

NEDERLANDS AKOESTISCH GENOOTSCHAP

TOEPASSING VAN DE HANDLEIDING METEN EN REKENEN INDUSTRIELAWAAI

C.A. Nierop en P.H. de Vos,

M + P akoestische adviseurs B.V. te Amstelveen

Summary:

In 1981, the Dutch Ministry of Public Health and Environment Protection issued a manual, offering a set of measuring techniques and calculation methods to be used for the control of industrial noise (simply called "de Handleiding").

The present paper gives the results of a fictitious case study, in which various methods of sound power determination as defined in "de Handleiding" have been compared.

Also a comparison with existing methods for the calculation of excess attenuation (OCMA, CONCAWE, VDI) was made.

The investigation has led to the following, most salient observations:

- the various methods to determine the sound power level as defined in "de Handleiding" can lead to reliable results;
- the model to be used for the calculation of excess attenuation should be adapted to the method of sound power determination applied;
- inplant screening factors should be chosen depending on the attenuation model used;
- with regard to the long term average noise level none of the methods shows any bias with respect to any other;
- the long term average A-weighted noise levels from the various methods applied to the same situation vary by up to 5 dB;
- the sound propagation models of the Dutch manual and the VDI are particularly suited to compare measurements with calculations.

Nu de handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai enige tijd in roulatie is kan het geen kwaad in te gaan op enige praktijkervaringen met de toepassing ervan.

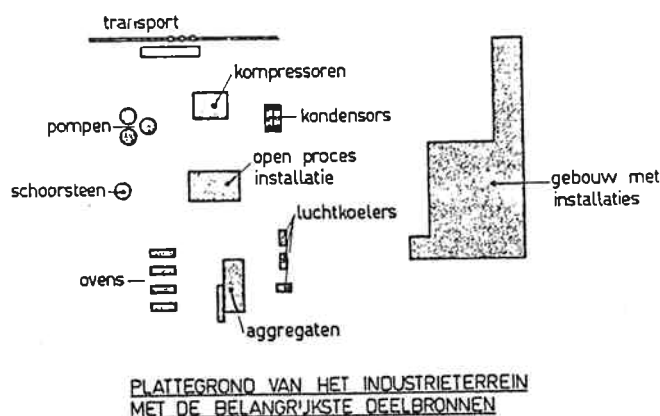
De principes welke in de handleiding zijn aangegeven zijn niet nieuw. Met name bestaan reeds langer overdrachtsmodellen zoals OCMA, CONCAWE en VDI [1], [2], [3], terwijl de methoden, om het geluidvermogen van industriële bronnen vast te stellen ook in verschillende richtlijnen zijn omschreven, zoals OCMA, DIN [1], [4], etc.

De door verschillende onderzoekers opgestelde meet- en rekenrichtlijnen zijn echter helaas niet altijd direkt met elkaar vergelijkbaar. Het is dan ook een goede zaak dat in een wettelijk kader, richtlijnen voor het meten en rekenen van Industrielawaai zijn opgesteld, welke volledig op elkaar zijn afgestemd. Deze zijn in de Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai [5] gegeven.

In deze lezing wordt nader ingegaan op de wijze waarop de bronsterkte van de industrie en individuele bronnen op een industrieterrein kan worden vastgesteld. Tevens worden, uitgaande van deze bronsterkte, de resultaten van immissieberekeningen m.b.v. de verschillende, reeds genoemde, overdrachtsmodellen [1], [2], [3] met elkaar vergeleken.

In figuur 1 is schematisch een plattegrond van een industrieterrein gegeven met de belangrijkste deelininstallaties, zoals

- Kompressortrein met pijpleidingen en ventielen.
- Pompengroep met turbine-gedreven en elektromotor gedreven pompen.
- Open proces installatie.
- Ovenbatterij, met zijwandbranders.
- Een vijftal luchtkoelerbanken
- Gebouwen aan de terreingrens, met lawaaiige apparatuur.



Beschouwen we eerst op welke wijze het immissierelevante bronvermogen, ofwel de bronsterkte kan worden bepaald.

Hiertoe staat ons een aantal in de Handleiding [5] omschreven methoden ter beschikking; zoals onder meer:

- Gekoncentreerde bronmethode B2/C2
- Stübermethode B3/C3
- Aangepast meetvlak B4/C4
- Snelheidsmetingen C6
- Uitstraling door gebouwen C7

De gekoncentreerde bronmethode is bij uitstek geschikt om de bronsterkte van gehele industriekomplexen vast te stellen, wanneer stoorgeluid op de meetplaats niet bepalend is en de meetposities (meethoogte) praktisch realiseerbaar zijn.

Om de bronsterkte van deelbronnen te kennen zal veelal gebruik moeten worden gemaakt van de Stübermethode en/of de methode van het aangepast meetvlak, of andere meet- en rekenmethodieken uit de Handleiding. De op deze wijzen verkregen bronsterkten kunnen worden gebruikt als invoergegevens voor de overdrachtsberekening volgens de Handleiding [5], mits duidelijk onderscheid wordt gemaakt tussen het deel van de overdracht, dat in de bronsterktebepaling is meegenomen en het deel, dat in de overdrachtsberekening moet worden meegenomen.

Het toepassen van de gekoncentreerde bronmethode en de Stübermetingen vormt een probleem wanneer men de op deze wijze verkregen bronsterkte wil gebruiken als invoergegeven voor de overdrachtsmodellen volgens CONCAWE en OCMA. In deze modellen is in de overdracht reeds de term D_{terrein} screening of D_{terrein} uit de Handleiding geïntegreerd. Deze term D_{terrein} wordt eveneens in de metingen meegenomen. Er wordt immers gemeten op grotere afstand van de industrie, respectievelijk rond de industrie, dus inclusief geluidverstrooiing, reflecties, afschermingen binnen het door de meetlijn omsloten gebied. Derhalve dient, om de overdracht met behulp van deze modellen te kunnen berekenen, de bronsterkte van het industrieterrein door een meetmethode te worden bepaald, welke de dempingsterm D_{terrein} niet verdisconteert. Veelal zal dit dan een methode uit de specialistische klasse C zijn.

Dat het bepalen van de bronsterkte zo nauwkeurig mogelijk dient te geschieden zal duidelijk zijn; immers bij het bepalen van geluidkontouren kan een onnauwkeurigheid van slechts 1 à 2 dB de contourlijn bij grotere afstanden over vele honderden meters doen verschuiven. Dit geeft dan direkt de beperktheid aan van de presentatie van immissienivoos in de vorm van geluidkontouren.

In de onderhavige situatie werden voor het bepalen van de totale bronsterkte ten behoeve van de overdrachtsberekening volgens de Handleiding en VDI en de bronsterkte van deelinstallaties twee methoden toegepast, te weten:

- gekoncentreerde bronmethode C2, ten behoeve van het bepalen van de totale bronsterkte van de industrie. Deze methode levert, mits voldaan aan een aantal randvoorwaarden, in principe de meest nauwkeurige resultaten voor de berekening van de overdracht volgens de Handleiding en VDI [5], [3];

- Stübermethode (rondommethode) C3, ter bepaling van de bronsterkten van de deelcomplexen en van het totale kompleks. Ten opzichte van de gekoncentreerde bronmethode kan deze methode, doordat dichter bij de bron wordt gemeten - waardoor onder andere meetvlakfouten en projectiefouten ontstaan - in principe minder nauwkeurige resultaten leveren.

Het toepassen van de Stübermethode had in de onderhavige situatie tevens een belangrijke functie bij de bronsterktebepaling van de individuele bronnen. Hierop wordt later nog nader ingegaan.

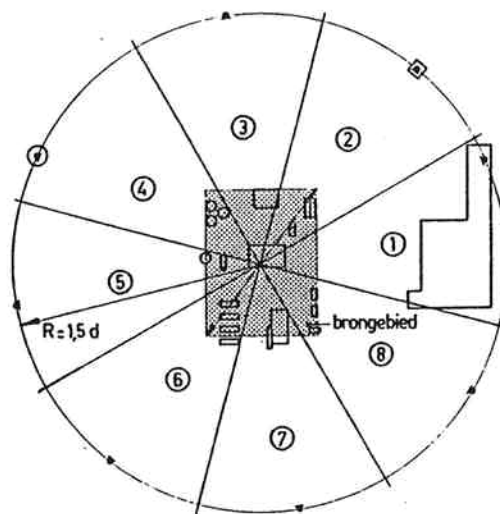
Voor het berekenen van de overdracht met behulp van de modellen volgens OCMA en CONCAWE diende de bronsterkte te worden vastgesteld zonder de invloed van D_{terrein} (inplant screening). Hiertoe werd de bronsterkte van elke individuele bron afzonderlijk bepaald met behulp van de reeds genoemde methodieken voor aangepast meetvlak; snelheidsmetingen en uitstraling door gebouwen.

Om met de gekoncentreerde bronmethode te beginnen, traden er twee problemen op, namelijk de meetafstand en de meethoogte.

Om te voldoen aan de in de Handleiding gestelde voorwaarden diende een afstand tot het broncentrum van 450 m, en een meethoogte van 28 m te worden aangehouden, zoals in figuur 2 is geschetst.

Aan de afstandsvoorwaarde kon worden voldaan, mits speciale voorzorgen werden genomen met betrekking tot stoorgeluidonderdrukking en de gebouwen op de terreingrens niet in de bronsterktebepaling werden meegenomen. Ter onderdrukking van stoorgeluiden werden dan ook richtingsgevoelige mikrofoons gebruikt.

Om geluidkontouren te kunnen berekenen vraagt het door ons ontwikkelde komputerprogramma, gebaseerd op de specialistische methode C, de bronsterkte in een, afhankelijk van de horizontale richtingskarakteristiek van de bron, aantal vooraf te kiezen segmenten. Hiertoe werd in de onderhavige situaties het kompleks in 8 segmenten ingedeeld (zie figuur 2).



GEKOZEN MEETLIJN VOOR DE
GEKONCENTREERDE BRONMETHODE

De meetpunten lagen op een cirkel, op 450 m van het (geometrisch) broncentrum. Zoals in de figuur is te zien, werd het meetpunt in segment 1 zodanig gekozen, dat deze binnen (op) de, op de terreingrens aanwezige, gebouwen lag en zodoende voldaan kon worden aan de vereiste hoogte. Dit hield in, dat deze gebouwen in de overdracht als schermen moeten worden meegenomen. Deze afweging hield tevens in, dat de bronsterkte van het gebouw zelf afzonderlijk moest worden meegenomen in de overdrachtsberekeningen. Het bepalen van de bronsterkte, inclusief de gebouwen, dus het verrichten van metingen achter de gebouwen werd niet mogelijk geacht, daar niet meer aan de afstandskonditie zou kunnen worden voldaan. Het meetpunt zou dan zo ver van de bron zijn gelegen, dat stoorgeluid zou gaan overheersen.

De meethoogte was een apart probleem. Slechts in drie segmenten was het mogelijk, door het beklimmen van gebouwen en een kraan, om op de vereiste hoogte van 28 m te meten.

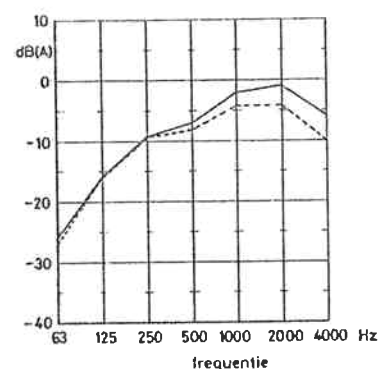
Echter hier biedt de handleiding uitkomst, op kleinere hoogte mag gemeten worden wanneer het nivo aldaar niet afwijkt van het nivo op de vereiste meethoogte.

Deze konditie werd op de volgende wijze geverifieerd:

De drie segmenten gaven de mogelijkheid om op zowel de vereiste hoogte van 28 m als op 10 m hoogte te meten.

Voor één van deze meetposities zijn de resultaten in figuur 3 gegeven.

Duidelijk is te zien, dat de niveaus op 28 m hoogte neigen naar ietwat hogere waarden, met name in de hogere frequenties, dan de niveaus op 10 m hoogte. De resultaten van de metingen in de andere twee sectoren toonden hetzelfde beeld. Dit leidde tot de veronderstelling, dat ook in de andere segmenten een gelijke tendens aanwezig zou zijn. Gezien het frequentieverloop werd verondersteld, dat de verschillen waren terug te voeren op hoog gelegen bronnen, met veel hoog frequent componenten, welke op het terrein aanwezig waren. Deze hoog gelegen bronnen werden niet of niet volledig op 10 m hoogte meegemeten in verband met de richtingskarakteristiek van deze bronnen.



GEMETEN NIVO SEGMENT 2

— 28 m hoogte
 - - - 10 m hoogte

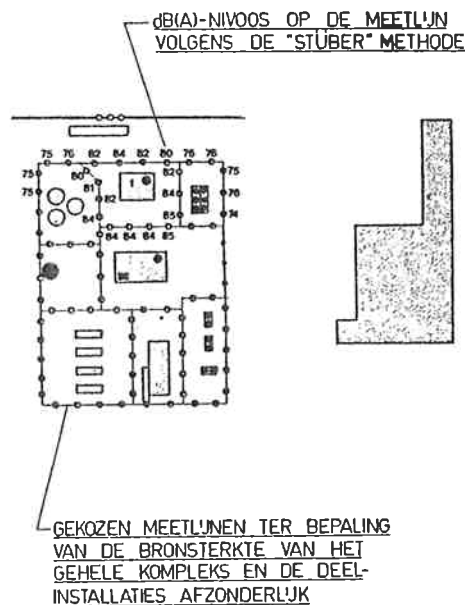
In elk segment werd een aantal metingen verricht onder meteoraam-kondities m.b.v. een richtingsgevoelige mikrofoon. Uit de meetresultaten werd, konform in de Handleiding gegeven reken-procedure de bronsterkte per segment bepaald.

De tweede methode waarop de bronsterkte werd bepaald, is de Stüber-methode. Deze methode werd gebruikt om de bronsterkte van een aantal deelinstallaties, en tevens de bronsterkte van het totale kompleks vast te stellen. Een probleem bij deze methode is, dat voornamelijk geen richtingsinformatie uit de berekeningen kan worden verkregen. Inmiddels is deze methode verder ontwikkeld, zodanig, dat in een aantal gevallen wel richtingsinformatie m.b.v. deze methode kan worden verkregen. Deze is echter niet in de handleiding opgenomen, zodat hierop in dit kader niet verder wordt ingegaan.

Rondom het kompleks werd een meetlijn gekozen konform de in de Handleiding gegeven voorwaarden, zoals in figuur 4 is te zien.

Niet alleen rondom het complete terrein werd een meetlijn gekozen, maar ook rond individuele kleinere kompleksen. Op deze wijze werd de bronsterkte van een aantal deelinstallaties vastgesteld. De meethoogte werd op 10 m gesteld.

Verder is in de figuur te zien, dat ook hier de gebouwen op de terreingrens buiten de gekozen meetlijn vallen. Dit vanwege het feit, dat anders niet voldaan kon worden aan de eis dat de niveaus op de meetlijn niet te veel van elkaar mogen verschillen. Ook hier werden de gebouwen derhalve als afscherming in de overdracht meegenomen en werd de bronsterkte van deze gebouwen als aparte bron in de overdracht meegenomen.



Het tweede probleem vormden de hoog gelegen bronnen. Doordat onder meer gemeten diende te worden met sterke richtingsgevoelige mikrofoons relatief dicht langs de bronnen werden deze hoog gelegen bronnen niet meegemeten. Bronnen zoals:

- perszijde luchtkoelers
- schoorstenen
- hoge uitlaten

dienden derhalve als aparte bronnen te worden beschouwd.

Deze bronnen zijn geaccentueerd in figuur 4 aangegeven. Dit gold eveneens, zoals reeds genoemd, voor de geluidafstraling van de buiten de meetlijn gelegen gebouwen.

Het derde probleem vormde een deelinstallatie nabij de meetlijn, welke een overheersende bijdrage leverde op een aantal meetpunten op deze lijn, zoals figuur 4 toont.

Duidelijk is te zien, dat niet meer voldaan kon worden aan het criterium dat de niveaus op de meetlijn niet meer dan 8 dB mogen verschillen. Het werd noodzakelijk geacht, deze meetpunten buiten de berekening van de bronsterkte van de door de grote meetlijn omsloten industrie te laten, en deze installatie als aparte bron te beschouwen.

Aan de hand van de meetresultaten van de metingen op de grote meetlijn werd de bronsterkte van het totale industriekompleks vastgesteld. De niet binnen de meetlijn vallende installaties, de hoge bronnen en de deelinstallatie met de relatief hoge geluid-niveaus werden apart onderzocht.

Totaal werden van negen bronnen de immissierelevante bronsterkten bepaald, en wel:

Het grote kompleks. Door zijn richtingsongevoelige uitstraling en zijn omvang werd voor elke sektor dezelfde bronsterkte aangehouden. De Stübermethode werd hier gehanteerd.

De deelinstallatie. Dit deelkompleks straalde op zich binnen de deelinstallatie omsloten meetlijn naar alle zijden gelijkmatig uit. Ook hier werd de bronsterkte m.b.v. de Stübermethode bepaald.

Voor de gebouwen op de terreingrens gold dat de afstraling van de gevels naar de omgeving per sektor verschilt. Methode C7, afstraling door gebouwen, werd gebruikt om de bronsterkte van de gevels te bepalen; de bronsterkte werd per gevel afzonderlijk vastgesteld.

De schoorstenen alsmede de perszijde van de luchtkoelers waren zodanig gelegen, dat deze naar alle richtingen gelijkmatig uitstraalde. Met behulp van de gekoncentreerde bronmethode werd de bronsterkte bepaald.

- Het bepalen van de afscherming van de negen verschillende bronnen onderling, de zgn. "inplant screening" of D_{terrein} , is een probleem op zich. Twee methoden zijn in principe mogelijk. De in de Handleiding omschreven methode gaat uit van de te beschouwen bron, en neemt in de overdracht volgens de klasse C de afscherming, geluidverstrooiing, reflekties als term D_{terrein} mee. Hiervoor

zijn indicatieve waarden in dB/m genoemd.

Alhoewel dit principieel een goede methode is, zal deze in vele gevallen in de praktijk onvoldoende betrouwbare resultaten kunnen leveren. In open installaties met vele geluidverstrooiende elementen is het noodzakelijk sterke schematiseringen aan te brengen en de gegeven indicatieve waarden in de Handleiding kunnen dan ook niet anders dan indicatief zijn.

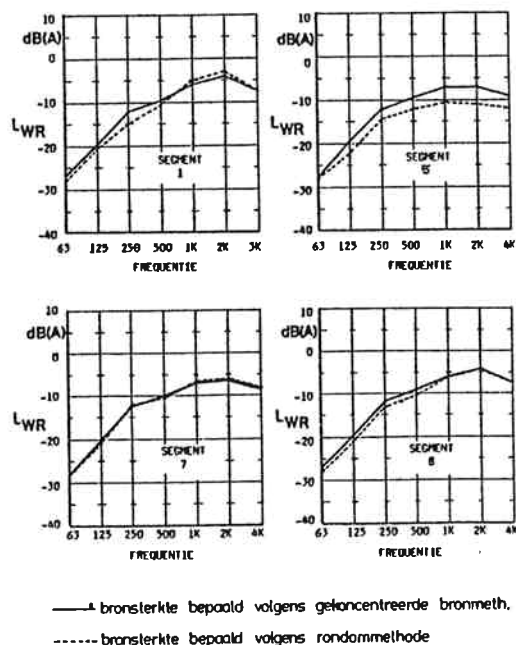
Een tweede methode is de methode van iteratie.

De bronsterkten van het totale kompleks in de 8 segmenten afzonderlijk zijn bekend uit de gekoncentreerde bronmetingen. Deze methode geeft in principe de betrouwbaarste resultaten van alle beschikbare bronsterkte meetmethoden. De in een bepaald segment verkregen totale bronsterkte uit de sommatie van de bronsterkten van de individuele deelinstallaties kan worden vergeleken met de, in dat segment, gevonden bronsterkte uit de gekoncentreerde bronmetingen. Door met afschermfactoren voor de afzonderlijke bronnen voor elk segment binnen zekere grenzen te variëren kan worden getracht een zo goed mogelijke overeenstemming te bereiken tussen de "sommatie" van de bronsterkten van de individuele deelinstallaties en de resultaten van de gekoncentreerde bronmeting in dat bepaalde segment.

Als eerste aanzet kunnen voor de afschermfactoren de in de handleiding gegeven indicatieve waarden worden genomen. Op deze wijze werden van de 9 bronnen de immissierelevante bronvermogens afzonderlijk bepaald in de 8 segmenten, t.b.v. de overdrachtsberekeningen volgens de handleiding en VDI. Deze werden gesommeerd tot één bronsterkte in elk segment.

In figuur 5 zijn van 4 segmenten de met beide methoden verkregen bronsterkten met elkaar vergeleken.

Wat uit deze plaatjes duidelijk blijkt, is, dat een bevredigende overeenstemming te zien is, zij het dat, in één segment, de bronsterkte, bepaald volgens de gekoncentreerde bronmethode, naar enigszins lagere waarden neigen. Hierbij dient te worden vermeld, dat juist dit punt voor de gekoncentreerde bronsterkte metingen op 10 m hoogte lag. Zoals reeds eerder werd aangegeven waren de op 10 m hoogte gemeten niveaus, enigszins lager dan de op 28 m



hoogte gemeten niveaus. Wordt een correctie voor de meethoogte aangebracht overeenkomstig de in drie segmenten op beide hoogten gevonden waarden dan wordt goede overeenstemming voor alle segmenten gevonden.

Tenslotte diende de bronsterkte van elke individuele bron te worden bepaald, om de overdrachts volgens OCMA en CONCAWE te kunnen berekenen, en om een inzicht te krijgen in de tot de immis-sieniveaus bijdragende geluidbronnen. Totaal bleken ca. 100 bronnen onderzocht te moeten worden. Hiertoe stonden ons de reeds genoemde, overige methoden uit de specialistische klasse C, zoals aangepast meetvlak, snelheidsmetingen etc. ter beschikking. Een probleem vormde ook hier het bepalen van de D_{terrein} ofwel de inplant screening.

Ook hier werd gekozen voor de iteratiemethode. Hiervoor diende mede de ekstra Stübermetingen rondom de individuele deelinstallaties, alsmede de grote Stübermeting en de gekoncentreerde bronmetingen als ondersteuning.

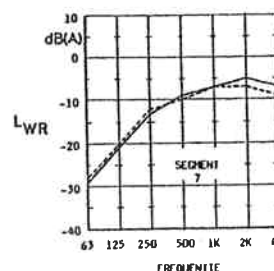
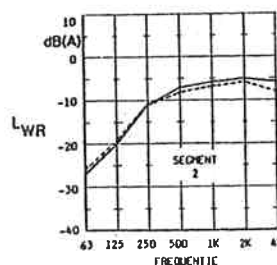
Op empirische wijze werden aan elke individuele bron voor elk van de 8 segmenten frekwentie-onafhankelijke afschermfactoren toegekend, in eerste aanzet uitgaande van de in de handleiding gegeven waarden. Sommatie van de op deze wijze verkregen individuele bronsterkten in een bepaald segment moet gelijk zijn aan bronsterkte in dat segment, bepaald volgens de gekoncentreerde bronmeting rond de totale installatie. Tevens dient de sommatie van bronsterkten van elke individuele bron binnen een deelinstallatie het totale bronvermogen van die deelinstallatie, bepaald volgens de Stüber-methode, op te leveren. Hieruit kon o.m. worden vastgesteld of wellicht een belangrijke bron binnen de deelinstallatie vergeten was.

Dat deze wijze van inschatten niet fool-proof is, zal duidelijk zijn. In de praktijk blijkt, dat deze methode, mits deskundig uitgevoerd, tot redelijk betrouwbare cijfers leidt. Tevens wordt opgemerkt dat met het afschatten van afschermingsfactoren niet onbeperkt kan worden gemanipuleerd. In de praktijk blijkt, wanneer veel bronnen aanwezig zijn, maar in beperkte mate met deze factoren kan worden geschoven. Dit komt door de verschillende controle-mogelijkheden, sommatie individuele bron naar deelinstallatie; sommatie deelinstallatie naar totale installatie; totale installatie naar gekoncentreerde bronmeting per segment en het feit dat niet alleen in dB(A) maar ook spectraal de vergelijking moet kloppen.

In figuur 6 is voor 2 segmenten een vergelijking gemaakt tussen het bronvermogen, bepaald volgens de "Stübermethode" rondom het totale kompleks met de apart behandelde bronnen en de sommatie van alle 100 individuele bronnen inclusief de "inplant screening".

Gekozen werd voor deze segmenten omdat in die richtingen de woonbouw was gelegen. Voor de andere segmenten is een vergelijkbaar beeld te zien.

Uit deze figuren is te zien, dat de grootste spektrale afwijking in deze situatie 2 dB bedraagt. Voor het berekenen van de overdracht volgens CONCAWE en OCMA behoefde deze rekenexercitie niet te worden gemaakt. Immers, hier werd alleen de bronsterkte van elke individuele bron zonder inplant screening of Dterrein gewenst. De inplant screening wordt in de overdrachtsberekening meegenomen.



— bronsterkte bepaald volgens Stüber-methode
 ---- som van de bronsterktes van de individuele bronnen

De door middel van de Stübermethode gevonden bronsterkte in de acht segmenten werd gebruikt als invoergegeven voor de overdrachtsberekening volgens de Handleiding en VDI.

De bronsterkten van de individuele bronnen zonder "inplant screening" (Dterrein) werden als invoergegeven gebruikt voor de overdrachtsberekening volgens OCMA en CONCAWE.

De bronsterkten van alle individuele bronnen inclusief "inplant screening" werd gebruikt om in kwantitatieve zin de invloed van elke bron op het omgevingsnivo te bepalen, opdat gericht per bron de vereiste nivoredukatie en daarmee de te treffen maatregelen konden worden aangegeven.

Nadat op de zojuist geschetste wijze de immissierelevante bronsterkte c.q. het geluidvermogen van de significante geluidbronnen is vastgesteld, kan een overdrachtsberekening worden uitgevoerd. Deze heeft ten doel, het immissienivo op eenduidige wijze vast te stellen en wordt in het algemeen gebruikt als meten van het immissienivo niet mogelijk of zinvol is. Een andere veelvoorkomende reden om een overdrachtsberekening uit te voeren is het feit, dat informatie moet worden verkregen over de bijdrage van elke deelbron afzonderlijk tot het totale immissienivo.

Voor de overdrachtsberekening is gebruik gemaakt van 4 verschillende modellen:

1. Oil Companies Materials Association
 Specification NWG-1, Noise Procedure Specification

2. Oil Companies International Study Group for the
CONSERVATION OF CLEAN AIR and WATER in EUROPE
3. Verein Deutscher Ingenieure, Richtlinie VDI-2714-E
Schallausbreitung im Freien
4. Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai
ICG-rapport IL-HR-13-01, deel C

Al deze modellen zijn toepasbaar op of zelfs speciaal ontwikkeld voor de berekening van de geluidoverdracht vanuit uitgestrekte inrichtingen met installaties in de open lucht, zoals men die aantreft in de chemische- en petrochemische industrie.

Waarom wordt het immissienivo via 4 verschillende modellen berekend? Niet om naderhand een uitspraak te doen, dat het ene model beter is dan het andere. Wel om een bijdrage te leveren in de discussie tussen overheid en bedrijfsleven over het gebruik van de Handleiding.

Ook vóór het bestaan van die Handleiding waren er in Nederland al vele vergunningsplichtige bedrijven, waar de vergunningsvoorwaarden door middel van een overdrachtsberekening gecontroleerd werden. Het stond de vergunninghouder daarbij veelal vrij, in overleg met de bevoegde instantie een overdrachtsmodel te kiezen. Het is te verwachten, dat het gebruik van de Handleiding de komende jaren bij revisie van de vergunningen of bij nieuwe vestigingen voorgeschreven zal worden. Daarbij bestaat de vrees, dat het model van de Handleiding te konservatief zou zijn. Ook is er sprake van een vermeende rechtsonzekerheid, wie nú volgens OCMA juist aan z'n voorwaarden voldoet kan bij revisie volgens de Handleiding die voorwaarden overschrijden! De vraag is dus wel, of het ene model, systematisch lagere of hogere niveaus berekent dan het andere.

Een tweede reden om 4 modellen te gebruiken, is dat hierdoor veel inzicht kan worden verkregen in de specifieke verschillen van elke methode en daarmee in de nauwkeurigheid van de overdrachtsberekening op zich.

De berekening van de geluidimmissie verloopt in alle overdrachtsmodellen volgens dezelfde formule (in de Handleiding-notatie).

$$L = L_w - D_{\text{geo}} - D_{\text{lucht}} - D_{\text{bodem}} - D_{\text{terrein}} - D_{\text{scherm}} - D_{\text{refl}} - D_{\text{huis}} - D_{\text{veg}}$$

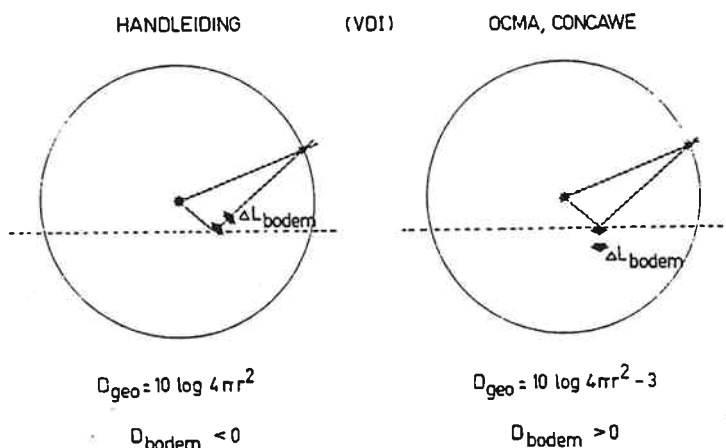
Voor de definitie van al deze termen wordt voorlopig verwezen naar de Handleiding. Allereerst wordt voor de meest relevante overdrachtstermen een vergelijking gemaakt tussen de verschillende modellen.

De meest voor de hand liggende term, de geometrische uitbreiding, representeert het feit, dat de akoestische energie, die door een bron wordt uitgestraald, bij groter wordende afstand tussen bron en ontvanger over een steeds groter oppervlak wordt uitgesmeerd. In het ideale geval van een monopool in een vrij veld is dat oppervlak een bol. Hoe eenvoudig dit moge klinken, de 4 beschouwde modellen lijken hierover ernstig van mening te verschillen. De geometrische uitbreiding blijkt niet los te kunnen worden gezien van de bodemabsorptie c.q. de reflectie door de bodem.

De Handleiding is het enige model, dat de twee termen effectief en volkomen scheidt: elke geluidbron wordt in beginsel beschouwd als puntbron in een vrij veld (zie figuur 7). De intensiteit neemt af met het kwadraat van de afstand, de energie smeert zich uit over een bol.

Wanneer wij in dit systeem onder de bron een bodem aanbrengen, zal het geluidniveau bij de ontvanger hoger worden. Deze toename wordt in de Handleiding D_{bodem} genoemd en is als aftrekpost dan ook negatief.

Alle andere modellen gaan à priori uit van een spiegelbron ten gevolge van de aanwezigheid van een volkomen reflektierende bodem.



De mate, waarin de bodem van een ideaal reflektierend oppervlak afwijkt, wordt in D_{bodem} verwerkt en leidt dus tot een verlaging van het geluiddrukkniveau bij de ontvanger. Op D_{bodem} komen wij later nog terug.

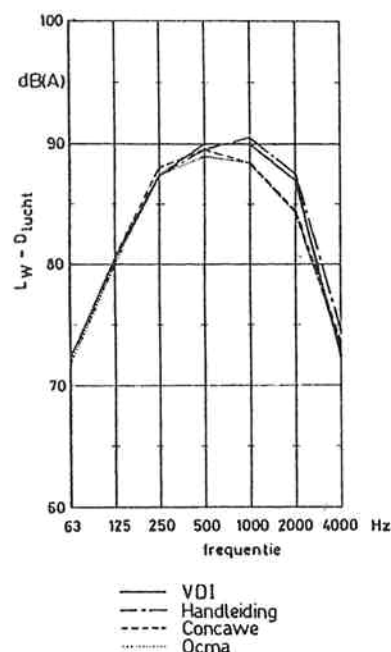
Een aspekt, dat slechts kort wordt vermeld, is de luchtabSORPTIE. De modellen zijn het daarover roerend oneens, voornamelijk omdat ze naar verschillende onderzoekers verwijzen. De opstellers van de Handleiding blijken het, wellicht niet geheel onterecht, in dit land gemiddeld 10% vochtiger te vinden dan de schrijvers van alle andere modellen. Toegepast op een gemiddeld spectrum voor grote, open industriële complexen leiden de verschillen in luchtabSORPTIE bij een afstand van 1.000 m al tot verschillen

in het A-gewogen immissienivo van 1.3 dB, waarbij de Handleiding de hoogste waarde oplevert en OCMA de laagste (zie figuur 8).

Wanneer in de luchtabSORptie al geen overeenkomst bestaat, zal het duidelijk zijn, dat de meningen bij de bodemabsorptie nog verder uiteen lopen.

De meest eenvoudige benadering volgt de VDI: voor kleine bron - ontvanger afstanden ($r < 10 (h_b + h_o)$) wordt de bodemabsorptie 0 gesteld, voor grotere afstanden geldt $D_{\text{bodem}} = 2$ dB. Deze is dus verder onafhankelijk van bron- en ontvangerhoogte, -afstand en van de frekwentie.

OCMA geeft een frekwentie-afhankelijke bodemdemping. De "bodemdip", een piek in de bodemabsorptie, wordt gelegd bij 250 en 500 Hz. OCMA onderscheidt twee situaties, die worden aangeduid met minimal screening en significant screening. Daarmee is meteen een ander groot verschil aangegeven:



In de term, die in het OCMA-model de bodemabsorptie representeert, wordt ook de afscherming D_{terrein} van een representatief samenstel van installaties en tanks in rekening gebracht. Daarin moet dan ook vooral de reden voor de keuzemogelijkheid tussen "significant" en "minimal screening" worden gezocht. Minimal screening vertegenwoordigt een situatie met vlak terrein en een redelijke zichtverbinding. De bodemfactor wordt kleiner met toenemende bronhoogte en is gelijk aan 0 voor bronhoogtes groter dan 15 meter. Ook bij geluidoverdracht over water wordt de bodemfactor gelijk aan 0 gesteld.

De CONCAWE-opzet sluit hier min of meer bij aan, maar is naar wij aannemen een produkt van jarenlange ervaringen met het OCMA-model. Als gevolg van een groeiend besef van de beperkingen van een rekenmodel stelt CONCAWE feitelijk voor, eerst maar eens de immissie te gaan meten. Door een variatie van 3 parameters kan dan de overdrachtdemping zodanig aangepast worden, dat een "best-fit" met de meetresultaten wordt verkregen.

De parameters leveren een bodemdemping op, die ongeveer wel zo verloopt als bij OCMA, maar die frekwentieonafhankelijk is. Voor bronhoogtes groter dan 20 meter wordt de bodemfactor 0 genomen. Voor situaties waarin meten niet mogelijk is, wordt een aantal standaardkurves geleverd.

Twee van deze curves worden geacht ongeveer dezelfde damping op te leveren als de OCMA -minimal- en -significant screening- curves. Net als bij OCMA wordt de bodemdamping bij overdracht over water gelijk aan 0 gesteld.

De Handleiding heeft een analytische maar dan ook de meest gekompliceerde benadering van de bodemabsorptie, of liever bodemreflectie. De reden daarvan is, dat de geluidoverdracht van bron naar ontvanger nadrukkelijk wordt benaderd onder de voor de overdracht meest gunstige omstandigheden; deze kondities zijn samengevat in het meteoraam en voor een mikrofoonhoogte van in het algemeen 5 m.

Onder meewindkondities treedt een straalkromming op. Als gevolg daarvan kan de bodeminvloed beschouwd worden als een combinatie van 3 effecten; bij de bron, bij de ontvanger, in het midden (zie figuur 9)

De aldus berekende bodemreflectie levert de bekende bodemdip rond 125 Hz, is frekwentie-afhankelijk en is afhankelijk van bron- en ontvangershoogte.

Voor elk van de drie gebieden, waar reflecties optreden, moet aangegeven worden of de bodem reflekterend dan wel absorberend is.

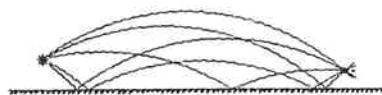
Daarmee is het meest kontroversiële punt in de overdrachtsberekening bereikt: de meteorologische kondities, welke het model geacht wordt te representeren. Zoals gezegd leiden meteoraamkondities tot hoge niveaus, omdat de overdrachtsomstandigheden door meewind en/of temperatuurinversie gunstig zijn. Om lange termijn-gemiddelde L_{eq} 's te berekenen wordt in de Handleiding de meteokorrektie ingevoerd.

Om een vergelijking van berekeningsresultaten te kunnen maken, moeten we ons afvragen, welke omstandigheden de andere modellen dan wel representeren.

VDI geeft 4 verschillende krommes, waarbij onderscheid wordt gemaakt tussen

- maximaal nivo, dat slechts onder ekstreme omstandigheden optreedt
- gemiddeld nivo onder lichte meewind

GELUIDOVERDRACHT EN BODEMREFLEKTIES



1. onder "meteoraam" omstandigheden



2. onder "neutrale" omstandigheden

- lange termijn gemiddelde nivo
- minimale nivo, dat slechts optreedt onder ekstreme weersomstandigheden.

Het best gedefinieerde nivo is het lange termijn gemiddelde, dat met het meteogekorrigeerde nivo L_{Aeq} volgens de Handleiding te vergelijken is.

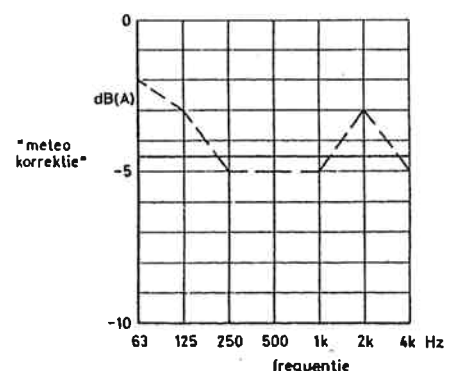
De OCMA specificatie vermeldt expliciet, dat het berekende nivo in 90% van de gevallen het lange termijn L_{50} met een nauwkeurigheid van ± 5 dB(A) benadert. Naar onze ervaring wijkt het L_{50} niet meer dan 5 dB van het L_{Aeq} af; het zou er in elk geval wel mee vergelijkbaar moeten zijn.

CONCAWE berekent een nivo, zoals dat gemeten zou worden onder "neutrale" weersomstandigheden. Dit zijn omstandigheden, waarbij de geluidstralen als rechte lijn zijn te beschouwen. In de praktijk treden zulke omstandigheden nauwelijks stabiel op en de niveaus blijken grote spreidingen te vertonen. Om een vergelijking met de lange termijn gemiddelden van de Handleiding te maken, biedt een recent onderzoek dat in opdracht van CONCAWE is uitgevoerd, uitkomst [6]. Daarin worden 5 meteorologische categorieën gedefinieerd, elk met een bijbehorende frekwentie-afhankelijke correctie ten opzichte van de zgn. neutrale situatie. Wanneer men nu de correctiefactoren bekijkt, die gegeven worden voor de meteorologische categorie, die meteoraam-omstandigheden het best benadert, blijken deze voor de onderhavige afstanden een met de meteokorrectie term vergelijkbare invloed op het A-nivo te hebben (figuur 10).

Dat leidt tot de konklusie, dat de volgens CONCAWE berekende niveaus ongeveer vergelijkbaar zijn met meteogekorrigeerde, lange termijn gemiddelden volgens de Handleiding.

De hierna volgende resultaten zullen daarom uitsluitend in de vorm van meteogekorrigeerde L_{Aeq} 's worden gepresenteerd.

Als een soort basis voor vergelijking met verdere resultaten worden in figuur 11 allereerst 4 contouren getoond. Deze contouren werden berekend met het VDI-model, uitgaande van één monopoolbron in het akoestisch centrum van het bronterrein met een bronsterkte, die gelijk is aan de gemiddelde bronsterkte over de 8

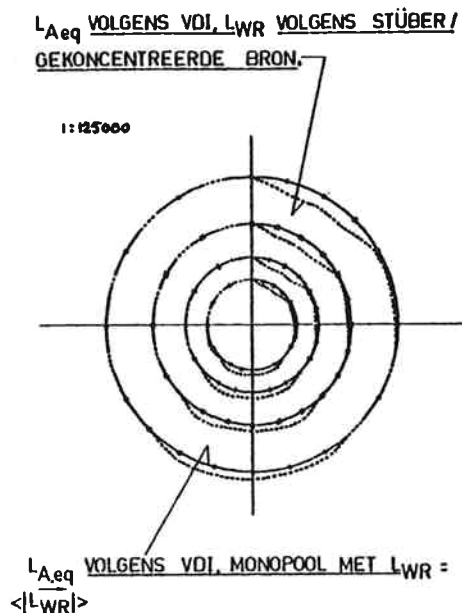


— Handleiding
 --- Concawe (rapp. nr. 4/81)

segmenten.

De contouren verbinden de punten met gelijk L_{Aeq} of lange termijn gemiddeld nivo in onderlinge stappen van 5 dB. Het zal duidelijk zijn, dat men met een dergelijk resultaat niet bij de opdrachtgever kan aankomen! Toch zullen we zien, dat de andere resultaten hier niet al te zeer van afwijken.

De eerste verfijning is het aangeven van de richtingsafhankelijk immissie-relevante bronsterkte, zoals bepaald met een combinatie van de gekoncentreerde bron- en de Stübermethode (figuur 11).



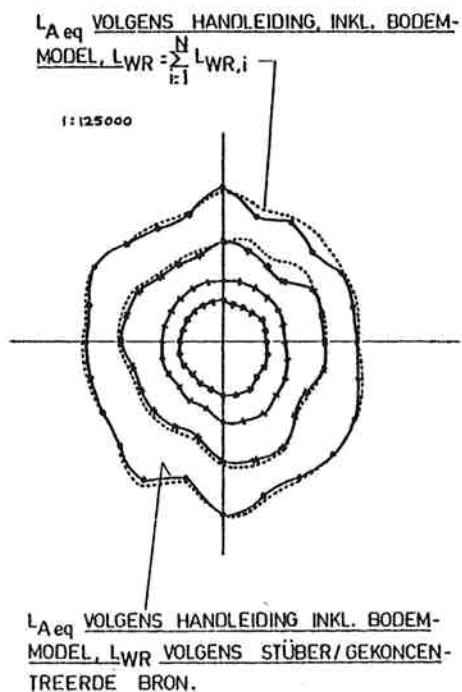
Het overdrachtsmodel is nog steeds VDI. U ziet, dat de afwijkingen gering zijn, in elk geval in dezelfde orde van grootte als de onnauwkeurigheid van ± 1 dB waarnaar we volgens de Handleiding in methode C dienen te streven.

Forse veranderingen treden op als we informatie over de feitelijke bodemgesteldheid van het gebied invoeren. Daarbij is dan gebruik gemaakt van de Handleiding.

Het gebied bestond in het onderhavige geval voor een groot deel uit water. In de volgende contourenkaart zien we dan ook een behoorlijk grillig verloop van de geluidkontour (figuur 12).

Als controle op de wijze, waarop de afscherming $D_{terrein}$ is bepaald, is in figuur 12 het resultaat van dezelfde berekening gegeven, maar nu uitgaande van de bronsterktes van alle individuele bronnen.

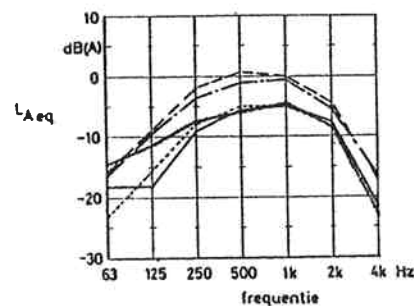
Naar onze mening zijn deze verschillen acceptabel. In elk geval geloven wij niet, dat een poging de $D_{terrein}$ via afschermingen en reflecties exakt te berekenen een beter passend resultaat zou opleveren.



Tenslotte geeft figuur 13 de resultaten, genormeerd op 0 dB, van het L_{Aeq} op één van de immissiepunten spektraal.

Uit de bovengegeven resultaten kan een aantal konklusies worden afgeleid, die algemene geldigheid hebben:

- * Bij vergelijking van de overdrachtsberekening volgens de Handleiding met andere modellen, moet het lange-termijn gemiddelde, meteogekorrigeerde L_{Aeq} als uitgangspunt worden genomen.
- * Emissiebepalingen volgens "Stüber" en "gekoncentreerde bron", die er op zijn gericht, de emissierelevante bronsterkte L_{WR} te bepalen, zijn niet bedoeld voor combinatie met OCMA of CONCAWE.
- * Bij bronidentifikatie op grote installaties kan voor elke bron de $D_{terrein}$ voldoende nauwkeurig iteratief worden bepaald, als de totale immissierelevante bronsterkte bekend is.
- * Bij significante bronnen met grote bronhoogte berekent de Handleiding systematisch lagere niveaus dan OCMA of CONCAWE.
- * Overdrachtsberekeningen hebben een beperkte nauwkeurigheid. Daarom wordt aanbevolen een ruime onnauwkeurigheidsmarge aan te houden bij controle van vergunningsvoorwaarden. Voorlopig kan in komplekse situaties met minstens één model ekstra (naast de Handleiding) worden gerekend.



— Handleiding
 --- Ocma
 ... Concawe
 - . - VDI
 — gemeten $L_j - C_m$

Literatuurlijst

- [1] Oil Companies Materials Association, Specification NWG 1 (Revision 2), Noise Procedure Specification, Heyden & Son Ltd., March 1980
- [2] The oil companies' international study group for conservation of clean air and water in europe, noise calculation programme, Stichting Concawe, Den Haag

- [3] Verein Deutscher Ingenieure, Entwurf-Richtlinie 2714, Schallausbreitung im Freien, Beuth-Verlag GmbH, December 1976
- [4] Deutsche Industrie Norm, 45635, Geräuschmessung an Maschinen, diverse normbladen
- [5] Brackenhoff, H.E.A., Buis, P.M. en Von Meier, A., Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai, ICG-rapport IL-HR-13-01, Leidschendam, Maart 1981
- [6] Manning, C.J., The propagation of noise from petroleum and petrochemical complexes to neighbouring communities, Concawe-report no. 4/81, may 1981
- [7] Schreiber, L. en Von Sazenhofen, C.J., Untersuchungen über die Genauigkeit von Schallimmissionsberechnungen bei gewerblichen Anlagen, Müller-BBM-rapport voor het Umweltbundesamt, augustus 1979
- [8] M + P akoestische adviseurs B.V., Praktische toepasbaarheid van methoden ter bepaling van de geluidimmissie ten gevolge van industriële inrichtingen door emissiemetingen, in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, maart 1979
- [9] M + P akoestische adviseurs B.V., Toetsing van de toepasbaarheid van de Methode Stüber ter bepaling van de bronsterkte van industriële kompleksen, in opdracht van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, juni 1979
- [10] Müller-BBM-GmbH, Determination of sound power levels of industrial equipment, particularly oil industry plant, in opdracht van Concawe, report no. 2/76, januari 1976
- [11] Stüber, B., Messmethode zur Ermittlung der Schalleistung von Industrieanlagen, Müller-BBM-rapport, in opdracht van de Minister für Arbeit, Gesundheit und Soziales des Landes Nordrhein-Westfalen, december 1977