

Akoestische camera maakt geluidproblemen inzichtelijk

In een pilotproject is veel informatie verzameld om de akoestische camera van Sorama verder te ontwikkelen van een laboratoriumtechniek naar een praktisch toepasbare methode om geluid te meten. De camera maakt in één seconde een geluidplaatje van een object, zoals een fotocamera een optische afbeelding maakt. Dit geluidplaatje kan over het optische beeld van de installatie gelegd worden, zodat de geluidbronnen van de installatie precies zijn aan te geven. Hierbij wordt niet alleen de geluiddruk, maar worden ook de geluidintensiteit en de deeltjessnelheid gemeten. Merford Noise Control heeft de camera begin 2013 als één van de eersten in Nederland in gebruik genomen.

Dr.ir. Jan Potter, acoustic engineer, Merford

De akoestische camera bestaat uit een array met 1024 MEMS microfoons in een matrix van 32 bij 32 op een afstand van 20 mm van elkaar. De afmeting van de array is dus 640 x 640 mm. Per keer kan een oppervlak van deze afmeting worden gemeten. Bij grotere oppervlakken worden de opnamen van naast elkaar liggende vlakken samengevoegd tot één beeld. De camera meet alleen het geluid van de bron zelf en wordt niet beïnvloed door eventuele omgevingsgeluiden. Hierdoor is het mogelijk om zelfs in galmende ruimten analyses te maken. De beelden van de akoestische camera geven in korte tijd inzicht in de dynamische eigenschappen van het object. De zwakke punten in de constructie zijn direct zichtbaar: trillingen, constructiegeluid en geluidlekken kunnen herkend worden. Met behulp van deze gegevens kunnen conclusies worden getrokken en gerichte maatregelen in adviezen en oplossingen worden uitgewerkt. Dit maakt de camera bij uitstek geschikt als hulpmiddel bij productontwikkeling. Maar ook in bestaande installaties kan de camera worden gebruikt om

snel de geluidproblemen in beeld te brengen.

■ PRAKTIJKVOORBEELD

Om de toepassing van de camera in de praktijk te illustreren is een persluchtcompressor met de akoestische camera in beeld gebracht. De compressor staat opgesteld in een technische ruimte. Naast deze ruimte bevinden zich kantoren. In de ruimte staan twee van deze units opgesteld. Deze veroorzaken een geluidniveau van 65 dB(A) in de technische ruimte (figuur 1). De roterende schroefcompressor heeft een elektrisch vermogen van 18 kW en levert circa 10 Bar druk bij een flow van 2,61 m³/min. De as-snelheid bedraagt 3.400 omw./min. De afmetingen van de installatie bedragen 1,92 (hoogte) x 1,63 (lengte) x 0,72 (breedte) meter. Om de installatie in kaart te brengen met de camera zijn voor het voor- en achtervlak negen scans van de camera nodig. Voor de zijvlakken wordt in dit voorbeeld volstaan met drie scans aan de linker zijde en twee scans aan de rechterzijde (door het onderste meetvlak loopt een leiding waardoor de camera hier niet

voor geplaatst kan worden).

Het resultaat van de meting met de akoestische camera is een frequentiespectrum met een lijnspatiëring van 1 Hz voor ieder meetvlak. In de grafiek zijn de spectra van de vier onderzochte vlakken weergegeven (figuur 2). Er is duidelijk af te lezen welke vlakken de grootste bijdrage aan het totale geluidniveau van de machine leveren. In dit geval is dat het linker zijvlak. Deze grafiek is zowel lineair als A-gewogen weer te geven. Uit de spectrale informatie blijkt dat er een belangrijke piek optreedt bij 391 Hz. Deze wordt veroorzaakt door de compressor (toerental/60*aantal lobben). Voor deze frequentie is het camera-beeld gegeven voor de voor- en linkerzijde van de compressor (figuur 3 en 4).

Uit het camerabeeld en de gemeten frequentiespectra blijkt duidelijk dat veel geluidenergie uitgestraald wordt via het luchtrooster aan de linkerzijde. De meting aan de voorzijde maakt duidelijk dat de tank geluid uitstraalt bij de steunpunten van het frame. De bijdrage van de beplating aan het totale geluidniveau van de

kast van de installatie blijkt aan de rechterzijde het hoogst te zijn. Dit is niet zo verwonderlijk aangezien de schroefcompressor van de installatie zich aan deze zijde bevindt.

De software maakt het ook mogelijk om aan te geven hoe het geluid in de ruimte wordt afgestraald. Voor de linker- en voorzijde zijn hiervan voorbeelden gegeven (figuur 5).

De camerabeelden zijn voornamelijk kwalitatief. Een mooie aanvulling op de software zou zijn dat het mogelijk is om op de 'hotspots' in te zoomen, waarbij het totale geluidvermogensniveau van dit gedeelte van de machine wordt weergegeven.

■ MAATREGELEN

De camerabeelden geven een gedetailleerd beeld van de geluidafstraling van de machine. Uit de frequentieanalyse blijkt in welke frequenties het meeste geluid wordt geproduceerd. Met kennis van de machine is op basis van de gemeten spectrale pieken na te gaan welk onderdeel (binnenin de machine) deze frequenties kan genereren.

In dit geval blijkt dat via het luchtaanzuigrooster veel geluid wordt afgestraald. Aan de luchtinlaatzijde veroorzaakt de compressor pulsen door het discontinue proces dat aan de inlaat optreedt. Het geluid dat wordt veroorzaakt door deze pulsen is bijvoorbeeld door middel van een geluidgedempt rooster te reduceren. Ook kan worden nagegaan of er in de omkasting nog ruimte is voor een kleine geluiddemper.

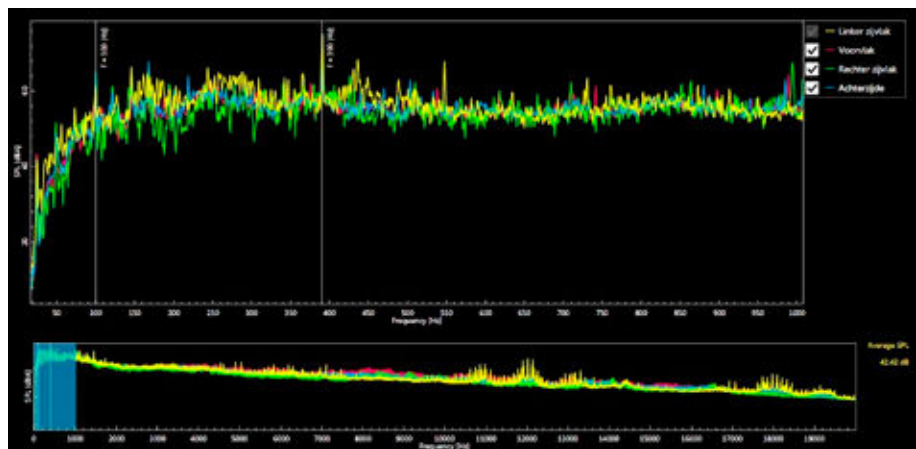
Opvallend is ook dat het camerabeeld aangeeft dat de tank van de machine geluid afstraalt rond de steunpunten van het machineframe. Dit kan worden verklaard door aan te nemen dat via deze steunpunten trillingen aan de tank worden doorgegeven die als gevolg hiervan geluid gaat afstralen. Deze hypothese wordt bevestigd door het camerabeeld waarin de deeltjessnelheid v wordt weergegeven. De gemeten snelheid kan direct worden gerelateerd aan een trillend oppervlak.

Een nadere analyse van de beelden toont aan dat ook andere delen van het machineframe geluid afstralen. Dit geeft aan dat mogelijk de trillingsisolatie tussen de compressor en het frame niet goed is. Daarnaast kunnen leidingen van en naar de compressor trillingen doorgeven. Dit probleem kan worden verholpen door goed gedimensioneerde trillingsdempers tussen de compressor en het frame te plaatsen en de leidingen van en naar de compressor goed te ontkoppelen. Omdat de druk in de machine niet al te hoog is kunnen deze maatregelen relatief eenvoudig worden gerealiseerd.

De geluiduitstraling van de beplating van de machine kan worden verminderd door het



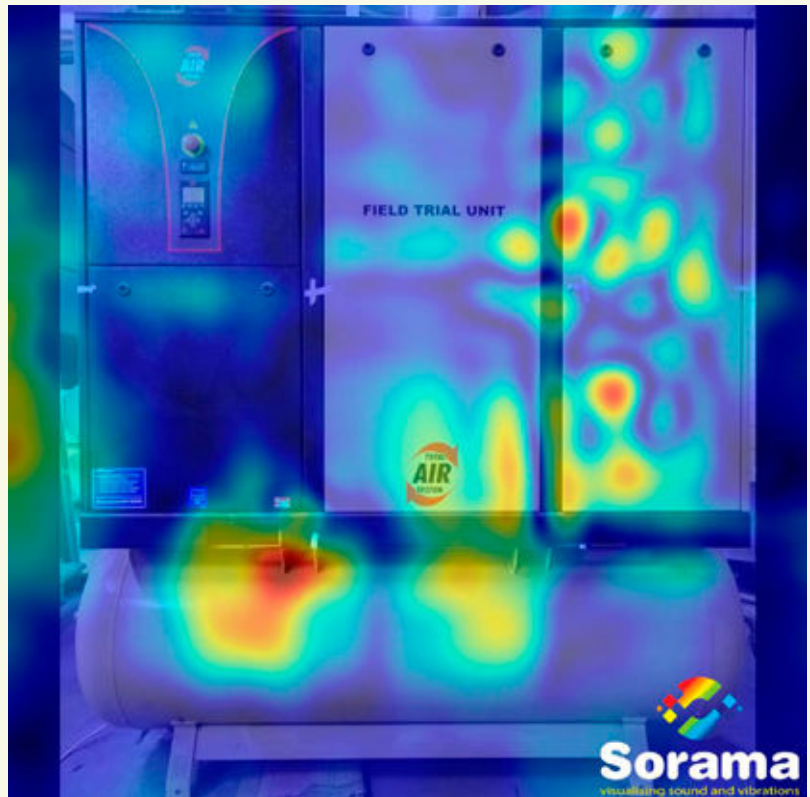
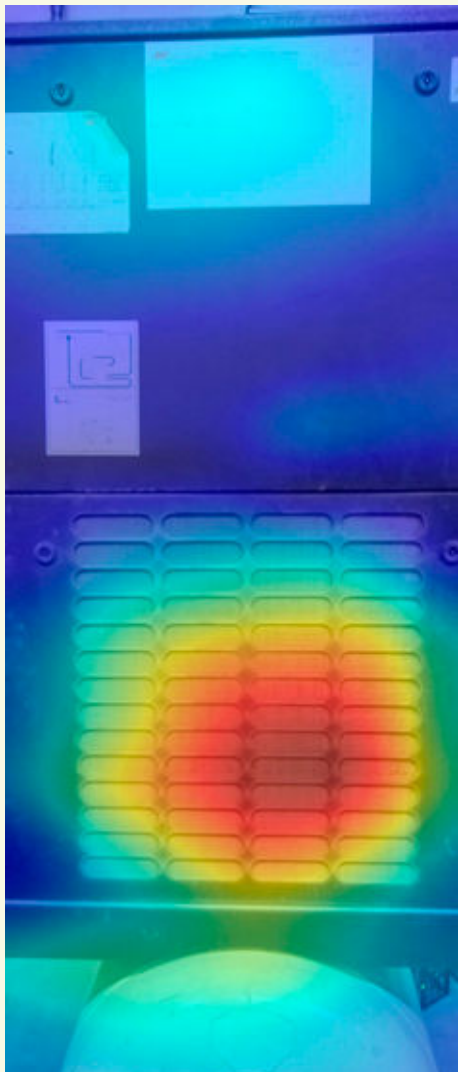
-Figuur 1- De compressor waarbij de meting met de akoestische camera is uitgevoerd



-Figuur 2- Frequentiespectra voor de vier meetvlakken in een overlay plot

■ THEORETISCHE ACHTERGROND

De camera is een doorontwikkeling van het promotieonderzoek van dr.ir. Rick Scholte, oprichter en CEO van Sorama. De theorie van de optische holografie is in de jaren tachtig van de vorige eeuw door Earl Williams omgezet naar het akoestisch domein. De camera is een toepassing van Nabijheidsveld Akoestische Holografie (NAH). Het geluid wordt gemeten in een vlak in het nabijheidsveld van een voorwerp. Het nabijheidsveld bevindt zich op een afstand die kleiner is dan een golflengte van de hoogste frequentie die wordt gemeten. De maximale afstand is nu 200 millimeter. In een seconde wordt het geluid gesampled op een frequentie van 50 kHz. Het gesampled signaal wordt door middel van een fouriertransformatie van het tijddomein naar het frequentiedomein omgezet met een frequentienauwkeurigheid van 1 Hz. De verdere verwerking van het signaal is nog complexer: het signaal wordt door middel van een driedimensionale transformatie (plaats, x , y en tijd t) naar het golfgetaldomein omgezet waarin de complexe signaalverwerking eenvoudiger is uit te voeren. Uit dit hologram is te construeren waar de bronnen zitten en hoe sterk ze zijn. Dankzij het onderzoek van Scholte is de NAH nauwkeuriger geworden. Zo heeft de camera nu een plaatsnauwkeurigheid van 1 millimeter en een frequentienauwkeurigheid van 1 Hz.

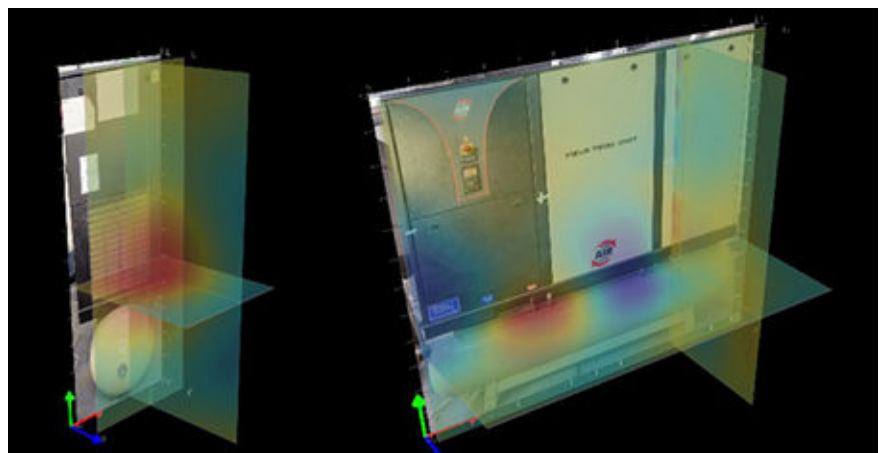


-Figuur 3 en 4- Geluiddruk bij 391 Hz voor de linkerzijde en voorzijde

aanbrengen van massaplaat aan de binnenzijde. Daarnaast kan, wanneer de ruimte het toelaat, nog geluidabsorberend materiaal op de beplating worden aangebracht, zodat opbouw van het geluidveld in de omkasting wordt verminderd. Hiervoor zijn gecombineerde oplossingen beschikbaar.

CONCLUSIE

Met de akoestische camera is eenvoudig aan te geven waar de geluidproblemen in een installatie optreden. Het camerabeeld geeft nauwkeurig de plaats van de geluidbronnen aan. Ook trillingsoverdracht van het ene naar het andere constructiedeel van de machine wordt feilloos aangetoond. Met de camerabeelden is het veel eenvoudiger om uit te leggen wat de precieze problemen zijn en hoe deze opgelost kunnen worden. De akoestische camera is nog volop in ontwikkeling bij Sorama. Elke maand worden er nieuwe features aan de software toegevoegd die het gebruik vereenvoudigen en de mogelijkheden vergroten. Ook is er contact



-Figuur 5- De geluidafstraling van de linker- en voorzijde in de ruimte

met NEN en ISO om de mogelijkheden van normering te onderzoeken. Op dit moment is het nog niet mogelijk om kwantitatieve uitspraken te doen over de bijdragen van de verschillende deelbronnen aan het totale geluidniveau. Hiervoor zijn aanvullende geluiddruk-, geluidintensiteits- of trillingsmetingen noodzakelijk voor de door de camera aangege-

ven aandachtspunten. Met een controlemeting achteraf kan het behaalde resultaat ook eenvoudig worden aangetoond.

Dr.ir. Jan Potter

