

---

## **The Personal Noise Footprint – an instrument to invoke awareness of one's own contribution to environmental noise**

Elly Waterman and Edwin Verheijen,  
dBvision,  
Groenmarktstraat 39  
3521 AV Utrecht  
The Netherlands  
e-mail [elly.waterman@dBvision.nl](mailto:elly.waterman@dBvision.nl); [edwin.verheijen@dBvision.nl](mailto:edwin.verheijen@dBvision.nl)

### **Abstract**

Environmental noise is generally considered a problem that should be tackled at governmental level. This is justified as long as citizens cannot really influence the amount of noise that is produced in their neighbourhood. The consequence, however, is that people are not aware of their share in environmental noise, or worse, they are not interested at all in environmental noise and its (hidden) effects on health. Changing this attitude may be required for a sustainable quieter environment.

In many cases individuals can choose between different means of transportation. Citizens are willing to take environmental aspects like CO<sub>2</sub> emission and energy wastage into consideration, but up to now cannot decide on the noise impact. Will I take the bus or drive by car? Will I take the high speed train or an airplane? What is my share in noise impact, as a passenger, in these cases? To what extent do I have a share in industrial noise as well, being consumer and labourer?

In this article a method is given to calculate one's personal contribution in environmental noise. In order to visualise this contribution, we are borrowing the concept 'noise footprint' which is used in aircraft noise control and reform this into a 'personal noise footprint (PNF)'. The PNF has no directional information. It represents the area which is exposed to noise and it indicates which activity of individuals is dominant. Besides visualisation advantages, the noise footprint features simple maths instead of logarithms. Strength and weaknesses of concept are discussed in this article.

## **De geluidsvoetafdruk - instrument voor bewustwording van het eigen geluidgedrag**

### **1. Waarom een geluidsvoetafdruk?**

Over grote delen van de wereld ligt een geluidsdeken. Langs alle druk bereden wegen en spoorwegen, rond vliegvelden en rond industrieterreinen zijn de geluidsniveaus hoog en wordt het leefklimaat aangetast.

De bewoners van deze gebieden ondergaan dit verminderde leefklimaat over het algemeen lijdzaam. Maar zodra er een verandering optreedt of dreigt op te treden, komen bewoners in opstand. Er ontstaat een sfeer waarbij de initiatiefnemer van de verandering gezien wordt als een slechterik, die het leefklimaat verder komt verpesten. Maar zo ligt het natuurlijk niet. Al dat geluid dat door menselijke activiteit ontstaat, maken wij met zijn allen zelf. Ieder mens

heeft een bijdrage aan deze geluidhinder. Laten wij dit uitdrukken als een "geluidsvoetafdruk" (GVA).



**Figuur 1:** Het logo van de geluidsvoetafdruk.

De geluidsdeken die over Nederland ligt, is dan ook opgebouwd uit 16 miljoen persoonlijke geluidsvoetafdrukken. Het vervelende is echter, dat elk individu de eigen bijdrage aan de geluidhinder niet kan horen. Niemand kan horen hoe groot de geluidbelasting is vanuit het vliegtuig waarmee hij zelf op vakantie gaat. Vrijwel niemand is zich bewust van zijn bijdrage door woon-werk verkeer, door uitstapjes in het weekend, of als hij de kinderen naar school brengt.

Nog lastiger wordt het voor een individu om zich voor te stellen welk geluid hij indirect produceert. Bij de fabricage van producten en bij het transport daarvan wordt namelijk ook geluid gemaakt. Juist het geluid van het transport van goederen veroorzaakt veel weerstand bij bewoners. Terwijl fabricage en transport van goederen nodig is om onze levensstandaard te handhaven. De containers over de Betuweroute rijden voor ons aller nut en plezier.

De geluidsvoetafdruk (GVA) is een manier om mensen inzicht te geven in de eigen, directe en indirecte, geluidsproductie. Elke activiteit die een individu uitvoert heeft geluidsproductie tot gevolg. Natuurlijk zijn dat alle autoritten en vliegtrips. Maar weinigen zullen zich ervan bewust zijn dat een sinaasappel pas op de fruitschaal terecht kan komen na een lange reis. Elke sinaasappel, maar ook elke mobiele telefoon draagt dan ook bij aan de persoonlijke geluidsvoetafdruk. De afdruk van een mobieltje is waarschijnlijk veel groter dan die van een sinaasappel. Dat wordt veroorzaakt door alle productiestappen en goederentransporten die nodig zijn om een mobieltje, dat uit talloze onderdelen bestaat, te maken.

De hoop is, dat door inzicht te geven in de eigen GVA, mensen meer begrip zullen hebben richting initiatiefnemers van projecten. Maar vooral is de hoop dat dit inzicht ertoe leidt dat mensen zich bewuster gaan gedragen, en bij de keuzes die ze kunnen maken, ook rekening gaan houden met geluid.

En wie weet, wordt in de verre toekomst, een geluidstax gekoppeld aan elk product dat in de winkel of bij de pomp te koop is. Zodat stille producten en stille vervoerswijzen de voorkeur gaan verdienen boven de lawaaiige.

### 1.1. Wat is de geluidvoetafdruk?

De geluidvoetafdruk is een oppervlaktemaat. In principe is de vorm van dat oppervlak vrij te kiezen. Voor populaire doeleinden kunnen we ons de vorm van een voet als de afdruk voorstellen maar vanuit akoestisch oogpunt ligt een cirkel of rechthoek meer voor de hand (als de geluidbron respectievelijk een stationaire of bewegende puntbron is.)

### 1.2. Welke geluidmaat?

De volgende vraag die we ons stellen is welke geluidmaat en welke geluidcontour we als uitgangspunt zouden moeten nemen voor de voetafdruk. Als geluidmaat kunnen algemeen bekende en aanvaarde maten als de  $L_{Aeq}$  of de  $L_{den}$  worden genomen. De grootte van de voetafdruk kan voor verschillende contourafstanden worden berekend. Bij het vergelijken van voetafdrukken van verschillende bronnen of situaties dient wel steeds duidelijk te zijn welke grenswaarde hij betreft. Hier kunnen wettelijke grenswaarden dan wel internationale richtwaarden voor worden gebruikt. De Environmental Noise Directive (END) houdt een rapportage-ondergrens van 55 dB  $L_{den}$  aan. Voor verkeer van rijkswegen geldt in Nederland een richtwaarde van 48 dB  $L_{den}$ , maar voor industrielawaai is een  $L_{Aeq}$  van 50 dB(A) de norm. Ook de WHO noemt 50 dB(A) overdag en 40 dB(A) 's nachts als streefwaarden voor de  $L_{Aeq}$ . Wij kiezen in deze studie dan ook deze waarden als uitgangspunt voor de voetafdruk, voor alle geluidbronnen. Dit wordt gecombineerd in een  $L_{den}$ -contour van 50 dB.

## 2. Totaal geluidbelast oppervlak

Om het totale geluidbelaste oppervlak te berekenen maken we gebruik van geluidkaarten. In de Europese Unie kan worden uitgegaan van de opgaven die in het kader van de END beschikbaar zijn gesteld. Deze kaarten zijn echter niet volledig: alleen het geluid binnen de grotere agglomeraties en het geluid van de belangrijkste (spoor)wegen, luchthavens en industrieterrein is vastgesteld. Om een compleet beeld te krijgen dienen deze kaarten te worden geëxtrapoleerd, waarbij bovendien rekening gehouden moet worden met de hogere ondergrens van 55  $L_{den}$ . In de Nederlandse situatie zullen wij daarom het landsdekkende kaartmateriaal gebruiken dat het RIVM op internet beschikbaar stelt [1].



**Figuur 2:** Geluidsbelast oppervlak in Nederland binnen de 50  $L_{den}$  contour. Dit is inclusief geluid van windturbines op zee.

Deze kaart bevat naast het geluid van vrijwel alle verkeerswegen en spoorwegen ook dat van industriegebieden, windturbines, luchthavens en militaire laagvliegroutes. Scheepvaartlawaai is echter niet meegenomen op deze kaart. Het oppervlak binnen de Lden-contour van 50 dB bedraagt 10145 km<sup>2</sup>. Dit komt overeen met 30% van het landoppervlak. De gemiddelde Nederlander (16,7 mln inwoners) heeft daarmee een voetafdruk van 614 m<sup>2</sup> voor deze geluidbronnen bij elkaar. Dat is globaal een rechthoek van 20x30 meter. Dit is veel meer dan het oppervlak van een gemiddelde eensgezinswoning met een tuin. Ieder mens vervuult ca. 6x zoveel als zijn eigen woonomgeving met geluid.

Bij deze berekening valt het een en ander op te merken. Niet alle inwoners kunnen verantwoordelijk worden gehouden voor al het genoemde lawaai. Hoe zit het bijvoorbeeld met iemand geen auto rijdt? En wat doen we met het industriellawaai en het lawaai van goederentransport? Moeten we dit uitsluiten als we het lawaai omslaan naar hoofd van de bevolking? Ook kan van belang zijn in hoeverre het geluidbelaste oppervlak bewoond is of niet. Maar er kan ook anderszins hinder van geluid zijn, bijvoorbeeld in natuur- of stiltegebieden waar mensen en dieren vertoeven. Gebieden waar geluid geen gevolgen heeft, zoals de open zee, kunnen wel worden uitgesloten.

## 2.1. Praktijkvoorbeeld

Als voorbeeld van de invloed van persoonlijke keuzes op iemands voetafdruk, beschouwen we het lawaai van vervoersalternatieven onderling. Hiervoor is het nodig om de geluidemissie van de verschillende bronnen te berekenen en te relateren aan het aantal reizigers. Hiermee kunnen we antwoord geven op de vraag of we minder lawaai produceren als we kiezen voor de trein in plaats van de auto.

## 3. Geluidbelast oppervlak en bronsterkte

Om de emissies van geluidbronnen onderling te vergelijken, is het van belang eerst de akoestiek van puntbronnen en lijnbronnen te bekijken. Auto's en treinen worden in de akoestiek benaderd als lijnbronnen. Industriële installaties zijn meestal als puntbronnen op te vatten. Bij vliegtuigen ligt het wat lastiger. Aangezien deze boven een bepaalde vlieghoogte niet meer hoorbaar zijn op de grond, is een aanpak als lijnbron niet aan de orde. Vliegtuigen komen later aan bod.

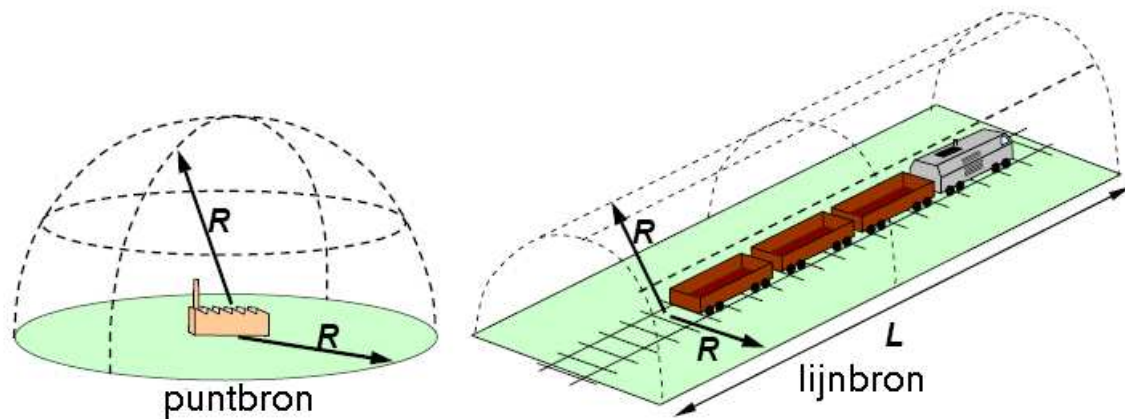
Een puntbron heeft in het vrije veld cirkelvormige geluidcontouren waarvan de straal afhangt van de bronsterkte  $L_W$ . De afstand  $R$  waarop een bepaalde geluidcontour  $L_{Aeq}$  ligt, hangt op de bekende wijze samen met de bronsterkte:

$$L_{Aeq} = L_W - 10 \log(2\pi R^2) - D \quad (1)$$

Hierin representeert  $D$  een zekere verzwakking ten gevolge van de bodemgesteldheid, meteo en luchtabsorptie. Afscherming door gebouwen of geluidsschermen wordt in deze berekeningen buiten beschouwing gelaten. Voor bewegende puntbronnen, zoals (spoor)wegverkeer, geldt echter de karakteristiek van lijnbronnen:

$$L_{Aeq} = L_W - 10 \log(\pi RL) - D \quad (2)$$

Hierin is  $L$  de lengte van de lijnbron.



**Figuur 3:** Halve bolvormige uitstraling en halve cilindervormige uitstraling voor respectievelijk een puntbron en een lijnbron.

Voor het gemak is de factor  $D$  voor een puntbron gelijkgesteld aan die van een lijnbron. Om de grootte van de voetafdruk te berekenen – het geluidbelaste oppervlak  $A$  – stellen we  $L_{Aeq} = 50$  dB en herschrijven we beide formules als:

$$A_{punt} = \pi R^2 = 10^{(L_w - D - 10\log(4) - 50)/10} \quad (3)$$

$$A_{lijn} = RL = 10^{(L_w - D - 10\log(2\pi) - 50)/10} \quad (4)$$

Deze formules laten zien dat een verdubbeling van de bronsterkte, dus  $L_w + 3$  dB, tot een verdubbeling van het oppervlak binnen een bepaalde contour leidt. Tweemaal zoveel verkeer leidt dus tot tweemaal zoveel geluidbelast oppervlak. Dit lineaire verband tussen bronsterkte en oppervlak maakt de voetafdruk tot een bruikbare maat waarmee zonder logaritmes en decibellen kan worden gerekend. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat in de praktijk afwijkingen optreden, doordat de verzwakkingsterm  $D$  geen constante is, maar een zekere functie van de afstand  $R$ . Met name bij grotere afstanden tot de bron is de verzwakking hierdoor eerder 5 dB per afstandsverdubbeling in plaats van 3 dB. Omdat deze afwijkingen bij alle soorten geluidbronnen in min of meer gelijke mate optreden, hebben we hier nauwelijks last van bij het vergelijken van voetafdrukken onderling. De voetafdruk kan dus veilig worden geïntroduceerd bij een groot publiek, maar voor formele opgaven van het geluidbelaste oppervlak blijven meer geavanceerde berekeningen noodzakelijk.

#### 4. Nemen we het vliegtuig, de auto of de trein naar Parijs?

Nu we weten hoe het geluidbelaste oppervlak zich verhoudt tot de bronsterkte kunnen we een aantal vergelijkende berekeningen maken.

Welk vervoermiddel heeft de kleinste voetafdruk voor een reis Amsterdam – Parijs? Een auto, een touring-car, een IC-trein, een hogesnelheidstrein of een vliegtuig? Onderstaande tabel uit [2] geeft de ingrediënten voor deze berekening. Omdat de reis een (eenmalig) *event* is, is overigens niet de  $L_{den}$  maar de SEL als basis gebruikt bij de oppervlakteberekening<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> De persoonlijke *jaarlijkse* GVA van iemand kan worden samengesteld uit alle *single events* waar deze persoon een aandeel in heeft: reizen, openluchtconcert bezoeken, enzovoorts. Het spreekt vanzelf dat dit is een omvangrijke exercitie is.

**Tabel 1:** Geluidsvoetafdruk voor verschillende transportmiddelen bij een reis van 500 km.

transportmiddel	snelheid [km/h]	aantal zit-plaatsen	bezettingsgraad*	bronkarakteristieken		GVA per transportmiddel	GVA per reiziger
				intensiteit	SEL =80 dB(A)		
personenwagen	120	4	25-50%	15.3 mvt/u	op R = 50 m	3.3 km <sup>2</sup> per auto	1.63 km <sup>2</sup>
touring-car	100	60	50-70%	9.40 mvt/u	op R = 50 m	5.3 km <sup>2</sup> per auto	0.13 km <sup>2</sup>
Intercity dubbeldekker (8 bakken IRM)	160	780	35-55%	0.151 treinen/u	op R = 50 m	331 km <sup>2</sup> per trein	0.77 km <sup>2</sup>
Hogesnelheidstrein (ICE of Thalys)	300	377	50-70%	0.093 treinen/u	op R = 50 m	538 km <sup>2</sup> per trein	2.04 km <sup>2</sup>
Vliegtuig (narrow-body)	850	165	70-85%	1 maal opstijgen en landen	$A_{\text{rootprint}} = 8.6 \text{ km}^2$	9.0 km <sup>2</sup> per vliegtuig	0.064 km <sup>2</sup>

\* overgenomen uit rapport [3].

Bij deze berekeningen is uitgegaan van standaard wegdektype, referentiespoor en standaard footprints van een narrow-body vliegtuig (bijvoorbeeld B737-700 of A320). De voetafdrukken kunnen wijzigen als bronmaatregelen worden toegepast. De gangbare bronmaatregelen hebben echter vergelijkbare reducties van circa 2 tot 4 dB voor elk van de vervoermiddelen (respectievelijk stil asfalt, raildempers, akoestisch slijpen en Continuous Descent Approach).

Indien we omwille van de milieu-impact kiezen voor de IC-trein, zouden we door 2e klas te reizen nog een iets lagere persoonlijke milieudruk kunnen bereiken. Immers, hoewel de trein er als geheel niet stiller op wordt, is dan wel ons ruimtebeslag in de trein kleiner. In de tweede klas staan 30-40% meer stoelen per m<sup>2</sup> dan in de eerste klas en het lijkt ons redelijk als de geluidbewuste reiziger zich dit voordeel toeëigent.

## 5. Industriële geluidbronnen

Voor het uitwerken van vragen rond de voetafdruk van industriële bronnen is nader onderzoek nodig. Bij industriële geluidbronnen is een eenduidige verdeling van het totale geluidbelaste oppervlak namelijk niet evident. In eerste aanleg zouden we kunnen stellen dat we daar met zijn allen als deelnemers aan het economisch verkeer gezamenlijk verantwoordelijk voor zijn. Vrachtverkeer op de weg (1/5 deel van het wegverkeer), goederentreinen, de binnenvaart en vrachtvliegtuigen zouden we eveneens moeten rekenen tot de industriële geluidbronnen.

Toch kan ook bij industrielawaai soms gedifferentieerd worden, bijvoorbeeld als in het economisch verkeer iets te kiezen valt. Nemen we groene of grijze energie? Dan is het de vraag op welke wijze de energie wordt opgewerkt. Interessant is dat met name windturbines ondanks hun milieuvriendelijke predicaat onder druk staan van geluidnormen.

## 6. Vooruitzichten en mogelijkheden van de persoonlijke voetafdruk

De hier beschreven voorbeelden richten zich vooral op transport. Hiermee krijgt de consument indruk van de gevolgen van het eigen gedrag. Door een stille band te kopen, kan de consument inzien dat de GVA van autobewegingen met de helft of meer kan krimpen. Door te kiezen voor de trein voor het woon-werk verkeer krimpt de GVA nog meer. Transport is de belangrijkste geluidsbron in de meeste landen, en toepassing van de GVA op transport ligt dan ook het eerst voor de hand.

Maar de GVA berekend worden voor andere activiteiten, zoals het bezoeken van voetbalwedstrijden en concerten in de open lucht. Het in kaart brengen van burenhinder (parketvloer, harde TV, muziekinstrumenten en tuinplezier) is minder gemakkelijk, maar behoort ook tot de mogelijkheden.

Daarnaast kan een geluidsvoetafdruk bepaald worden van een product. Het is denkbaar een geluidlabel gebaseerd op de GVA toe te passen op koelkasten, levensmiddelen, kleding etc. Ook daarbij zal vooral het transport een grote rol spelen. Het ligt voor de hand de GVA te combineren met voetafdrukken van andere milieu aspecten, zoals de CO<sub>2</sub>-productie.

Het concept van de GVA is in 2009 voorgesteld op het Congres Geluid, Trillingen en Luchtkwaliteit en kreeg daar de tweede prijs van het publiek [4].

## Conclusies

In dit artikel is een idee gepresenteerd. Om het uit te werken naar een voor de consument bruikbaar middel is meer nodig. Een mogelijkheid is een interactieve website te ontwikkelen, waarbij de consument het eigen gedrag kan invullen, en per component daarvan het geluidsbelast oppervlak voorgeschoteld krijgt. Dit kan dan worden vergeleken met dat van de "gemiddelde Nederlander". De consument zou moeten kunnen spelen waarbij inzicht verkregen wordt in de belangrijkste componenten. Een ander idee zou een soort rekenlineaal of rekenschijf kunnen zijn, waarmee de consument de eigen GVA kan bepalen, of een gezelschapsspel gebaseerd op de GVA.

Tenslotte kan de GVA gecombineerd worden met andere milieucomponenten. Omdat de klimaatverandering erg in de belangstelling staat, ligt een combinatie met CO<sub>2</sub>-uitstoot voor de hand. In dat geval is de vraag of het vliegtuig nog zo gunstig zou uitvallen.

## Literatuur

1. RIVM website: Reikwijdte en omvang van de geluidbelasting 2008, <http://www.rivm.nl/milieuportaal/onderwerpen/geluid/geluidbelasting/>
2. E. Verheijen en E. Waterman, "One's Personal Noise Footprint: what's your share in environmental noise production?", Internoise 2010, Lissabon, preprint 272.
3. Den Boer, L.C., Emissies van helikopters vergeleken met andere vervoerswijzen, CE Delft, oktober 2006, <http://www.ce.nl/ce/rapporten/114>
4. Juryrapport Innovatieprijs 2009, Innonoise