

Akoestische kansen en bedreigingen elektrische voertuigen

Sommigen roemen elektrisch vervoer als dé oplossing voor knelpunten van lokale geluidhinder. Anderen vrezen dat geluidloos vervoer tot veel extra ongelukken met voetgangers zal leiden. De vraag blijft of echte mannen wel willen overstappen...

Door: Erik de Graaff en Gijsjan van Blokland

Over de auteurs:

Ir. D.F. de Graaff is senior adviseur bij M+P raadgevende ingenieurs op het gebied van stille voertuigen. Dr. G.J. van Blokland is senior adviseur en directeur bij M+P raadgevende ingenieurs.

POPULARITEIT ELEKTRISCHE VOERTUIGEN GROEIEND

Elektrische en hybride voertuigen mogen zich in Nederland momenteel verheugen in een groeiende belangstelling. Het marktaandeel van hybride personenauto's steeg van 0,1% in 2006 naar 5,6% in 2009 (data RAIvereniging). De volledig elektrische Nissan Leaf is tot auto van het jaar 2011 gekozen. Dat alle grote automerken bezig zijn met hybride en elektrische auto's kan gezien worden op de diverse autobeurzen. Bij de snorfietzen is de volledig elektrische versie al aardig ingeburgerd met een marktaandeel van 6,4% in 2010. In 2011 worden diverse hybride vrachtwagens op de markt gebracht. Hybride stadsbussen worden in diverse regio's ingezet. Op het TT circuit in Assen is een speciale race voor elektrische motorfietsen georganiseerd. Zelfs de hedendaagse Formule 1 auto's zijn hybrides met hun KERS systeem (Kinetic Energy Recovery System).

MARKTAANDEEL VERSCHILT PER LAND

De bruto aanschafprijs van elektrische en hybride voertuigen is op dit moment nog circa 50% hoger dan die van voertuigen met

alleen een verbrandingsmotor. Het gebruik (onderhoud en energiekosten) is doorgaans ruim goedkoper. De kosten variëren per land en zijn sterk afhankelijk van het lokale belasting regime en de daarin gecreëerde voor- en nadelen. Deze financiële verschillen tussen de landen vertalen zich direct in marktaandeel van elektrische en hybride voertuigen. Vanwege de belastingvoordelen in de BPM, MRB en bijtelling inkomstenbelasting zijn hybrides in Nederland veel populairder dan in andere Europese landen: in Nederland liep het marktaandeel in 2009 op tot 5,6% terwijl dit in de rest van Europa gemiddeld 0,5% is. In 2010 is het marktaandeel in Nederland weer iets gedaald naar rond de 4% vanwege groeiende concurrentie met voertuigen met verbrandingsmotor met lage CO₂ uitstoot. In de USA is het marktaandeel van hybrides gestaag gegroeid naar rond de 3% in 2010, mede door de eisen m.b.t. zero-emission voertuigen in California. In Japan, de bakermat van de moderne hybride, was het marktaandeel van hybrides tot 2008 rond de 4%, maar door verandering van het belastingregime steeg dit halverwege 2009 naar 16%.

HUIDIGE POPULARITEIT VANWEGE CO₂ REDUCTIE

De huidige trend naar steeds verdere elektrificatie houdt verband met het overheidsbeleid om de CO₂ emissie terug te dringen. De Europese Commissie heeft harde afspraken gemaakt met de voertuigindustrie om de CO₂ emissie van personenauto's en bestelwagens te reduceren. In 2015 resp. 2017 moet een reductie van 15 tot 20% worden gerealiseerd. Voor 2020 liggen er (niet bindende) doelstellingen voor een verdere reductie met 15 tot 25%. Hybrides hebben een 20-30% lagere CO₂ emissie en zijn daarmee een relevante technische maatregel om te voldoen aan de EU eisen. Het bijkomende voordeel is de reductie van uitlaatgasemissie en geluidemissie. Elektrische en hybride voertuigen zijn Stil, Schoon en Zuinig en passen dus in het Programma Stil, Schoon en Zuinig in stedelijk gebied (SSZ) van de rijksoverheid

INVOERING ELEKTRISCHE VOERTUIGEN EERDER MISLUKT

Elektrische voertuigen zijn niet nieuw. Sterker nog, één van de eerste zichzelf voortbewegende automobielen in Nederland was in 1830 het elektrisch aangedreven voertuigje van Sibrandus Stratingh. Pas in 1885 kwam Carl Benz met zijn auto met benzine



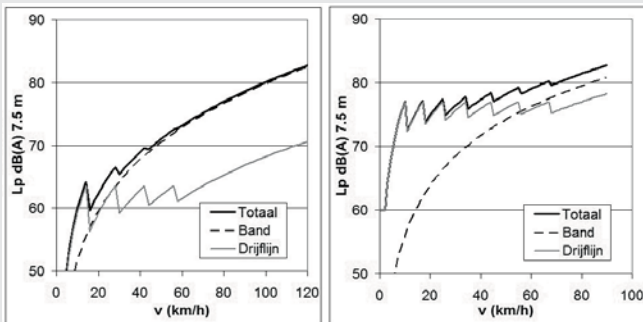
DE NISSAN LEAF MET VOLLEDIG ELEKTRISCHE AANDRIJVING IS TOT AUTO VAN HET JAAR 2011 GEKOZEN



MODEL VAN DE EERSTE ELEKTRISCHE AUTO VAN SIBRANDUS STRATINGH (1830)

Groeiend wagenpark geeft groeiend geluidprobleem

De eerste auto's verschijnen in Nederland rond 1900. Aanvankelijk is het aantal voertuigen beperkt. Rond 1940 telt Nederland 1 voertuig op iedere 100 inwoners. Na de Tweede Wereldoorlog groeit de welvaart en het autobezit. In 2010 telt Nederland 9,3 miljoen motorvoertuigen en 10 miljoen rijbewijsbezitters. Al deze ronkende avonturenmachines geven een groeiend geluidprobleem. Sinds 1970 worden eisen gesteld aan de maximaal toelaatbare geluidemissie van voertuigen middels een Europees geharmoniseerde typekeuring (70/157/EEC). De limietwaarden zijn sinds 1970 drie maal aangescherpt. In totaal zijn de limieten met 6 tot 11 dB omlaag gegaan, afhankelijk van het voertuigtype. Weliswaar zijn de limieten in het begin nogal liberaal en worden later de meetmethoden enigszins versoepeld, maar de voertuigen worden daadwerkelijk stiller. Vooral het geluid van motor en uitlaat wordt significant gereduceerd, wat in normaal verkeer goed te merken is als de voertuigen optrekken bij een stoplicht. Ook worden de motoren krachtiger, waardoor ze minder toeren hoeven te maken en dus minder geluid maken. De aandrijflijn van auto's is zo stil geworden dat de banden gemiddeld al vanaf 35 km/h de belangrijkste geluidbron zijn. In de praktijk is dat ook goed te merken. In 1970 kon iedereen het verschil horen tussen een VW Kever en Citroen 2CV. In 2010 hoort niemand meer het verschil tussen een VW Golf en een Citroen C3. Bij vrachtwagens is het geluid van de aandrijflijn een stuk hoger dan bij personenauto's. Hier zijn de banden pas boven de 70 km/h dominant. Hier heeft de strengere wetgeving geresulteerd in een verlaging van de geluidemissie tot 5 dB (afhankelijk van de snelheid).

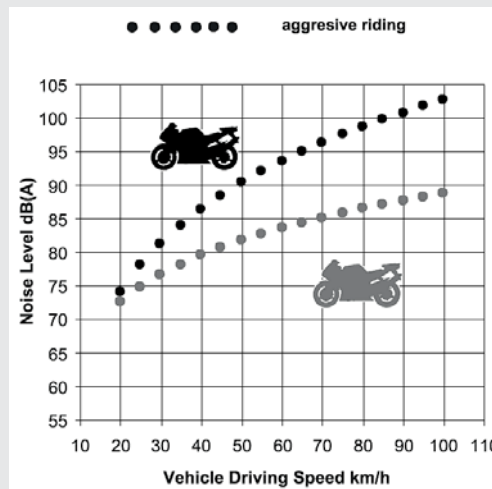
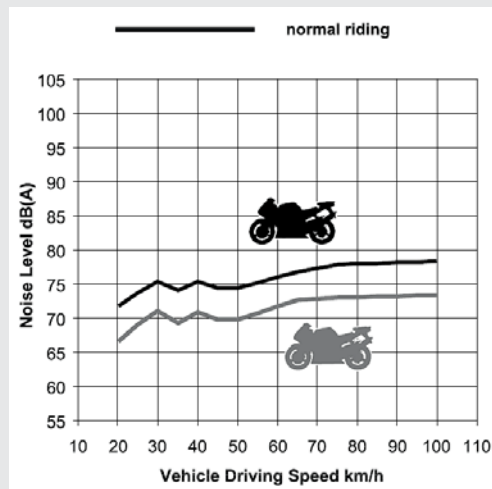


GELUIDEMISSIE VAN DRIJFIJN EN BAND/WEGDEK VAN EEN PERSONENAUTO (LINKS) EN EEN VRACHTWAGEN (RECHTS) (BRON: M+P)

Spanningsveld tussen ALARA, Sound Design en kosten

Bij personenauto's wordt deze geluidreductie voor het grootste gedeelte geleid door klantenwensen en in mindere mate door Europese limieten. De meeste klanten willen een comfortabele auto en dus een laag interieurgeluid. Een laag interieurgeluid gaat samen met reductie van geluidbronnen en dus een laag exterieurgeluid. Voor deze klanten geldt het ALARA principe (As Low As Reasonably Achievable), waarbij voor een luxe limousine uiteraard meer budget voor geluidsreductie beschikbaar is dan voor een kleine goedkope auto. Daarnaast is er ook een klantengroep die geen comfortabele, maar een sportieve auto wil. Onderdeel van dit sportieve imago is een bepaalde klankkleur, die afhankelijk van het type bestuurder, niet alleen door de bestuurder zelf, maar ook door de toehoorders buiten de auto gehoord mag worden. Deze sportieve Sound wordt niet alleen bereikt door een luidere sportuitlaat te monteren, maar ook door harder op te trekken en verder in de versnellingen door te trekken. Beiden leiden tot een hoger niveau van drijflijn geluid. Ook veel bestuurders van motorfietsen en brom-/snorfietsen vallen in deze "sportieve" categorie. Bij tweewielers wordt zelfs op uitgebreide schaal (30-60%) gebruik gemaakt van race-uitlaten die het geluid verhogen tot boven de niveaus die op de openbare weg zijn toegestaan.

Bij vrachtwagens is de situatie duidelijk anders dan bij personenauto's en tweewielers. Hoewel het interieurgeluid van vrachtwagens en personenauto's op een vergelijkbaar niveau ligt, is het exterieurgeluid van een vrachtwagen, voor zover dit samenhangt met de aandrijflijn, circa 10 dB hoger. Dit komt door de andere opbouw van vrachtwagens. De meeste klanten zijn niet bereid om extra kosten te betalen die nodig zouden zijn om het exterieurgeluid ver-



EFFECT VAN UITLAATSYSTEEM EN RIJGEDRAG OP GELUIDEMISSIE VAN EEN MOTORFIETS. GRIJS GEEFT DE STANDAARD MOTOR EN ZWART DE MOTOR MET ILLEGALE UITLAAT. LINKS HET EFFECT BIJ NORMAAL RIJGEDRAG, RECHTS HET EFFECT BIJ AGRESSIEF RIJGEDRAG. AGRESSIEF RIJGEDRAG GEEFT TOT 15 DB MEER GELUID. AGRESSIEF RIJGEDRAG IN COMBINATIE MET EEN ILLEGALE UITLAAT GEEFT TOT 30 DB MEER GELUID (BRON: ACEM; STRIVING AGAINST TRAFIC NOISE)

der te reduceren dan de wettelijke grenswaarde, terwijl daar vanuit comfortoogpunt geen behoefte aan is. Deze extra investeringen zullen alleen worden gedaan als hier een economische meerwaarde is. Voorbeelden van situaties waarbij een bovenwettelijke geluidsreductie wel degelijk economische meerwaarde heeft, zijn:

- het Oostenrijkse Nachtfahrverbot, waarbij vanaf 1990 alleen 80 dB vrachtwagens (4 to 8 dB stiller dan de wettelijke norm) werden vrijgesteld van het nachtelijke rijverbod op de Brenner Autobahn. Binnen een jaar was circa 75% van de internationale trucks voorzien van een geluidspakket waarmee het exterieurgeluid werd gereduceerd tot 80 dB.
- Het Nederlandse 72 dB Quiet Truck certificaat, dat vanaf 2010 nodig is om in aanmerking te komen voor ruimere distributietijden in de stad. Ook dit creëert grote vraag vanuit de markt. Inmiddels zijn er al een aantal vrachtwagenfabrikanten die hiervoor geschikte voertuigen hebben ontwikkeld en de andere fabrikanten zijn bezig.



HET 72 DB QUIET TRUCK LABEL, WAARAAN VRACHTWAGENS VANAF 2010 MOETEN VOLDOEN OM IN AANMERKING TE KOMEN VOOR DAGRANDDISTRIBUTIE. (BRON: WWW.PIEK-INTERNATIONAL.COM)

motor. In diverse perioden van de geschiedenis van het gemotoriseerde vervoer was de elektrische auto in populariteit vergelijkbaar met de auto met verbrandingsmotor. Vooral in het begin van de 20e eeuw en rond 1950 was de elektrische auto populair vanwege de grotere betrouwbaarheid ten opzichte van de verbrandingsmotor en schaarste aan motorbrandstof. Een handicap was de beperkte accu capaciteit en daarmee de actieradius. De elektrische auto was vooral een stadsauto voor lokaal transport. De auto met verbrandingsmotor maakte het mogelijk om vanuit de steden op reis te gaan. In zijn proefschrift 'Geschiedenis van de auto van morgen; cultuur en techniek van de elektrische auto'¹ stelt Gijs Mom dat het herhaaldelijk mislukken van de invoering van de elektrische auto eerder is te wijten aan culturele en sociale aspecten dan aan technische factoren zoals de accu capaciteit. Hij noemt de benzine-auto een 'avonturenmachine'. "Snelheid, toeren en mechanische onbetrouwbaarheid vormden een fascinerend mengsel van functies voor de moderne sportieve man". Juist op dit front faalde de elektrische auto: hij was te betrouwbaar, te stil en te weinig 'mannelijk'.

ELEKTRISCHE VOERTUIGEN ZIJN OP PAPIER STILLER, MAAR WAT MERK JE ER VAN IN DE PRAKTIJK?

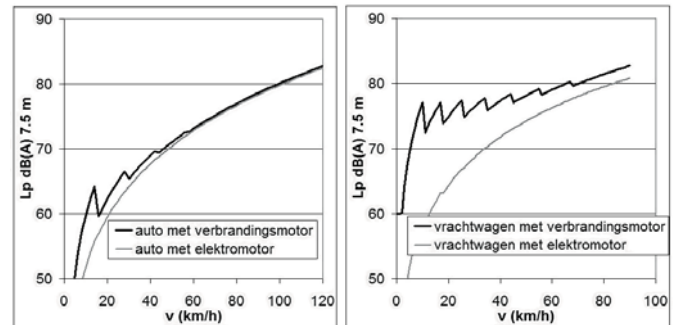
Het geluid van een elektromotor is meer dan 20 dB lager dan een verbrandingsmotor bij vergelijkbaar vermogen en toerental. Daarmee is de motor meestal zó stil dat hij niet meer bepalend is voor de geluidemissie van het voertuig. Bepalend is het geluid van andere componenten, zoals koelventilatoren, versnellingsbak, kettingaandrijving of banden. Voor alle voertuigcategorieën en rijomstandigheden waar drijflijn geluid dominant is, is een voertuig met elektromotor stiller dan een voertuig met verbrandingsmotor en daarom wordt voor verbetering van de geluidssituatie in steden al snel de oplossing in dit soort voertuigen gezocht. De vraag is nu of dit ook een economisch gewenste en geluidtechnisch relevante oplossing is.

Voor de beantwoording van deze vraag is inzicht nodig in de bijdragen van lichte en zware voertuigen aan het totale geluidniveau in steden en in het rijgedrag en de relatieve bijdragen van de motor en van de banden aan de totale geluidproductie.

WEINIG EFFECT OP DE GEMIDDELDE GELUIDBELASTING

De elektrische aandrijving is geen oplossing voor de equivalente geluidbelasting van de grote doorgaande wegen, omdat hier het rolgeluid van banden de dominante bron is. Maar ook in het stedelijk verkeer is een verrassend hoog aandeel in de totale geluidproductie afkomstig van banden. In de afgelopen 10 jaar zijn er door M+P een reeks testen uitgevoerd naar het rijgedrag van verschillende typen personenwagens, bestelwagens en lichte

vrachtwagens terwijl ze verschillende stedelijke routes bereden. Op 0,1 sec basis zijn motortoerental, snelheid en gasklep/dieselpomp stand vastgelegd tezamen met de geluidproductie van de banden, de uitlaat en de motor. Een voorbeeld hiervan is gegeven in figuur 6. Duidelijk is dat bij personenwagens alleen bij lage snelheden of bij sterk optrekken het motorgeluid domineert. Wanneer je de totale geluidproductie van de personenwagen berekent over de gehele stadsrit blijkt 90% van de energie afkomstig te zijn van de band en slechts 10% van de motor. Dit zelfde beeld volgt uit de emissiekentallen in het Harmonoise/Imagine model.³ Het zal duidelijk zijn dat het 20 dB stiller maken van de motor op de totale geluidproductie in de stad slechts een effect van minder dan 0,5 dB zal hebben.



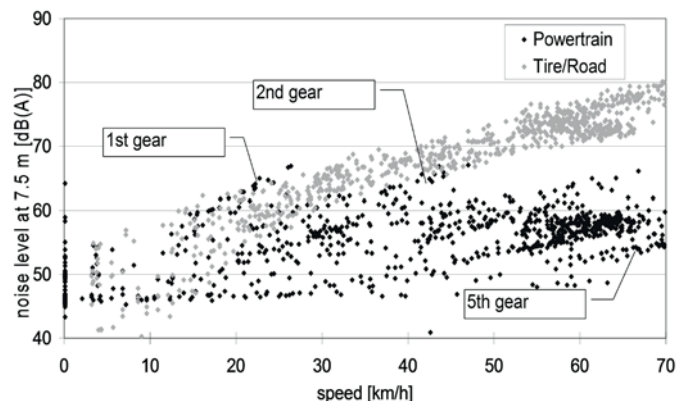
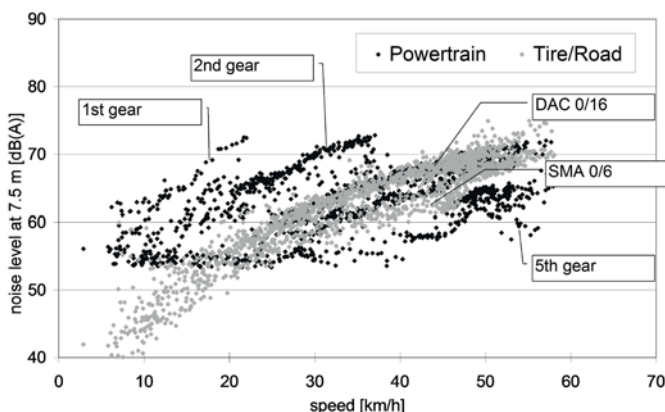
HET EFFECT VAN ELEKTRISCHE AANDRIJVING OP DE GELUIDEMISSIE VAN EEN PERSONENAUTO (LINKS) EN EEN VRACHTWAGEN (RECHTS) (BRON: M+P)

Voor lichte en zware vrachtwagens is aandrijfsgeluid in de stad wel dominant en zou op papier een elektrische aandrijving grote voordelen moeten geven. Echter, in de meeste situaties is het aandeel vrachtwagens in steden erg laag, en geluidstechnisch van ondergeschikt belang. Daarnaast kent elektrische aandrijving voor vrachtwagens nog sterke beperkingen in termen van actieradius. Gegeven de huidige accu capaciteit, is een hybride vrachtwagen met een elektrische actieradius van enkele km's momenteel het best haalbare.

Samengevat levert dit het beeld op dat elektrische aandrijving voor de gemiddelde geluidbelasting in steden nauwelijks tot een verbetering leidt. Met gegevens van Goudappel Coffeng berekent M+P voor het 'alles zit mee' scenario een effect van 0,1 dB in 2025.⁶ Is daarmee het bevorderen van elektrische aandrijving voor lawaai beheersing een doodlopende weg?

WEL EFFECT OP DE HOTSPOTS

Geenzins! De elektrische aandrijving kan wèl een oplossing zijn



DE GEMETEN GELUIDEMISSIE IN STEDELIJK VERKEER ALS FUNCTIE VAN DE SNELHEID VOOR EEN BESTELWAGEN (BOVEN) EN EEN PERSONENAUTO (ONDER), UITGESPLITST NAAR DRIJLIJNGELUID (ZWART) EN BAND/WEGDEKSEL (GRIJS) (BRON: M+P²)

voor lokale hotspots die belangrijk zijn voor de geluidhinder.

Voorbeelden hiervan zijn:

- Een hybride vrachtwagen is een uitstekende oplossing om te voldoen aan het 72 dB Quiet Truck label en daarmee een akoestische oplossing voor piekgeluiden bij laden en lossen.¹¹ Het laden en lossen tijdens distributie activiteiten gebeurt bij lage snelheid (minder dan 20 km/h) in een beperkte afstand rond de winkel. Juist hier geeft de elektrische aandrijving de gewenste geluidreductie. Een beperkte actieradius is geen probleem voor de beperkte radius rond de winkel en de accu laadt zich gemakkelijk weer op in stadsverkeer, waar de distributievrachtwagen opereert. Volledig elektrische vrachtwagens zijn op dit moment nog geen optie, omdat de accu pakketten te groot en zwaar zijn en de actieradius te klein.
- Hybride bussen zijn een akoestisch interessante optie om de geluidhinder bij bushaltes te verminderen. Bij bushaltes ontstaat veel hinder door laagfrequent uitlaatgeluid van optrekkende bussen. Juist bij het optrekken gedurende de eerste tientallen meters kan een stille elektrische aandrijving een relevante reductie geven en veel hinder voorkomen. Voorts wordt specifieke hinder rond de drukke buscorridors hiermee aangepakt.
- Elektrische scooters zijn technisch en akoestisch een zeer goede oplossing voor het grootste geluidhinderprobleem in Nederland (bron diverse hinderenquêtes). Elektrische scooters zijn betaalbaar, hip en mogen zich verheugen in een groeiende belangstelling en een significant marktaandeel. Toch mag verwacht worden dat juist bij de bestuurders van tweewielers veel liefhebbers van “avonturenmachines” zijn, die moeilijk over te halen zijn om hun ronkende verbrandingsmotor in te ruilen voor een stille elektrische variant. Met de campagne Electric Heroes probeert de NSG (Nederlandse Stichting Geluidshinder) hier een mentaliteitsverandering teweeg te brengen.
- Elektrische en hybride auto's zullen ongetwijfeld voldoen in een behoefte van bepaalde klanten. Toch is het twijfelachtig of dit bijdraagt aan de reductie van de geluidemissie. Bij auto's die voldoen aan de laatste stand der techniek is het motorgeluid alleen bij lage snelheid in 1e versnelling dominant. De absolute geluidemissie is dan echter ook met verbrandingsmotor al laag en de verblijfstijd kort. Dit betekent dat de geluidemissie marginaal daalt voor dit soort voertuigen: 1 tot 3 dB afhankelijk van de gemiddelde snelheid (bron: RIVM⁴). Voor sportieve auto's lijkt de hybride of elektrische variant akoestisch een interessante optie. De voorlopige reacties uit de markt laten echter vrezes dat de sportieve rijder niet zonder sportief geluid kan.
- Elektrische en hybride bestelwagens zijn akoestische misschien wel de meest interessante voertuigvariant. De geluidemissie met verbrandingsmotor ligt tussen de personenauto en vrachtwagen in. Het drijflijn geluid van de verbrandingsmotor draagt wezenlijk bij, zowel aan de gemiddelde geluidbelasting als aan de lokale piekgeluiden. Bestelwagens hebben met een aandeel van 15% in het voertuigpark een 40% aandeel in de geluidemissie.⁵ Een omschakeling naar elektrische aandrijving geeft een significante verlaging van de geluidemissie. Juist voor veel bestelwagens die voornamelijk in stedelijk gebied opereren is een beperkte actieradius minder een probleem. Een uitdaging is het kostenplaatje. Bestelwagens opereren in een fiscaal zeer gunstig regime en de meerkosten van een hybride/elektrische variant zijn dan ook niet met fiscale voordeeltjes te compenseren. Stimulering wordt daarom gezocht in het verruimen van de gebruiksbepalingen in steden voor stille/schone bestelwagens via milieufonds en in het realiseren van distributiecentra, waarbij het interstedelijk transport wordt verzorgd door grote vrachtwagens en het lokale binnenstedelijk transport door bestelwagens. Elektrische of hybride bestelwagens passen uitstekend in deze benaderingen.



Kijk en vergelijk! Hieronder staan de belangrijkste verschillen tussen elektrische en benzinescooters op een rijtje.

Wat	Normale Scooter	Elektrische Scooter
Aanschafprijs	€1.150 - 3.000	€1.500-5.000
Brandstof per 3000 km	€200	€15 (betalen ouders!)
Motorisch onderhoud p.j.	€150	€0 (Een elektro motor heeft geen onderhoud)
Mechanisch onderhoud p.j.	€125	€75
Verlaging accu p.j.	€0	€200
Actieradius	150-200 km	60-100 km
Uitstoot (fijnstof)	100 (vaker dan vrachtwagen)	32 en 0 bij opwekking met groene stroom
Geluid	> 70 dB(A)	< 30 dB(A)
Opvoeren	Op vele manieren	Schroefje aansluiten of stekker in trekken
Tanken	Bij het benzinstation	Gewoon de stekker in het stopcontact

MET DE CAMPAGNE 'ELECTRIC HEROES' WORDT DE ELEKTRISCHE SCOOTER GEPROMOOT. DAARBIJ WORDT OOK DUIDELIJK GEMAAKT DAT DE WAT HOGERE AANSCHAFPRIJS ZICH TERUGVERDIENT DOOR DE LAGERE BRANDSTOFKOSTEN. (BRON: WWW.ELECTRIC-HEROES.NL)

ZIJN ELEKTRISCHE AUTO'S "SILENT KILLERS"?

De National Federation of the Blind in de USA heeft aanhangig gemaakt dat stille elektrische voertuigen een gevaar vormen voor blinde en slechtziende mensen. Deze groep mensen oriënteert zich in het verkeer in belangrijke mate op het gehoor. Elektrische voertuigen worden bij snelheden onder de 20 km/h niet of nauwelijks opgemerkt (zie voor demonstratiefilmpjes op de UN/ECE website⁹). Een Amerikaanse studie van het ministerie van transport¹⁰ geeft aan dat hybride elektrische voertuigen bij lage snelheid significant meer betrokken zijn bij ongelukken met voetgangers en fietsers. Vanwege de spectaculaire groei van het aantal hybride voertuigen (van 4% naar 16%; zie hierboven) heeft de regering van Japan besloten dat elektrische voertuigen een akoestisch waarschuwingssignaal moeten voeren bij snelheden onder de 25 km/h. de regering van de USA heeft zich hierbij aangesloten en ook de Europese Commissie heeft aangekondigd maatregelen voor te bereiden. Inmiddels worden nieuwe elektrische en hybride voertuigen met akoestische waarschuwingssignalen uitgerust en zijn er ombouwkits voor bestaande voertuigen op de markt. De voorschriften in Japan stellen dat het kunstmatige geluid moet lijken op dat van een verbrandingsmotor en niet luider mag zijn dan een vergelijkbaar voertuig. De door de gerenommeerde fabrikanten verkochte systemen hebben een bescheiden geluidemissie; vergelijkbaar met een stationair draaiende verbrandingsmotor. Als het voertuig accelereert neemt de toonhoogte en het volume van het kunstmatige geluid toe; vergelijkbaar met een verbrandingsmotor. Daarmee zijn deze voertuigen uiteraard niet stiller meer dan een voertuig met verbrandingsmotor. Tegelijkertijd is een ander akoestisch gevaar ontstaan. Diverse fabrikanten komen met kunstmatige geluidsinstallaties op de markt die de elektrische auto, en iedere andere auto, voorzien van een zeer luid geluid met elke willekeurige klank, variërend van een Amerikaanse V8, via een Formule1 geluid naar futuristische Space en Warp geluiden. Het is nog onduidelijk of dit een trend gaat worden. De wetgeving is in ieder geval nog onvoldoende voorbereid op dit soort elektronische geluiden.

Vroombox: Make your car sound like any car you want

Let's face it: you're probably not going to get that souped up hot rod you always wanted. But at least your current car can sound like the muscle car of your dreams. Through speakers mounted under the car, the sound of the engine will be heard loud and clear by those around you.

RECLAME VOOR EEN KUNSTMATIGE GELUIDBRON MET DE KLANK VAN EEN 'MUSCLE CAR'.

2011 EEN SLEUTELJAAR?

Vanuit geluidtechnisch oogpunt zijn elektrische voertuigen een belangrijke ontwikkeling. Door de juiste inzet van elektrische en hybride voertuigen kan de geluidhinder rond lawaaiige hotspots significant worden gereduceerd. Voor de gemiddelde geluidbelasting zijn elektrische voertuigen momenteel nog minder relevant, omdat hier de geluidemissie wordt gedomineerd door band/weg-

dekgeluid. In combinatie met stille wegdekken en stille banden worden elektrische voertuigen ook hier van belang; vooral elektrische bestelwagens. Tegelijkertijd dienen er zich bedreigingen aan die met nieuwe technologie en wetgeving zullen moeten worden opgelost. 2011 lijkt een belangrijk jaar voor de elektrische auto. Veel fabrikanten komen dit jaar met nieuwe elektrische of hybride voertuigen op de markt. Maar wordt de auto van de toekomst dit keer wèl een succes? Zou de sportieve man wederom verstokt blijven hangen bij zijn avonturenmachine met ronkende verbrandingsmotor? Of zou zijn comfort- en milieubewustzijn het anno 2011 voor het zeggen hebben? De toekomst zal ons leren hoe het verder gaat met de geschiedenis van de auto van de toekomst.

REFERENTIES

1. G. Mom; 'De geschiedenis van de auto van morgen; cultuur en techniek van de elektrische auto'; Dissertatie TU Eindhoven; (ISBN 90 201 2991 0); 1997
2. D.F. de Graaff, G.J. van Blokland; 'Noise emission of passenger cars and vans during urban driving, Vehicle driving conditions, Source distribution and Emission values'; M+P report MVM.00.9.1; 2003
3. B. Peeters, G.J. van Blokland; 'The Noise Emission Model For European Road Traffic'; Imagine deliverable D11; 2007
4. E. Verheijen e.a.; 'Invloed hybride voertuigen op de geluidbelasting'; RIVM rapport 680300006/2008; 2008
5. B. Kortbeek; 'The concern for the urban traffic noise emission of delivery vans and diesels'; informal paper voor EU WG 8; 2001
6. R.M.M. van den Brink e.a.; 'Ontwikkeling monitoringsystematiek Programma Stiller Stadsverkeer'; Goudappel Coffeng en M+P Raadgevende ingenieurs; 2010
7. Agenschap NL en CROW; 'Stille voertuigen/banden tegen verkeerslawaaï, Fact book in het kader van PSS'; 2011; <http://www.stillerverkeer.nl>
8. Agenschap NL en CROW; 'Specifieke hinder van lawaaiige voertuigen en handhaving, Fact book in het kader van PSS'; 2011; <http://www.stillerverkeer.nl>
9. UNECE working Group on Quiet Road Transport Vehicles; working paper QRTV-02-09, QRTV-02-10 en QRTV-02-11; http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grb/QRTV_2.html
10. US Department of Transportation; 'Incidence of Pedestrian and Bicyclist Crashes by Hybrid Electric Passenger Vehicles'; NHTSA Report No. DOT HS 811 204; September 2009; <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/Pubs/811204.pdf>
11. www.piek-international.com