

# 3D DIGTOP voor het maken van geluidsberekeningen

## Den Haag gebruikt vliegtuig laserscanning voor haar geluidskaarten

*Ron Mandala, bedrijfs onderdeel Milieu en Vergunningen, Dienst Stadsbeheer, Gemeente Den Haag*

*Anke van Dellen, TerraImaging, Amsterdam*

*Hans van Leeuwen, DGMR Raadgevende Ingenieurs bv Den Haag*

3D doet misschien al gauw denken aan de ouderwetse maquette in een nieuw digitaal jasje. Mooie plaatjes dus. Een 3D grootschalige kaart kan echter daadwerkelijk ingezet worden binnen de werkprocessen van een gemeente. Bijvoorbeeld voor het maken van geluidsberekeningen in het kader van de wet Geluidhinder. De Dienst Stadsbeheer, bedrijfs onderdeel Milieu en Vergunningen van de gemeente Den Haag liet haar grootschalige kaart (DIGTOP) 3-dimensionaal maken m.b.v. vliegtuig laserscanning hoogte data.

### Inleiding

Om geluidsniveaus te bepalen conform de Reken- en Meetvoorschriften van de Wet geluidhinder moeten er verschillende geografische gegevens, waaronder ook de hoogte van gebouwen in een computermodel ingebracht worden. Bij vele gemeenten en overheidsinstellingen is er nauwelijks, of geen nauwkeurige hoogte-informatie bekend. Maaiveldhoogten van bijvoorbeeld rioolcolken of kunstwerken zijn wel terug te vinden, maar de hoogte van gebouwen, of onderdelen van gebouwen en andere objecten is niet of nauwelijks vastgelegd en zeker niet toegankelijk in een digitaal formaat.



**Figuur 1. Driedimensionaal model van een deel van Den Haag als onderdeel van het project voor de railwaaikaart. Op de voorgrond links voor het Centraal station van Den Haag. Midden Station Holland Spoor**

Bij de gangbare werkwijzen wordt deze informatie ingewonnen door mensen die met kaart, afstandsmeter en meetlat, de wijken doorlopen en vanaf de straat voor alle gebouwen de hoogte trachten vast te stellen. Het tellen van verdiepingen is de meest toegepaste methode. Deze inventarisatie is behoorlijk arbeidsintensief. Tevens moet opgemerkt worden dat deze werkwijze niet volledig is, omdat alleen datgene wordt weergegeven wat vanaf de straat zichtbaar is.

Teneinde de kwaliteit van de akoestische berekening te verbeteren is er in Den Haag een project gestart om op basis van hoge resolutie digitale hoogtegegevens en digitale kaartinformatie computermodellen te genereren.

### **Methode van informatie inwinnen en de wijze van vertaling.**

Moderne vliegtuig remote sensing technieken maken het mogelijk om snel, van grote gebieden, hoogte informatie in te winnen. Afhankelijk van de gebruikte techniek kan een hoogte - nauwkeurigheid van 10 cm worden bereikt bij een punt dichtheid van meerdere punten per m<sup>2</sup>.

De methode (LIDAR of Laser Altimetrie genaamd) werkt als volgt. In een vliegtuig wordt een laserscanner gemonteerd, vanaf een hoogte van ongeveer 1000 meter stuurt de laser in een hoge frequentie van 25 tot 50Khz, laserpulsen naar het aardoppervlak. Terwijl middels GPS ontvangers in het vliegtuig en op de grond de positie van het vliegtuig nauwkeurig wordt bepaald, meet de laserapparatuur de tijd tussen het versturen en ontvangen van de laserpuls. De positie van het vliegtuig (in X, Y en Z) en de hoogte van het aangemeten punt zijn nu bekend.

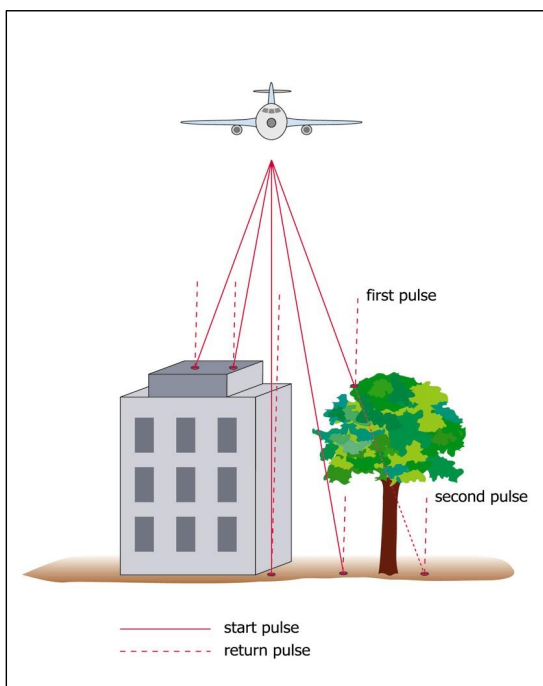
Door het oppervlak van het in te meten gebied te bedekken met een puntenwolk ontstaat een bestand met een groot aantal coördinaten waarmee het terreinoppervlak in 3 dimensies is vastgelegd.

Alle in het terrein voorkomende objecten die door een laserpuls zijn geraakt zijn nu nauwkeurig in hoogte bekend. Objecten met een geringe oppervlakte, zoals schuttingen en muren en dergelijke, zullen niet of sporadisch worden geraakt.

Zich op straat bevindende personen en auto's kunnen eenvoudig worden uitgefilterd. Van vegetatie is niet alleen de hoogte van de vegetatie maar ook, tenzij het bladerdek te dicht is, de maaiveldhoogte onder de vegetatie bekend.

### **De vliegtuig laserscanning methode**

Van alle voor geluidsberekeningen noodzakelijke objecten kan de hoogte worden bepaald. Van gebouwen de maaiveldhoogte en de hoogte van het gebouw boven het maaiveld. Als een gebouwencomplex meerdere hoogtes kent, zal dit ook door de laser duidelijk worden gedetecteerd.



**Figuur 2. Techniek laserscanning**

Het detailniveau van Digitale topografische kaarten is te hoog voor geluidsberekeningsmodellen waardoor een generalisatieslag van met name de gebouwen noodzakelijk was. Alle gebouwen kunnen qua vorm teruggebracht worden tot eenvoudige rechthoeken. Het verdient voorkeur om uitbouwen als erkers en liftschachten weg te laten, aangezien dit meestal akoestisch niet relevant is. Dit gegeneraliseerde bestand vormt de geometrische basis voor Geonoise, wat een geavanceerd softwarepakket is voor het maken van geluidsberekeningen en voor het vervaardigen van geluidskaarten. Voor geluidsberekeningen, maar ook voor Milieu Effect Rapportages, een Milieu Aspecten Studie of een verkeersmilieukaart wordt tegenwoordig steeds vaker Rekenmethode II toegepast. Zie literatuur [2,3,4]. In het buitenland worden soms andere modellen gebruikt; er is een ISO model en binnen Europa wordt er hard gewerkt aan een nieuw model, Harmonoise genaamd. Zie Literatuur. [5]. Al deze rekenmethoden maken gebruik van een 3D computersimulatiemodel.

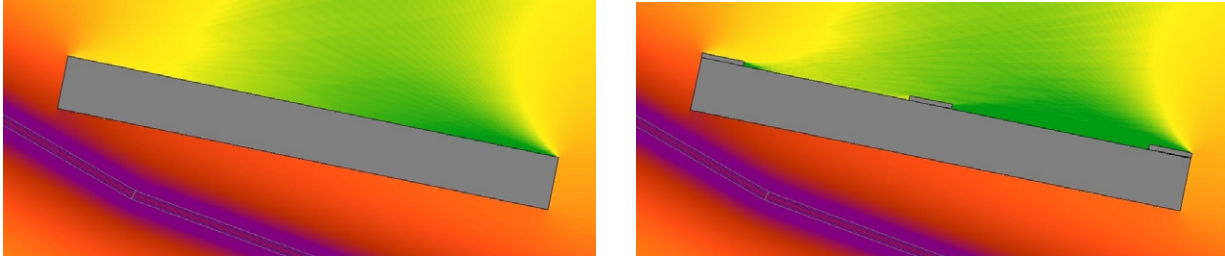
Hoogte-laserscanning is een uitstekende mogelijkheid om een driedimensionaal computersimulatiemodel te maken. Achtergrond is dat er wel veel informatie in het platte vlak aanwezig is, maar dat de hoogte informatie hierbij ontbreekt.

Met hoogte-laserscanning kan deze informatie worden toegevoegd. De hoogte informatie wordt niet alleen aan gebouwen toegekend, maar ook aan andere "lijnen" kan hoogte-informatie worden toegevoegd. Hiermee worden dan ook de taluds van wegen en spoorlijnen en andere heuvels gemodelleerd.

### Kantekeningen.

Hoogte informatie aan gebouwen koppelen lijkt veel eenvoudiger dan het is. In deze paragraaf worden enige voorbeelden gegeven waar problemen ontstaan en hoe deze opgelost kunnen worden.

Een belangrijk punt is dat een gebouw bestaande uit een onbekend aantal knooppunten een complexe vorm is. Uit akoestisch oogpunt is het onwenselijk om bijvoorbeeld erkertjes en andere kleine uitstulpingen aan een muur mee te nemen. Een voorbeeld is in onderstaand details van twee geluidskaarten zichtbaar gemaakt.

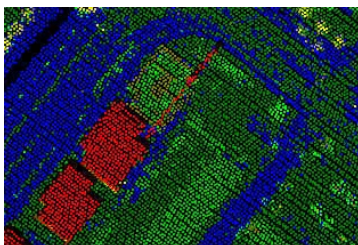


**Figuur 3. Voorbeeld van twee details van geluidskaarten met verlopende kleuren. Op het rechterkaartje is op de achtergevel van het gebouw met gevelverspringing meer verloop in het geluidsniveau dan op het linkerkaartje.**

De hoogte-informatie van bijvoorbeeld een erker, die akoestisch gezien totaal irrelevant is, vervalt dan ook. Wat wel relevant is zijn bijvoorbeeld woningen met een uitbouw. We zien dan een "hoofdgebouw" van bijvoorbeeld drie verdiepingen en een uitbouw, bijvoorbeeld van een keuken. Deze uitbouw is dan slechts een verdieping hoog.

In de reken- en meetvoorschriften is geen aanwijzing of richtlijn gegeven omtrent het rekenen met schuine daken. Dit heeft geresulteerd in het feit dat computersimulatiemodellen met gebouwen omgaan als zijnde rechte blokken. Voor de hoogte van het gebouw wordt meestal de nokhoogte gebruikt. Dit is de correcte hoogte als het gaat om de akoestische afscherming van het gebouw. Het rekenen met reflecties van geluidspaden in een schuine kap is niet mogelijk. In de praktijk zal een reflectie ook niet relevant zijn. Bij het modelleren van gebouwen tot en met de nokhoogte zal er in het computersimulatiemodel wel een reflectie worden berekend, die over het algemeen sterk naar boven wordt gericht en daardoor geen significante bijdrage geeft op een geluidsniveau op 5 m hoogte boven het maaiveld.

Ten behoeve van de modellering worden aan de gebouwvlakken uit de digitale topografie een hoogtemaat (z-waarde) toegekend. Anders gezegd: de vlakken worden verticaal tot de gemeten hoogtemaat opgetrokken. Gevelvlakken zijn hierdoor altijd verticaal. Schuine daken worden als platte daken weergegeven. In werkelijkheid bestaan er diverse vormen van daken, bijvoorbeeld puntdaken, zadeldaken, gebogen daken etc. In eerste instantie is voor de hoogte van een gebouw gekozen voor de hoogste (laser)meetwaarde. Dit was akoestisch gezien de meest gunstige situatie. Op basis van de gepresenteerde resultaten is geconcludeerd, dat dit geen juiste keuze was. Doordat de hoogte was gebaseerd op slechts één waarde, nl. de hoogste waarde, werd in bepaalde gevallen gebruik gemaakt van onjuiste gegevens. Denk hierbij aan een waarde die werd verkregen door een toevallig overvliegende vogel of de aanwezigheid van een 'hoge' hijskraan (zie figuren 4 en 5).



**Figuur 4. Bovenaanzicht laserdata (rood is hoog)**



**Figuur 5. Zijaanzicht laserdata (zelfde dataset als figuur 4.)**

Na diverse controles te hebben uitgevoerd, is ten slotte gekozen voor 'de mediaan'. Hiermee worden extreme waarden buiten beschouwing gelaten. De mediaan is het middelste getal van een verzameling van getallen, die naar opklimmende grootte gerangschikt is.

Een modelleringsprobleem zijn onderdoorgangen. Zoals reeds eerder aangegeven maakt TerraImaging voor het 3D-model gebruik van de 2D-informatie (als ondergrond) welke afkomstig is van de digitale topografie. Hierin zijn de begrenzingen van een gebouw of delen van een gebouw, welke zich op het maaiveld bevinden, opgenomen. Onderdoorgangen ter plaatse van gebouwen worden als overbouwlijnen in de digitale topografie aangegeven. Aangezien de digitale topografie uitsluitend uit 2D-informatie (x en y coördinaten) bestaat, ontbreekt ook hier de hoogte van een onderdoorgang. Derhalve kunnen onderdoorgangen niet in het 3D-model worden weergegeven.

Bij het maken van geluidsberekeningen zullen onderdoorgangen altijd handmatig aan het 3D-model moeten worden toegevoegd. Hiervoor is kennis van de plaatselijke omstandigheden van groot belang. Als hulpmiddel kan hierbij gebruik worden gemaakt van Optitheek Den Haag. De Optitheek Den Haag is een digitaal fotobestand van geheel Den Haag waarmee de gemeente van 'meter tot meter' kan worden bezichtigd met behulp van cyclorama's en digitale luchtfoto's.

### **Conclusie**

Hoogte-laserscanning kan zeer goed gebruikt worden ten behoeve van het maken van geluidsberekeningen. Drie dimensionale geografische informatie wordt automatisch verzameld en omgewerkt tot een computersimulatiemodel voor geluidsberekeningen.



**Figuur 6. Voorbeeld van een klein detail van een geluidkaart**

Van laser altimetrie kan verwacht worden dat de meeste details worden waargenomen. Beperkingen zijn er echter wel. Schuttingen, muren of dunne geluidsschermen worden niet (goed) ontdekt. Ook tunnels, bruggen, viaducten en een andere overbouw kunnen een probleem vormen bij de opbouw van het drie dimensionale bestand. Niet in de 2D topografische bestanden voorkomende elementen, die wel in het hoogtebestand voorkomen, worden in een geschatte vorm weergegeven die sterk kan afwijken van de werkelijkheid. Hierbij geldt dat gebouwpolygonen gesloten moeten zijn.

Met goede digitale topografie waarbij bijzondere en afwijkende objecten herkenbaar zijn en eventueel met een visuele inventarisatie ter plaatse, kan er met enige handmatige handelingen wel een correct akoestisch computersimulatiemodel gemaakt worden.

Juist nu vaker door gemeenten een lokaal geluidsbeleid opgesteld gaat worden, kan met hoogte informatie en met behulp van Geonose een geluidkaart van de hele stad worden gemaakt. Hiermee kan vervolgens de huidige situatie worden berekend en kan tevens bijvoorbeeld op basis van de verkeersprognoses of maatregelvarianten de toekomstige situatie worden voorspeld.

## Literatuur

Dit artikel is grotendeels gebaseerd op

Ir. R. Mandala, Ir. M. Van Heest en Ing. J.J.A. Van Leeuwen, Hoogetelaserscanning en geluidsberekeningen – luchtfietserij?, *Geluid*, juli 2003 26-3

### Overige literatuur:

1. Reken en Meetvoorschrift Wegverkeerslawaai 2002, CROW 2002.
2. Reken- en Meetvoorschriften Railverkeerslawaai '96, Ministerie volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieubeheer, Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Geluid en Verkeer, Den Haag, 1996
3. Handleiding meten en rekenen industrielawaai, (HMRI '99), Ministerie volkshuisvesting, ruimtelijke ordening en milieubeheer, Directoraat Generaal Milieubeheer, Directie Geluid en Verkeer, Den Haag, 1999
4. [www.Harmonoise.org](http://www.Harmonoise.org)
5. van Leeuwen, J.J.A. Noise prediction models to determine the effect of barriers alongside railway lines, *Journal of Sound and Vibration* (1996) 193(1).