbouwd.

#### MAAR ELEKTRISCHE VOERTUIGEN ZIJN STILLER, DAT HOORT TOCH IEDEEREEN?

Dit artikel moet u zien als een stukje 'verwachtingenmanagement'. Elektrisch rijden gaat de geluidsoverlast van wegverkeer ongetwijfeld verminderen. Voor rijkswegen is de te verwachten geluidreductie beperkt: de volledige voertuigvloot, inclusief vrachtverkeer, zou elektrisch moeten worden om een klein beetje geluidreductie op te leveren. Maar binnenstedelijk gaat het zeker een verschil maken. Of het een grote invloed heeft op de totale jaargemiddelde geluidbelasting in de stad, weten we nog niet. Maar binnenstedelijk zijn het vaak specifieke geluidbronnen en 'single events' die voor de grootste hinder zorgen: gemotoriseerde tweewielers, koeltransport, pakket- en boodschappenbezorgers zorgen voor irritant geluid dicht bij waar mensen wonen, werken en recreëren. Vanwege de reductie van geluid voor deze specifieke hinderbronnen zijn we zeker enthousiast over de opmars van elektrische voertuigen.

We concluderen in elk geval dat de opmars van elektrische voertuigen een stuk verder is dan we in 2011 verwachtten, en dat dit in rap tempo zal doorgaan. De verwachtingen ten aanzien van de geluidreductie zijn genuanceerd: op rijkswegen is het effect klein, in de stad wat groter. Met de verdere introductie van stille banden wordt het geluidreducerend effect van elektrisch rijden wel verder versterkt (1+1 = 3) en wordt het ook langs rijkswegen stiller. Voor een wezenlijke reductie aan de bronkant van het verkeersgeluid met dus aan alle aspecten gewerkt worden: het voertuig, de banden én het wegdek.

#### REFERENTIES

1. Erik de Graaff, Gijsjan van Blokland, Akoestische kansen en bedreigingen elektrische voertuigen, blad Geluid, nummer 2, juli 2011
2. <https://nos.nl/artikel/2282977-amsterdam-wil-benzine-en-dieselauto-s-verbieden-in-2030.html>
3. M.-A. Pallas et al., Towards a model for electric vehicle noise emission in the European prediction method CNOSSOS-EU, Applied Acoustics, juni 2016
4. J. Ejsmont et al., Noise Generated by Tyres Designed for Electric Vehicles – Results of Laboratory Experiments, Euronoise congres, Maastricht, 2015
5. <https://wetten.overheid.nl/BWBR0031722/2019-01-01#BijlageVII>