

SCZ

UDA

1351

Lawaai op de arbeidsplaats

Akoestisch management

Geluidtechnisch vademecum voor bedrijfskundigen

Onderzoekprogramma interdepartementale commissie geluidhinder ICG

BIBLIOTHEEK NEDERLANDS INSTITUUT
VOOR PRAEVENTIEVE GEZONDHEIDSZORG TNO
POSTBUS 124, 2300 AC LEIDEN

IBISSTAMBOEKNUMMER

5197/000

TNO ARBEID
BIBLIOTHEEK
POSTBUS 718
2130 AS HOOFDORP
TEL. 023-5549 468

NR. 43674
plaats 58-289

LA-HR-04-02

Een onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door Lichtveld Buis en Partners BV, Utrecht.

Auteurs

ir. P.F.M. Beumer

ir. P.M. Buis

Begeleidingscommissie:

ir. H. Straatsma, voorzitter

ing. P.L.H. Schuurmann, secretaris

ir. J.A.M. Blok

ir. H.E.A. Brackenhoff

P.J.M. Iping

ing. J.H.C. Leenen

M.K.W. Roel

SZW/DGA

SZW/DGA

SZW/DGA

TPD-TNO

SZW/DGA

Philips

RBB

Samenvatting

Het voorliggende geluidtechnisch vademecum geeft voor bedrijfskundigen een overzicht van de mogelijkheden om bij de inrichting of herinrichting van een bedrijf in een vroeg stadium rekening te houden met akoestische aspecten. Het rapport bestaat uit twee delen: deel A, Management en deel B, Geluidstechniek.

Deel A geeft die aspecten van lawaaibestrijding, die voor een manager van belang kunnen zijn bij de inrichting van een bedrijf. Aandacht wordt besteed aan verschillende basisprincipes, zoals kiezen voor stillere alternatieve werkwijzen, lawaaiige werkwijzen scheiden van minder lawaaiige, verandering van werkorganisatie, gebruik van gehoorbeschermingsmiddelen en beoordeling van (te verwachten) blootstelling van werknemers aan lawaai. Daarnaast wordt het belang aangeduid van een deugdelijke geluidspecificatie en garantieafspraken bij aanschaf van machines.

Deel B handelt over akoestiek en lawaaibestrijding. De informatie in dit deel is richtinggevend voor de aanpak, en gaat daarom niet uitvoerig in op details en specialistische zaken. Naast primaire maatregelen aan de machine, wordt aandacht besteed aan maatregelen aan de inrichting en maatregelen bij de mens. Het deel wordt afgesloten met aanwijzingen over het meten van geluid, het rekenen met geluid en enkele praktijkvoorbeelden.

Summary

The sound-engineering handbook under discussion gives experts an overview of the possibilities for taking into account the acoustic potential present at an early stage during the construction or refitting of commercial premises. The report consists of two parts: Part A, Management and part B, Sound-engineering.

Part A covers those aspects of countering noise pollution which could be of use to a manager during a reorganization of company premises. Attention is given to the various basic principles, such as selecting quieter alternatives for production processes, separating noisy work processes from quieter ones, changes to work organization, use of hearing-protection devices and the evaluation of (expected) exposure by employees to noise. In addition the importance of compiling credible sound-specifications and concluding guarantee-agreements when buying machines is also discussed.

Part B deals with acoustics and countering noise-pollution. The information contained in this section gives an orientation for a basic approach and therefore does not contain an extensive discussion of details and specialist-matters. In addition to basic measures taken with machines, attention is also given to the measures and equipment which involve people. The section is concluded with recommendations for the measurement of sound, how to deal with sound as well as some practical examples.

Résumé

Le présent vade-mecum d'acoustique architecturale pour les conseils en organisation offre un aperçu des possibilités qu'ils ont pour tenir compte à un stade préliminaire des aspects acoustiques lors de l'aménagement ou de la rénovation d'une entreprise. Le rapport est divisé en deux parties: la première traite du management (A), la seconde de la technique du son (B). La première partie résume les aspects de l'isolation acoustique susceptibles d'intéresser le responsable lors de l'aménagement d'une entreprise. On y attire l'attention sur les différents principes de base tels que le choix d'autres méthodes de travail faisant moins de bruit, la séparation des méthodes de travail bruyantes des autres, le réaménagement de l'organisation du travail, l'utilisation de moyens de protection contre les nuisances acoustiques et l'appréciation du niveau acoustique (prévu) auquel les travailleurs sont exposés. En outre, on insiste sur l'importance de spécifications acoustiques correctes et sur les garanties à obtenir lors de l'achat de machines.

La seconde partie traite de l'acoustique et de l'isolation acoustique.

L'information donnée ici définit plutôt la méthode d'approche et ne vise donc pas à traiter trop de détails ni d'affaires spécialisées. Outre la prévision de mesures élémentaires à la machine, on consacre de l'attention à la prise de mesures relatives tant à l'aménagement qu'à l'élément humain. Cette partie se termine en donnant des indications sur la mesure et le calcul du bruit ainsi que quelques exemples pratiques.

Zusammenfassung

Das vorliegende lärmtechnische Vademekum erteilt Betriebssachverständigen eine Übersicht über die Möglichkeiten, wie bei der Einrichtung oder erneuten Einrichtung eines Betriebes in einem frühen Stadium die akustischen Aspekte berücksichtigt werden können. Der Bericht besteht aus zwei Teilen: Teil A, Management und Teil B, Lärmtechnik.

Teil A enthält die Aspekte der Lärmbekämpfung, die für einen Manager bei der Einrichtung eines Betriebes wichtig sein können. Dabei werden verschiedene Grundprinzipien beachtet: die Wahl geräuschärmerer alternativer Arbeitsmethoden, das Trennen stark geräuscherregender Arbeitsmethoden von geräuschärmeren, Änderung der Arbeitsorganisation, Benutzung von Gehörschutzmitteln und Beurteilung, inwieweit zu erwarten ist, daß Arbeitnehmer Lärm ausgesetzt sind. Daneben wird auf die Bedeutung einer wirksamen Lärmspezifikation und Garantievereinbarungen bei der Anschaffung von Maschinen hingewiesen.

Teil B befaßt sich mit Akustik und Lärmbekämpfung. Die Information in diesem Teil ist Richtungsweisend für die Lärmbekämpfung und geht darum nicht ausführlich auf Einzelheiten und spezialistische Angelegenheiten ein. Neben primären Vorkehrungen an der Maschine wird auf Vorkehrungen an der Einrichtung und Maßnahmen in bezug auf den Menschen hingewiesen. Dieser Teil schließt mit Hinweisen in bezug auf das Messen von Geräuschen, auf die Berechnung des Lärms und mit einigen praktischen Beispielen.

Akoestisch management

geluidtechnisch vademecum voor bedrijfskundigen

Auteurs : ir. P.F.M. Beumer, ir. P.M. Buis
Lichtveld Buis en Partners BV, Utrecht
Opdrachtgever : Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid
Directoraat Generaal van de Arbeid
Datum : 1 juli 1987
Rapportnummer: 69.036

Inhoud

Inhoud	blz.
Lees dit eerst	5
A. Management	11
A.1 De machine (primaïr)	11
A.1.1 Stillere werkwijze	11
A.1.2 Constructie van stille machines	11
A.1.3 Aanschaf van nieuwe machines	12
A.1.4 Bestaande machines	13
A.2 De inrichting (secundair)	14
A.2.1 Geluidtechnische middelen	14
A.2.1.1 Indelingsprincipes	14
A.2.1.2 Bouwkundige opzet	15
A.2.1.3 Schermen/omkastingen	16
A.2.2 Nieuwe situaties	18
A.2.2.1 Inleiding	18
A.2.2.2 Nabijheidswensen	19
A.2.2.3 Benodigde ruimte	21
A.2.2.4 Opstellen principe lay-out	21
A.2.2.5 Uitwerken lay-out	22
A.2.2.6 Keuze van de lay-outs: factoranalyse	22
A.2.2.7 Voorbeelden	23
A.2.3 Bestaande situaties	24
A.2.3.1 Verschil met nieuwe situaties	24
A.2.3.2 Knelpuntenanalyse	24
A.3 De mens (tertiaïr)	26
A.3.1 Werkorganisatie	26
A.3.2 Gehoorbescherming	27
A.3.3 Audiometrie	27
A.3.4 Voorlichting	28
A.4 Beoordeling van lawaai	29
A.4.1 Technische aspecten	29
A.4.1.1 Meetmethode en apparatuur	29
A.4.1.2 Criteria	31
A.4.2 Juridische aspecten	32
A.4.2.1 Procedures Arbo-wet	32
A.4.2.2 Redelijkheidsbeginsel	35
A.4.2.3 Aansprakelijkheid	35
A.5 Diversen	37
A.5.1 Organisatie van lawaaibestrijding	37
A.5.2 Kosten van maatregelen	41
A.5.2.1 Samenhang	41
A.5.2.2 Kentallen	41
A.5.2.3 Subsidiemogelijkheden	43

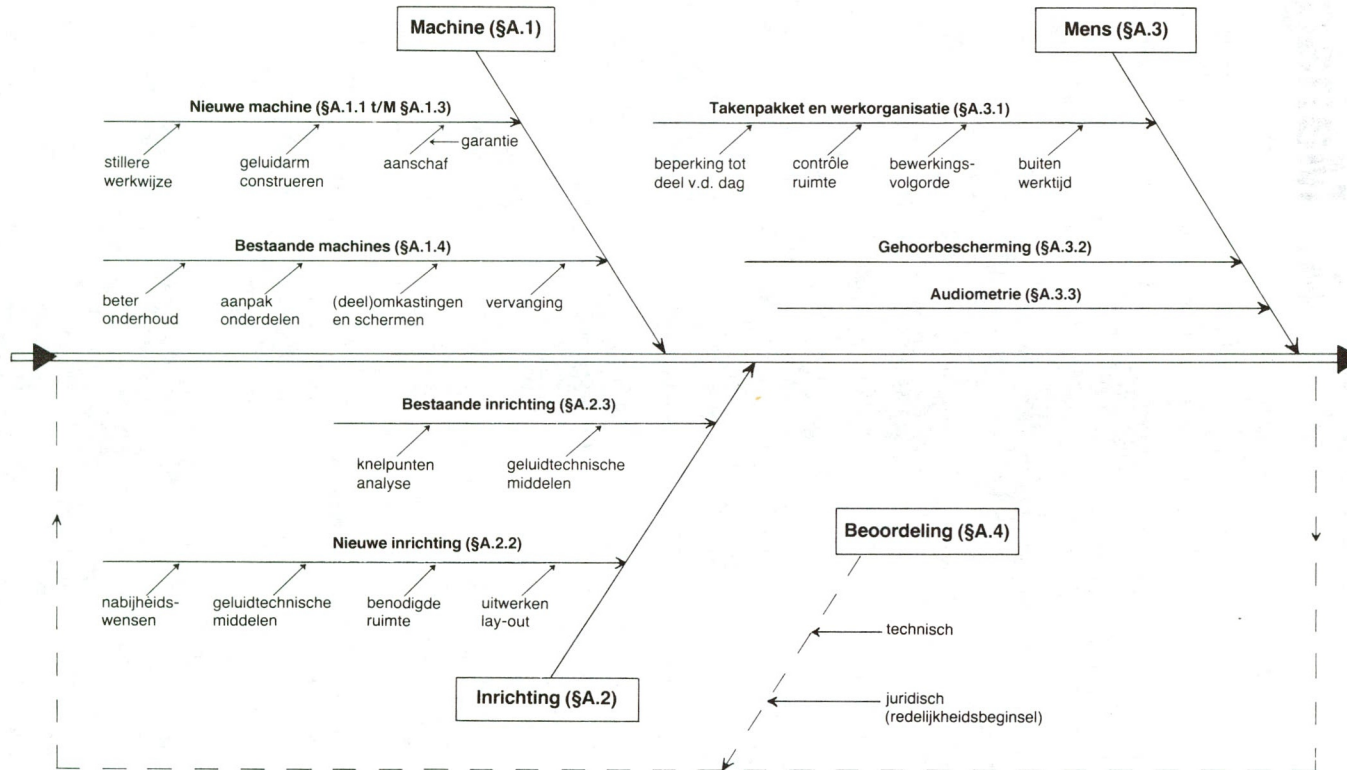
B. Akoestiek en lawaaibestrijding	blz.
B.1 Maatregelen aan machine (primaïr)	45
B.1.1 De grootste fouten	45
B.1.2 Stand van de techniek	47
B.1.3 Voorbeelden	47
B.1.3.1 Inleiding	47
B.1.3.2 Geluidarm construeren	48
B.1.3.3 Geluidarm installeren	49
B.1.3.4 Perslucht	49
B.1.3.5 Machinale houtbewerking	51
B.1.3.6 Handgereedschap	52
B.1.3.7 Pijpleidingsystemen	53
B.1.3.8 Intern transport	54
B.1.3.9 Mechanische overbrengingen	55
B.1.3.10 Elektrische machines	55
B.1.3.11 Grondverzet-, wegenbouw- en bouwmachines	56
B.1.3.12 Verspanende metaalbewerkingen	57
B.1.3.13 Metaalverwerkende industrie	58
B.1.3.14 Gebruiksaspecten van schermen, abri's en omkastingen	60
B.1.3.15 Ventilatoren	61
B.1.3.16 Compressoren	62
B.1.3.17 Dieselmotoren	62
B.1.3.18 Hydraulische installaties	63
B.1.4 Dempers	63
B.1.5 Trillingsdemping	64
B.1.6 Trillingsisolatie	65
B.2 Maatregelen aan de inrichting (secundair)	67
B.2.1 De afstand	67
B.2.2 Absorptie	67
B.2.2.1 Uitvoeringsvormen	67
B.2.2.2 Hoeveelheid absorptie in de ruimte	68
B.2.2.3 Plaats van de absorptie	69
B.2.3 Omkasting van geluidbronnen	69
B.2.4 Schermen	71
B.2.5 Isolatie naar buiten	73
B.3 Maatregelen bij de mens (tertiaïr)	74
B.3.1 Taakpakket en werkorganisatie	74
B.3.2 Gehoorbeschermingsmiddelen	74
B.4 Meten van geluid	76
B.4.1 Algemene aspecten	76
B.4.1.1 Apparatuur	76
B.4.1.2 Gemiddelde geluidsniveaus meten	76
B.4.1.3 Maximale geluidsniveaus meten	77
B.4.2 Meet- en rekenvoorschrift voor lawaai op de arbeidsplaats	77
B.4.2.1 Grootheden	77
B.4.2.2 Beoordeling	78
B.4.2.3 Uitvoering van de metingen	79
B.4.2.4 Lawaai kaarten	80
B.4.3 Meten van machines	80
B.4.3.1 Geluidspecificaties van machines e.d.	81
B.4.3.2 Het meten zelf	81
B.5 Rekenen met geluid	84
B.5.1 Grootheden	84
B.5.2 Optellen van geluidbronnen	84
B.5.3 Gemiddelde geluidsniveaus berekenen	85
B.5.4 Elimineren van stoorgeluid	86
B.5.5 Extrapoleren	87
B.5.6 Netto effect van maatregelen	87
B.5.7 Geluidvermogen niveau omrekenen in geluid(druk)niveau	89
B.6 Praktijkvoorbeelden	90
B.6.1 Aanschaf geluidarm gereedschap	90
B.6.2 Vervanging van een lawaaiige installatie	91
B.6.3 Plaatsing van een verblijfs cabine	92
B.6.4 Bijplaatsen van een lawaaiige machine	93
B.6.5 Begordeling van een geluidssituatie	94

Bijlagen

Adressen	96
Literatuur	98
Trefwoordenregister	100

A. Management

Figuur 1. Aspecten van lawaaibestrijding



Lees dit eerst

De bedrijfskundige is degene, die voor een belangrijk deel bepaalt welke geluidniveaus er op de werkplekken zullen optreden. Hij is de centrale figuur bij de aanschaf van machines en de inrichting van het bedrijf. Na dit stadium, als de keuze voor de machines en de lay-out gemaakt zijn, is met aanvullende maatregelen nog wel iets te doen, maar het geluidreducerend effect blijft vaak beperkt. Door een weloverwogen aanpak van lawaaibestrijding kunnen panieksituaties worden voorkomen: dat een geluidssituatie uit de hand loopt, waarna plotseling rigoreuze en wellicht slecht overwogen maatregelen noodzakelijk zijn.

Voor wie bedoeld

Het voorliggende onderzoek geeft voor bedrijfskundigen een overzicht van de mogelijkheden om bij de (her)inrichting van een bedrijf de geluidaspecten integraal mee te nemen. Er is geen geluidtechnische voorkennis nodig om deze publicatie te begrijpen.

Vorm

Elk hoofdstuk van het vademecum kan op zichzelf worden doorgenomen, zonder dat men eerst de vorige hoofdstukken gelezen moet hebben. Het doel van dit vademecum is om de bedrijfskundige toepassingsgerichte informatie aan te reiken over geluidbeheersing. Dit moet het voor hem mogelijk maken geluidbeheersing op een zelfde wijze te integreren in zijn beroepspraktijk als andere aspecten, die hij voor een goede bedrijfsvoering moet overzien.

Zo nodig kan hij voor specialistische zaken een geluiddeskundige inschakelen.

Het moge duidelijk zijn, dat vooral in complexe geluidssituatie het inschakelen van een geluiddeskundige een absoluut vereiste blijft, zowel bij de beoordeling van de situatie als bij het treffen van maatregelen. Dit geldt des te meer als het risico van verkeerde maatregelen voor het bedrijf onaanvaardbaar is (bv te kostbaar).

Het nevenstaande visgraatdiagram (figuur I) geeft een overzicht van alle maatregelen, die de bedrijfskundige bij lawaaibestrijding kan overwegen. Door de verschillende mogelijkheden van het diagram te beschouwen blijkt of alles gedaan is wat "redelijkerwijs" geëist kan worden. Dit is vooral van belang in verband met de nieuwe wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats. Hierin is vastgelegd, dat bij geluidniveaus boven 85 dB(A) lawaaibestrijding vereist is, tenzij dit redelijkerwijs niet mogelijk is (§A.4.2.2).

Om hinder te voorkomen moeten vaak echter aanzienlijk lagere niveaus worden nagestreefd. Vooral als de benodigde maatregelen niet te kostbaar zijn, is dan een streefwaarde van 60 dB(A) niet onredelijk.

Inhoud

Dit rapport valt uiteen in twee delen:

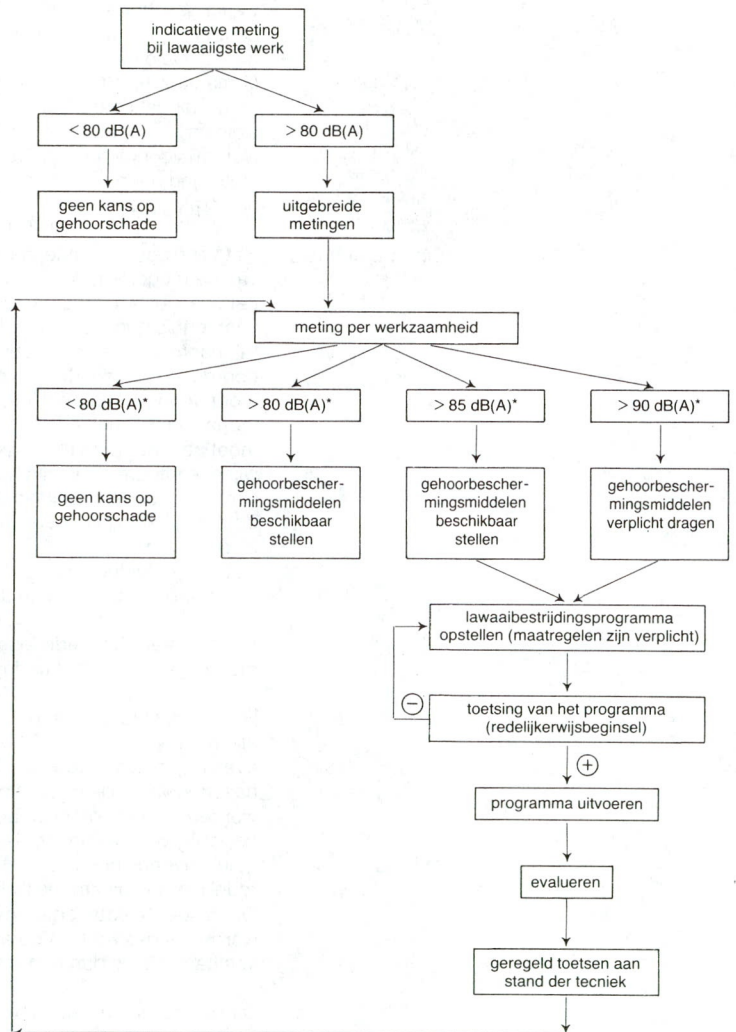
Deel A: Management

Deel A geeft alleen managementaspecten van lawaaibestrijding, met de nadruk op de machine en de inrichting. In figuur II is een algemeen actieplan voor het onderzoek van een lawaaiige situatie samengevat, in figuur III zijn de verschillende stappen van een totaal lawaaibestrijdingsprogramma weergegeven.

Deel B: Geluidtechniek

Deel B geeft een getalsmatige uitwerking van geluidtechnische onderwerpen, waar in deel A naar verwezen wordt. Hierbij worden

Figuur II: Lawaaibestrijding in vogelvlucht: een actieplan*



* Hier staat weergegeven de beoordeling in verband met de kans op gehoorschade. Voor geluidhinder gelden over het algemeen aanzienlijk strengere criteria en vaak ook een andere aanpak van het onderzoek.

concrete voorbeelden uitgewerkt en verwijzingen naar goed toegankelijke literatuur gegeven.

Aan de hand van figuur I worden hier in het kort de voornaamste mogelijkheden aangestipt om geluid daadwerkelijk aan te pakken. Elk van de mogelijkheden wordt in dit vademecum nader uitgewerkt.

De machine (zie §A.1)

Stille werkwijze

Het geluid moet primair bij de bron worden aangepakt. In de eerste plaats is dan de werkwijze erg belangrijk: zo is lassen stiller dan klinken, enz. Als men zelf de eigen machines bouwt, zijn vooral principes van geluidarm construeren van belang (§A.1.2). Als men een machine kant en klaar aanschaft is een deugdelijke geluidspecificatie en garantie van belang: het is essentiële informatie om de geluidproductie van de diverse fabrikaten onderling te vergelijken (§A.1.3). Bij bestaande machines en installaties is vaak direct bij de bron maar weinig geluidreductie mogelijk. De mogelijkheden die er zijn betreffen meestal verbetering van het onderhoud of de aanpak van een enkel onderdeel (deelbron), zoals een demper aanbrengen op een uitlaat of een lokale inkapseling (§A.1.4).

Geluidspecificatie

De inrichting (zie §A.2)

Lawaai scheiden van stil

Als de geluidsbestrijding niet effectief aan de bron kan gebeuren moeten bij de nieuwe inrichting van bedrijfsruimten de lawaaiige en de niet lawaaiige bezigheden zoveel mogelijk worden gescheiden (§A.2.1.1). De bedrijfskundige is dan de centrale figuur bij het integreren van het geluidaspect met de vele andere facetten van een goede inrichting; de paragrafen A.2.1 en A.2.2 geven hiertoe de handvatten. Bij een wijziging van een bestaande situatie is het aantal mogelijkheden vaak beperkter dan in nieuwe situaties (§A.2.3).

De mens (zie §A.3)

*Werkorganisatie
Gehoorscherming*

Als zowel de aanpak van de machine als van de inrichting onvoldoende resultaat heeft moeten aanvullende maatregelen bij de mens worden getroffen. Dit kan zijn ofwel door wijziging van de werkorganisatie (§A.3.1) ofwel door het gebruik van persoonlijke beschermingsmiddelen (§A.3.2). Als de kans op gehoorschade bestaat, is een periodieke medische controle van het gehoor van de betrokkenen aan te raden (§A.3.3).

Beoordeling (zie §A.4)

Centraal bij dit alles staat steeds de beoordeling van de (te verwachten) geluidexpositie op de arbeidsplaatsen. §A.4 geeft de richtlijnen en normen (zie §A.4.1.2), beoordelingsmethoden (zie §A.4.1.1) en bespreekt meer in detail het "redelijkheidsbeginisel" (zie §A.4.2.2).

Als afsluiting van het management deel A wordt in A.4.2 ingegaan op enige juridische aspecten van lawaaibestrijding en in §A.5 op de organisatorische en economische aspecten.

Figuur III: Elementen van lawaaibestrijdingsprogramma

1. Geluidproblemen herkennen	Beoordeling van geluidniveaus op grond van metingen, klachten, gegevens van elders enz.
2. Geluidbronnen analyseren	Aanwezige of toekomstige geluidbronnen vaststellen.
3. Geluidontstaan aanpakken	Bijv. door keus geluidarme werkwijze, machines, gereedschappen e.d.
4. Geluidoverdracht aanpakken	Door absorptie, afscherming, omkasting en door mensen op grotere afstand te plaatsen.
5. Geluidinwerking op de mens aanpakken	Door een andere werkorganisatie en als laatste zo nodig gehoorbeschermingsmiddelen.
6. Raming van geluidreductie	Door metingen en/of berekeningen.
7. Raming van kosten	Door kostenopgaven van leveranciers en/of ramingen.

Akoestisch deel B: richtinggevend

Figuur IV: Enige kenmerkende geluidniveaus

niveau	betekenis
* 20 dB(A)	blader geritsel
* 40 dB(A)	fluisteren op 1 meter
* 60 dB(A)	stem op 1 meter
* 80 dB(A)	luide radio
* 100 dB(A)	claxon dichtbij
* 120 dB(A)	mitrailleur

In het managementdeel A wordt voor een getalsmatige uitwerking verwezen naar het akoestische deel B. De informatie in deel B is bedoeld als richtinggevend voor de aanpak en gaat daarom niet uitvoerig in op allerlei details en specialistische zaken.

—Decibel A, dB(A)

De enige geluidtechnische grootheid die hier wordt gebruikt is de decibel A of dB(A). Met deze grootheid kunnen bijna alle lawaaisituaties in bedrijven worden beschreven. Om de dB(A) zinvol te hanteren is wel enige toelichting nodig:

—het geluidniveau is afhankelijk van de afstand tot de geluidbron. Bij een geluidniveau in dB(A) hoort dus altijd een aanduiding van de meetplaats;

—enkele typerende geluidniveaus zijn in figuur IV gegeven;

—een reductie van het lawaai met 10 dB(A) neemt een mens waar als een halvering van het lawaai. Een reductie van 2 à 3 dB(A) is amper waarneembaar;

—het sommeren van geluidniveaus gebeurt logaritmisch.

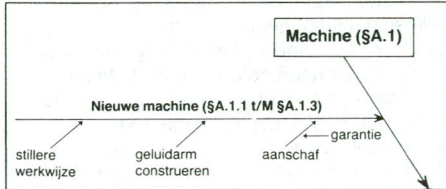
Voorbeeld: als de bijdrage per geluidbron op een werkplek 80 dB(A) is, veroorzaken 2, 3 en 4 van deze bronnen gezamenlijk resp. 83, 84,7 en 86 dB(A) (§B.5.2);

—de reductie van lawaai door het wegnemen van bronnen gebeurt omgekeerd zeer geleidelijk. Bijvoorbeeld als van vier gelijke bronnen één wordt weggenomen is de reductie 1,3 dB(A), (vergelijk vorige punt: reductie van 86 naar 84,7 dB(A));

—geluidbestrijding heeft alleen zin als de grootste bron het eerst wordt aangepakt (§B.1.1, figuur B.1.1).

A.1 De machine

Figuur A.1.1: Deel van het visgraatdiagram (zie figuur I, blz 4)



Voorop staat, dat bij het (bij)plaatsen van nieuwe machines en bij wijzigingen aan bestaande machines steeds moet worden geïnventariseerd welke invloed dit heeft op de geluidssituatie op de betrokken arbeidsplaatsen en welke mogelijkheden er zijn om het geluidniveau op de arbeidsplaats zo laag mogelijk te krijgen, in ieder geval beneden 80 dB(A). Als zodanig is dit ook opgenomen in de nieuwe wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats: beoordeeld moet worden welke geluidreductie mogelijk is (c.q. was) vanaf het allereerste begin (zie §A.4.2.2).

A.1.1 Stillere werkwijze

Figuur A.1.2: Voorbeelden van een stillere werkwijze

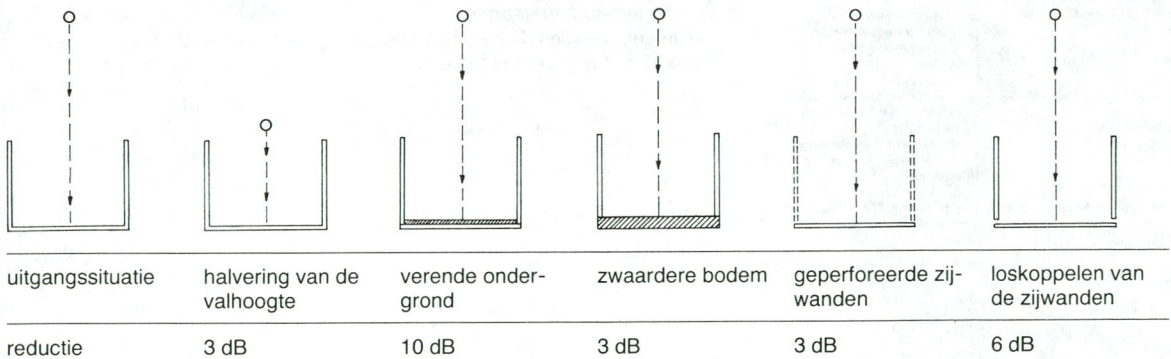
soort werk	oude werkwijze	nieuwe werkwijze
richten van metaal moeren (de)monteren kraken van beton verwijderen van klinknagels	met voorhamer met slagmoeraanzetter mechanisch slijpen	hydraulisch met nutrunners hydraulisch beitelen

De grootst mogelijke verbetering van een situatie wordt meestal bereikt door de toepassing van een stillere werkwijze. De mogelijkheden van een stillere werkwijze hangen volledig af van de situatie: voor voorbeelden zie figuur A.1.2. Veel voorkomende voordelen van geluidarmere werkwijzen zijn met name minder slijtage van de machine en installatie en minder beschadiging van het produkt (door een soepelere werkwijze met minder schokken en klappen). Voor concrete mogelijkheden wordt verwezen naar §B.1.3 en de daar genoemde literatuur.

A.1.2 Constructie van stillere machines

Bij de ontwikkeling van een nieuwe machine of installatie dient rekening te worden gehouden met de principes van geluidarm construeren; figuur A.1.3 geeft hiervan een voorbeeld. Geluidarm construeren kan vaak een zeer belangrijke geluidreductie opleveren. Zo kan bij bepaalde toepassingen door toepassing van kunststof tandwielen het geluidniveau van tandwielkasten worden teruggebracht met meer dan 10 dB(A). Voor meer informatie wordt verwezen naar §B.1.3.

Figuur A.1.3: Voorbeeld van geluidarm construeren
De Ausgangssituatie is een container, waarin een stalen kogel valt.



A.1 De machine

Figuur A.1.4: Stappenplan voor de aanschaf van een stille machine, installatie e.d.

Stappen	Toelichting
1. Beoordeling van de situatie	—bepaling toelaatbare geluid-productie.
2. Geluidinformatie opvragen	—technische alternatieven.
3. Beoordeling geluidinformatie	—zonodig vertalen naar arbeidsplaats —rekening houden met gebruiksduur: —voor vergelijkbare gebruikssituatie;
4. Eerste selectie	—technische, financiële en geluidtechnische overwegingen
5. Nader opstellen van geluidspecificaties (in overleg met leverancier)	—zie par. A.1.3.
6. Aankoop	
7. Bij levering controle van geluidspecificaties	—zonodig (bij overschrijding terugvallen op garantie, zie 5).
8. Onderhoud	—onderhouden volgens schema, met name letten op goede afstelling.
9. Geregeld controle van geluidproductie	—zonodig onderhoudsschema aanpassen.

Figuur A.1.5: Essentiële elementen van een geluidspecificatie

Element	Voorbeelden
a. Het geluidniveau	de bijdrage van . . . (de machine) aan het geluidniveau zal niet meer dan 78 dB(A) zijn
b. De meetsituatie	—bij het oor van de direct betrokkene —op 1 meter uit het hart van de machine —conform Pneurop, DIN, NEN methode
c. De gebruikssituatie	—bij 1200 omw/min, —bij maximale belasting —bij het transport van M12 bouten
d. Leveringsvoorwaarden	—bij niet voldoen aan specificaties binnen 1 maand na levering, zal . . . —eventuele aanvullende voorzieningen ter beoordeling van afnemer
e. Onderhoud en gebruik	—bij normaal onderhoud en gebruik geldt de specificatie 1 jaar

A.1.3 Aanschaf van machines

Als machines, installaties of gereedschappen compleet aangeschaft worden, is het zaak zo mogelijk een relatief geluidarm type aan te schaffen. In figuur A.1.4 is hiervoor een stappenplan aangegeven. Van veel machines zijn geluidarmere uitvoeringen op de markt. De beloften ten aanzien van geluid worden echter vaak niet waargemaakt. Dit is te voorkomen door eisen te stellen aan de geluidspecificatie. Een veel voorkomend probleem is, dat een geluidspecificatie vaak geheel ontbreekt. Een goede geluidspecificatie moet de volgende elementen bevatten (zie ook figuur A.1.5):

a. *geluidniveau*

—niveau in dB(A) op de arbeidsplaats is meestal afdoende (met eventueel een meettolerantie). Aanduidingen zoals geluidgedempt, stil, etc. zijn in specificaties zinloos. Welk niveau nog aanvaardbaar is, hangt zowel af van de machine zelf als van het achtergrondniveau. —bij een geluidniveau moet altijd de meetplaats gegeven zijn.

b. *meetsituatie*

—in ieder geval éénduidig;
—bij voorkeur op de arbeidsplaats gemeten;
—eventueel conform een gestandaardiseerd meetprotocol. Deze zijn gegeven als DIN, NEN in figuur B.4.7.

c. *gebruikssituatie*

—in ieder geval éénduidig: bij welke gebruikssituatie van de machine;
—zo goed mogelijk overeenkomstig de uiteindelijke gebruikssituatie, dus geen gegevens over leegloopgeluid als het bewerkingsgeluid volledig bepalend is.

d. *leveringsvoorwaarden*

—bijvoorbeeld: de laatste betalingstermijn na controle van de geluidspecificatie;
—bijvoorbeeld: als aanvullende voorzieningen nodig zijn om alsnog te voldoen aan de specificaties, zijn deze ter beoordeling en goedkeuring van de afnemer; in de specificatie moet worden opgenomen welk type maatregelen dit dan eventueel betreft.
—de beste leveringsvoorwaarde is nog altijd een realistische en haalbare geluidspecificatie. Dit voorkomt allerlei problemen na levering.

e. *onderhoud en gebruik*

—de specificaties dienen na enige tijd bij normaal gebruik en onderhoud nog steeds te gelden.

A.1 De machine

A.1.4 Bestaande machines

Bij bestaande machines zijn de mogelijkheden meestal duidelijk minder dan bij nieuwe machines. Zo is wijziging van de werkwijze tot een minder lawaaiige praktisch uitgesloten.

Voor mogelijke maatregelen moet men onder meer denken aan: (zie figuur A.1.6):

- *verbetering van onderhoud*

Met name het vastzetten van rammelende onderdelen, het uitbalanceren, een juiste smering, het vervangen van versleten onderdelen e.d.. Voor concrete mogelijkheden wordt verwezen naar §B.1.3.

- *lawaaiige onderdelen vervangen door stillere*

Vooraf moet vaststaan, dat de betreffende onderdelen akoestisch gezien relatief belangrijk zijn: zie ook figuur B.1.1. Hoe dat onderzocht kan worden, wordt besproken in §B.4.2. Op de concrete mogelijkheden van maatregelen wordt in §B.1.3 nader ingegaan.

- *(deel)omkastingen en schermen (figuur A.1.7)*

Soms is het mogelijk de meest lawaaiige delen te omkassen of af te schermen direct aan de machine. De grootste bottle-necks hierbij zijn vaak de vereiste toegankelijkheid voor onderhoud en het zicht op de machine. Daarentegen kan een omkasting vaak ook als veiligheidskap dienst doen. Voor de mogelijke uitvoering wordt verwezen naar §B.2.3.

- *vervanging door nieuwe machine*

Bij maatregelen aan bestaande machines is essentieel dat steeds overwogen wordt of het wellicht zinvoller is om een nieuwe, geluidarmere machine aan te schaffen of om de bestaande machine aan te pakken. Dit hangt met name af van:

- economische aspecten*

Bij de kosten voor maatregelen moet vooral ook worden gelet op de resterende economische levensduur van de machine. De kosten kunnen ook maatregelen in de omgeving betreffen, vooral als met maatregelen aan de machine alleen niet voldoende effect wordt bereikt. Voor de kostenaspecten die hierbij een rol spelen wordt verwezen naar §A.5.2.

- gebruiksaspecten*

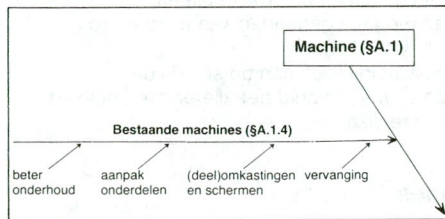
Door maatregelen aan bestaande machines kan soms de bereikbaarheid (bv. voor onderhoud) of het bedieningsgemak verminderen. Indien de maatregelen reeds door de fabriek zijn aangebracht of als de machine geluidarm geconstrueerd is treden deze problemen voor de bediening meestal niet op.

- *lawaaiige perioden beperken*

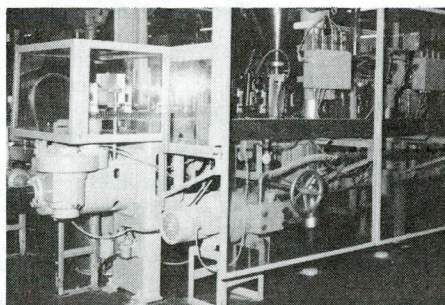
Soms is het mogelijk lawaaiige periode zo kort mogelijk te houden, vooral als het leegloop van machines betreft.

Zo is het soms bij een kettingschraper mogelijk de installatie automatisch af te schakelen bij onvoldoende belasting: dit beperkt het irritante, piepende leegloopgeluid.

Figuur A.1.6: Deel van het visgraatdiagram (zie figuur I, blz. 4)

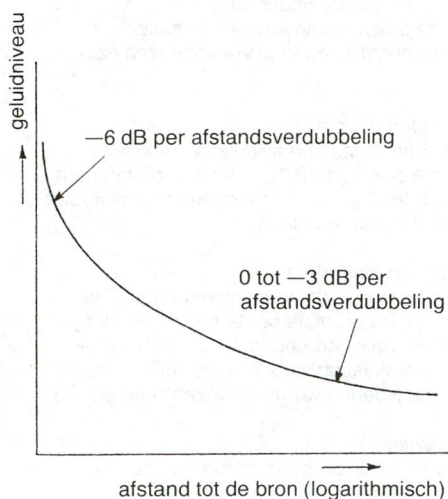


Figuur A.1.7: Een vulmachine met een geluidafschermende veiligheidskap
Reductie: 3 dB



A.2 De inrichting

Figuur A.2.1: Invloed van de afstand op het geluidniveau (hier voor een compacte geluidbron in een grote hal).



A.2.1 Geluidtechnische middelen

Het is niet altijd mogelijk de machine zo stil als nodig te maken. Dan moeten geluidtechnische voorzieningen in de ruimte worden overwogen, welke hier kort besproken worden. In §B.2 worden deze kwantitatief nader uitgewerkt. Net als bij machines geldt, dat bij wijzigingen van een bestaande inrichting of bij nieuwe inrichtingen steeds moet worden nagegaan:

- welke invloed het heeft op het geluid op de arbeidsplaats;
- hoe het geluidniveau zo laag mogelijk gehouden kan worden, zo mogelijk beneden 80 dB(A) (zie §A.4.1.2).

Bij de beoordeling van de redelijkheid moet men op steeds de mogelijkheden beoordelen, die er waren vanaf het allereerste begin en niet alleen de mogelijkheden na realisatie.

A.2.1.1 Indelingsprincipes

Het belangrijkste indelingsprincipe is

Lawaaige plaatsen afzonderen van stille plaatsen

Dit kan op de volgende manieren:

- *Lawaaig werk groeperen in een haldeel en rustig werk in een ander haldeel*

Dit is vaak de meest praktische uitvoering om lawaaig werk af te scheiden van stil werk. Dit kan echter de hinder voor de mensen in het lawaaig deel vergroten, vooral als zij maar een beperkt deel van de dag veel lawaai produceren (bv. bij richtwerkzaamheden in een constructiebedrijf). Dan is een verdere opsplitsing (bv. in werkcabines) zinvol.

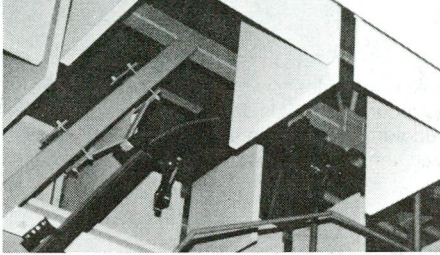
- *De afstand tot geluidbronnen vergroten*

Als duidelijk overheersende geluidbronnen aanwezig zijn is het zinvol de arbeidsplaatsen zoveel mogelijk op afstand te houden, zo mogelijk tot een afstand waar het achtergrondniveau het geluid van de bron overstemt. Het effect van een toename van de afstand is het grootst dicht bij de bron (zie figuur A.2.1): een afstandstoename van 5 naar 10 meter heeft meer effect dan van 20 naar 25 meter, het verschil is tenminste 4 dB(A).

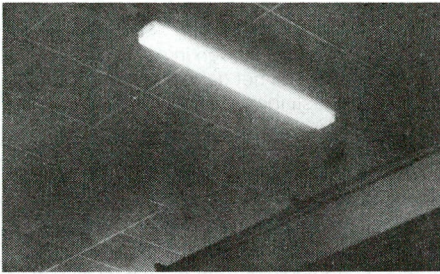
- ★ *Kanttekening:*

Vaak zijn bovengenoemde geluidwensen moeilijk te combineren met de andere wensen voor de inrichting (zoals routing e.d.). Dan is het zinvol al zo vroeg mogelijk te bezien in hoeverre schermen of omkastingen mogelijk zijn, waardoor verschillende van deze geluidwensen kunnen vervallen en de indeling beter aan de andere wensen voldoet.

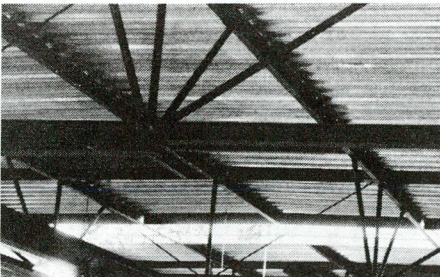
Figuur A.2.2: Mogelijke uitvoeringsvormen van een geluidabsorberend plafond



Baffles:
losse elementen die aan het plafond worden opgehangen



Verlaagd plafond:
op 10 tot 50 cm onder het bestaande plafond



Systeemdak:
de dak- of plafondconstructie is geluidabsorberend

A.2.1.2 Bouwkundige opzet

De bouwkundige opzet van het gebouw c.q. de ruimte heeft een belangrijke invloed op de geluidssituatie.

- **Geluidabsorberend plafond:**

De geluidabsorptie van een voorwerp bepaalt hoeveel van het geluid dat daarop valt wordt teruggekaatst. In figuur A.2.2 worden enige uitvoeringsvormen van geluidabsorberende plafonds gegeven. Een dergelijk plafond is meestal opgebouwd uit een poreus materiaal. Het gebruik van een geluidabsorberend plafond en/of wanden heeft in het algemeen de volgende voordelen:

- *daling van het gemiddeld halniveau.*

Dit komt doordat machines op grotere afstand dan minder bijdragen aan het geluidniveau. Deze reductie is meestal niet meer dan 4 dB(A).

Dit effect is dicht bij lawaaiige machines echter te verwaarlozen;

- *subjectief een duidelijke verbetering.*

De subjectieve verbetering is meestal groter dan op basis van de werkelijk gemeten geluidreductie zou worden verwacht.

In figuur A.2.3 wordt kort samengevat wanneer een absorberend plafond zin heeft.

- **Hoge of lage hal:**

- in een lage hal is het gemiddeld geluidniveau wat hoger dan in een hoge hal (beide zonder absorberend plafond bij dezelfde geluidproductie);

- in een hoge hal is het effect van een geluidabsorberend plafond minder groot dan in een lage hal. In een hoge hal is het meestal zinvol ook (delen van de) wanden geluidabsorberend uit te voeren;

- in een lage hal is het effect van schermen minder groot dan in een hoge hal. Als een absorberend plafond aanwezig is, maakt de halhoogte niet veel uit.

- **vierkante, langwerpige of L-vormige hal:**

- in een langwerpige hal is het beter mogelijk zoveel mogelijk afstand te creëren tussen relatief lawaaiig en relatief stil werk dan in een vierkante hal;

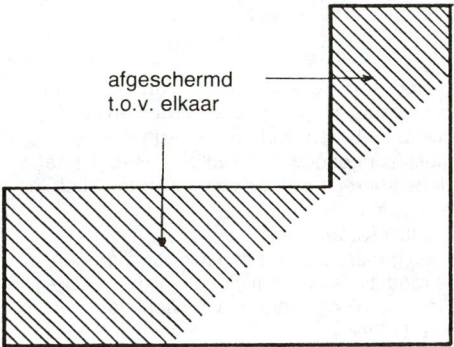
- in een L-vormige hal kan de binnenhoek benut worden als afscherming tussen de twee uiterste haldelen, zie figuur A.2.4.

Figuur A.2.3: Wanneer zijn geluidabsorberende plafonds zinvol?

Voorbeelden van situaties	Absorberend plafond zinvol	Toelichting
Magazijn met veel opslag	niet zinvol	<ul style="list-style-type: none"> • De opslag fungeert al als absorptie • Relatief weinig werknemers
Werkplaats met relatief weinig machines en opslag	wel zinvol	<ul style="list-style-type: none"> • Absorptie van de inrichting is onvoldoende • Relatief veel werknemers
Groepskantoren	wel zinvol	<ul style="list-style-type: none"> • Absorptie van de inrichting is onvoldoende • Relatief veel werknemers

A.2 De inrichting

Figuur A.2.4: L-vormige ruimtes, met afscherming door de binnenhoek



- *opsplitsing in gescheiden haldelen:*
als de afdeling gesplitst kan worden in een relatief stil en relatief lawaaiig deel, kan een scheidingswand de geluidreductie voor het stille deel aanzienlijk vergroten.
- *bordessen:*
geluidtechnisch gezien maakt een bordes gewoon deel uit van de hal, met globaal hetzelfde achtergrondniveau. Als daar relatief zeer stil werk wordt uitgevoerd (bv. de werkadministratie van de produktiehal) kan het bordes beter door middel van een scheidingswand volledig van de hal worden gescheiden.

A.2.1.3 Schermen en omkastingen

Vaak is een geschikte bouwkundige opzet en een zo gunstig mogelijke indeling niet voldoende om het geluid goed aan te pakken. Hulpmiddelen die dan ter beschikking staan zijn met name omkastingen en schermen.

Omkastingen:

Het principe van een omkasting is dat de geluidbron in een geluidsisolerende kast wordt geplaatst, zodat het geluid buiten de kast vermindert. Globaal geldt dat met omkastingen geluidreducties (van de omkaste bron) haalbaar zijn van 8 dB(A) (eenvoudige omkasting) tot 20 dB(A) en meer (specialistische omkasting). Een omkasting kan verschillende uitvoeringsvormen hebben, zie figuur A.2.5. Essentiële aspecten voor een succesvolle toepassing van omkastingen zijn met name:

- voldoende geluidbronnen in de omkasting(en).
- Het is belangrijk dat alle overheersende geluidbronnen omkast zijn en bv. niet de meeste wel en enkele niet. Dit speelt ook bij deelomkastingen, als slechts een deel van een machine wordt omkast (zie figuur A.2.5);
- geschikte materiaalkeuze.

Figuur A.2.5: Uitvoeringsvormen van omkastingen

Uitvoering	Toepassingsgebied	Kanttekeningen
deelomkasting	<ul style="list-style-type: none">• Bij duidelijk overheersende deelbron van een installatie• Voor gehele omgeving effectief	<ul style="list-style-type: none">• Effect meestal beperkt• Zwakke punten zijn vaak de aansluitingen aan de machine• Soms voordelig voor bereikbaarheid van machine, vereiste ventilatie e.d. (t.o.v. volledige omkasting)
totale omkasting	<ul style="list-style-type: none">• Als deelomkasting niet zinvol of niet mogelijk is• Voor gehele omgeving effectief	<ul style="list-style-type: none">• Zwakste punt meestal aansluitingen aan leidingen en te openen delen
machine in aparte ruimte	<ul style="list-style-type: none">• Als omkasting niet mogelijk is• Alleen voor arbeidsplaatsen buiten deze ruimte zinvol	<ul style="list-style-type: none">• Eventueel meer lawaaiige machines bij elkaar, afgescheiden van het stillere werk
(controlekamer) zie §A.3.1	<ul style="list-style-type: none">• Als omkasting niet mogelijk is en meeste werk vanuit controlekamer kan worden uitgevoerd• Alleen voor werknemers in controlekamer zinvol	

A.2 De inrichting

Afhankelijk van de vereiste geluidreductie en de beperkingen van de geluidsreductie die al bestaan door openingen en kieren moet de materiaalkeuze van de omkasting worden bepaald (zie §B.2.3);
—geen belangrijke belemmeringen voor de toegankelijkheid van de machine voor bediening en/of onderhoud. Dit kan ertoe leiden dat bijzondere aandacht moet worden besteed aan gemakkelijk (tijdelijk) weg te nemen panelen;
—goed zicht op het proces: bij voorbeeld met behulp van doorzichtpanelen van glas of kunststof;
—afdichting van kieren en gaten. Kieren en gaten verminderen de geluidreductie in belangrijke mate. Hierbij moet men vooral ook denken aan doorvoeropening van leidingen en afdichtingen van te openen delen (zoals deuren);
—ventilatie, afvoer van gassen e.d. Zo nodig moeten daarvoor speciale geluidgedempte ventilatieroosters worden aangebracht;
—in §B.2.3 wordt nader ingegaan op de uitvoeringstechnische aspecten van omkastingen.
Het belang van de gebruikaspecten is zo groot, dat vaak voorkomt dat bij een gebruikersonvriendelijke uitvoering de omkasting binnen de kortste tijd (gedeeltelijk) gedemonteerd is door de betrokkenen en niet meer effectief is als omkasting.

Schermen:

Het principe van een scherm is, dat tussen de geluidbron en de waarnemer (c.q. de arbeidsplaats) een dermate groot obstakel staat, dat het geluid bij de waarnemer minder is. Globaal geldt, dat door middel van een scherm het geluid van de afgeschermd bron(nen) met 5 tot 10 dB(A) kan verminderen. De grotere geluidreducties zijn alleen haalbaar bij aanwezigheid van een geluidabsorberend plafond. In figuur A.2.6 zijn aspecten aangegeven die het effect van schermen mede bepalen. Schermen zijn met name minder zinvol indien:
—het scherm duidelijk in de weg staat. De praktijk is meestal, dat het scherm dan binnen de kortste keren wordt verplaatst door de direct betrokkenen;
—er vele min of meer gelijkwaardige geluidbronnen aanwezig zijn. Het effect is dan nooit meer dan enkele dB's;
—het geluid sterk laagfrequent van karakter is: schermen hebben weinig effect;
—het scherm zowel ver van de geluidbron als van de arbeidsplaats staat: ook dan hebben schermen weinig effect.

Eisen die aan een geluidwerend scherm gesteld moeten worden zijn:
—een groot oppervlak tussen geluidbron (bijv. een machine) en de ontvanger (meestal een arbeidsplaats). De zichtlijn moet in alle richtingen aanzienlijk onderbroken zijn;
—opgebouwd uit een gesloten oppervlakte, oppervlakte gewicht $\geq 5 \text{ kg/m}^2$, zo mogelijk voorzien van een geluidabsorberende toplaag aan de zijde van de geluidbron (zie §B.2.4).

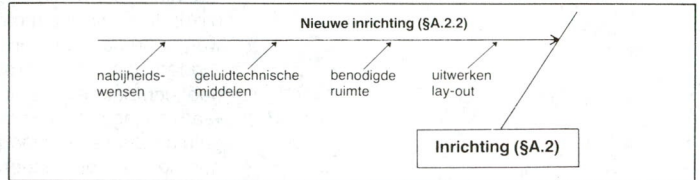
Figuur A.2.6: Aspecten die het effect van schermen beïnvloeden

aspect	invloed op het effect van schermen
Vele bronnen, sterk verspreid over de afdeling Laagfrequent geluid Geluidabsorberend plafond Scherm dichtbij de geluidbron	zeer ongunstig ongunstig gunstig gunstig

A.2 De inrichting

A.2.2 Nieuwe situatie

Figuur A.2.7: Deel van het visgraatdiagram (zie figuur I, blz 4)



A.2.2.1 Inleiding

In nieuwe situaties is het zaak de afdeling zodanig in te richten dat zo goed mogelijk aan de verschillende wensen wordt voldaan, zoals goede transportmogelijkheden, voldoende ruimte op de arbeidsplaats e.d.. Geluidtechnische wensen zijn dan bijvoorbeeld:

- bij voorkeur geen lawaaibron dichtbij een op zichzelf stille arbeidsplaats;
- voldoende ruimte voor eventuele geluidtechnische voorzieningen, zoals omkastingen en schermen.

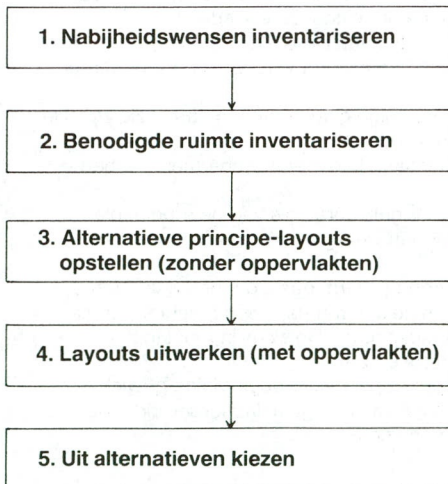
Een praktisch probleem is meestal hoe zo goed mogelijk met alle verschillende wensen, randvoorwaarden, beperkingen e.d. rekening kan worden gehouden. Bij het opzetten van een inrichting kan een systematiek worden aangehouden zoals door de Amerikaanse lay-out specialist Muther is ontwikkeld: de zgn. Systematische Layout Planning (afgekort tot SLP). Globaal gezien is de SLP een 5-stappenplan (zie figuur A.2.8). Deze vijf stappen zullen kort worden besproken, waarbij met name ingegaan zal worden op de mogelijkheden om geluidaspecten daarbij in te brengen.

De ervaring van de auteurs van dit rapport is, dat weinig bedrijven volledig volgens een dergelijke systematiek te werk gaan, maar hieruit slechts delen toepassen. Het systeem biedt ook voor dergelijke bedrijven de mogelijkheid om een (voorlopig) gekozen indeling systematisch en relatief snel te evalueren op onvolkomenheden en eventuele alternatieven.

In figuur A.2.9 is samengevat voor welke types lay-out SLP minder geschikt is. Algemeen kan gesteld worden:

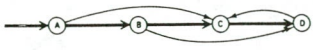
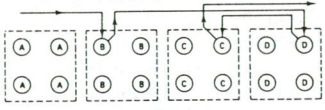
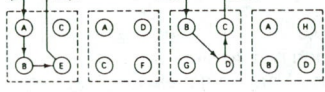
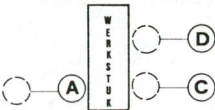
- hoe belangrijker de materiaal- of produktstroom door de afdeling, des te moeilijker is het om via SLP geluidaspecten in de lay-out te betrekken;
- als de materiaal- of produktstroom alles bepalend is, is het amper mogelijk om lawaaiig werk van stil werk te scheiden. De aandacht zal zich dan meer richten op de aanvullende voorzieningen (zie §A.2.1.3), zodat met name daar voldoende ruimte voor wordt gereserveerd.

Figuur A.2.8: Systematische Layout Planning: vijfstappen plan



A.2 De inrichting

Figuur A.2.9: Toepassingsmogelijkheden van SLP, afhankelijk van het type lay-out

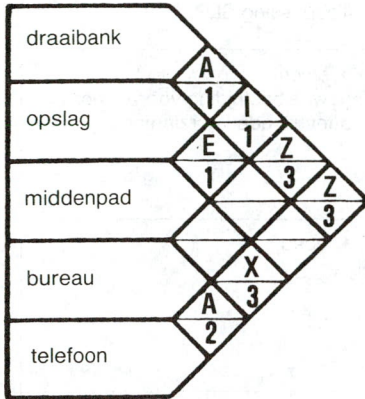
Type lay-out o = bewerking of machine	Korte typering	Toepassing SLP
lijnlay-out 	<ul style="list-style-type: none"> • materiaalstroom staat voorop (bijv. lopende band) • machines opgesteld in volgorde van bewerking • voor grote, uniforme series 	<ul style="list-style-type: none"> • slecht (lawaaibestrijding vooral door aanvullende voorzieningen)
functionele lay-out 	<ul style="list-style-type: none"> • machines van dezelfde soort bij elkaar: (bijv. machinefabriek) • voor grote variëteit aan produkten 	<ul style="list-style-type: none"> • goed
groepslay-out 	<ul style="list-style-type: none"> • overgang van functionele naar lijn-layout een cel bevat de machines voor één type produkt • voor vele, kleinere series produkten 	<ul style="list-style-type: none"> • goed
fixed position-lay-out 	<ul style="list-style-type: none"> • produkt wordt niet verplaatst (bijv. voor moeilijk te verplaatsen produkten) 	<ul style="list-style-type: none"> • slecht (lawaaibestrijding vooral door werkorganisatie)

A.2.2.2 Inventarisatie van de nabijheidswensen

Eerst wordt geïnventariseerd welke arbeidsplaatsen bij elkaar horen en vooral ook welke niet. Dit komt voor het geluid in principe neer op lawaai bij lawaai, stil bij stil, en vooral ook: lawaai niet bij stil. Maar in dit stadium komen natuurlijk allerlei wensen naar voren met allerlei verschillende achtergronden, zoals de produktstroom, toezicht op het werk, functiesamenstelling e.d. Een hulpmiddel om deze verschillende aspecten onder één noemer te brengen is het zgn. relatiediagram. Dat werkt als volgt (zie figuur A.2.10): in de linker kolom worden onder elkaar de verschillende arbeidsplaatsen en andere functionele ruimte-eenheden (zoals opslag) opgenomen. Vervolgens wordt in de rechter hokjes aangegeven hoe het met de nabijheidswens zit voor de twee zaken die op dit hokje aansluiten. Boven in het hokje staat de sterkte van de wens, onder in het hokje de reden. Om niet onhanteerbaar veel wensen te krijgen moet men niet meer dan een vijftiental typen arbeidsplaatsen onderscheiden. Zo nodig voegt men dan in dit eerste stadium een aantal arbeidsplaatsen samen om die pas in een later stadium meer op te splitsen.

A.2 De inrichting

Figuur A.2.10: Voorbeelden van een muther- of relatiediagram



A = Absoluut noodzakelijk
 E = Extra belangrijk
 I = Invloedrijk
 O = Ongeveer normaal
 U = Urgentieeloos
 X = Niet gewenst
 Z = Zeer ongewenst

Redenen
 1 materiaalstroom
 2 functiesamenstelling
 3 geluid

Met het relatiediagram kunnen nu dus alle wensen worden geïnventariseerd en worden samengebracht in één figuur. Dit is een belangrijk voordeel om ook daadwerkelijk met al de verschillende wensen rekening te houden.

Het moge duidelijk zijn, dat aan de invulling van dit diagram—vooral in complexe situaties — vaak veel bedrijfskundig werk vooraf gaat. Voor de analyse-methoden, die daarvoor gebruikt kunnen worden, wordt verwezen naar "Systematische Layout Planning" een uitgave van EVO, Zoetermeer.

Als voorbeeld van een dergelijke methode kan worden genoemd de zgn. PQ-analyses. Hierbij wordt per type produkt (P) geïnventariseerd in welke kwantiteit (Q) bewerking plaatsvindt.

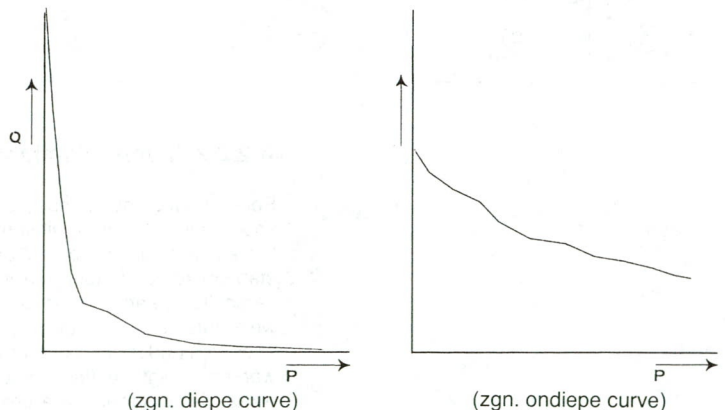
Als dit geordend wordt in kwantiteit van meest voorkomend tot minst voorkomend krijgt men kurven zoals in figuur A.2.11.

Uit de vorm van de curve kan men dan bv. afleiden:

—bij een "diepe curve" komt een beperkt assortiment produkten veel voor en de rest slechts weinig. Dan kan men besluiten tot massa fabricage voor de grote kwantiteit en kleine series fabricage voor de kleine kwantiteit, met bijbehorende verschillende typen lay-out (zie figuur A.2.9): bv. voor de grote series een lijnlay-out en voor de kleine series een groeps lay-out;

—bij een "ondiepe curve" komt een grote verscheidenheid aan produkten voor, waarbij de hoeveelheden niet zo sterk onderling verschillen. Dit kan bv. aanleiding zijn om voor de gehele afdeling een groeps lay-out te kiezen.

Figuur A.2.11: Resultaat van P-Q-analyse: voorbeelden (P = type produkt, Q = hoeveelheid produkten per tijdseenheid).



Figuur A.2.12: Inventarisatie van de benodigde ruimte

type arbeidsplaats	aantal	oppervlakte per stuk (in m ²)	totaal oppervlakte (in m ²)
A	10	8	80
B	6	20	120
C	1	35	35
D	3	8	24
totaal nodig			259
beschikbaar			220

mogelijke conclusies:
sommige arbeidsplaatsen buiten afdeling (zo mogelijk de meest lawaaiige)

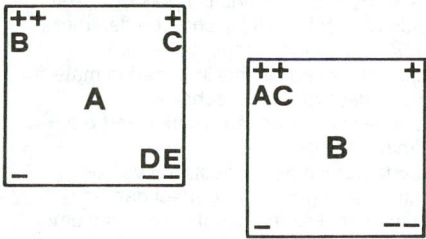
A.2.2.3 Inventarisatie van de benodigde ruimte

De volgende stap is de inventarisatie van eisen en wensen m.b.t. de benodigde ruimte. De benodigde ruimte hangt af van:
—het aantal stuks van de verschillende soorten arbeidsplaatsen, bepaald door met name het werkaanbod en de doorlooptijd per arbeidsplaats;
—de grootte per type arbeidsplaats, bepaald door met name de machines, bewegingsruimten en opslag.

In dit stadium moet al ruimte worden gereserveerd voor zaken als geluidsisolerende omkastingen en schermen. Hierdoor wordt zoveel mogelijk voorkomen dat dergelijke voorzieningen later niet meer kunnen vanwege ruimtegebrek. Dit stadium is daarnaast vooral van belang als nu blijkt dat de totale benodigde ruimte groter is dan de beschikbare ruimte. Dan kan al zo vroeg mogelijk naar oplossingen daarvoor worden gezocht (zie figuur A.2.12).

Bijvoorbeeld kan dan aan de hand van het relatiediagram worden besloten welke arbeidsplaatsen buiten de afdeling moeten worden ondergebracht en (natuurlijk) zou het mooi zijn als dat juist de meest lawaaiige of duidelijk allerstille zijn. Vanzelfsprekend zijn er ook andere wensen, maar in ieder geval worden bij SLP de geluidsaspecten nu meegenomen bij de beslissing: een resultaat dat nooit zo effectief kan worden bereikt door een geluidstechnisch rapport na afloop van het ontwerpproces, als de lay-out in feite al vastligt.

Figuur A.2.13: Hulpmiddel voor het zoeken naar een geschikte lay-out. Elk blokje is een type arbeidsplaats



- Toelichting
A draaibank
B bureau
C opslag
D middenpad
E telefoon

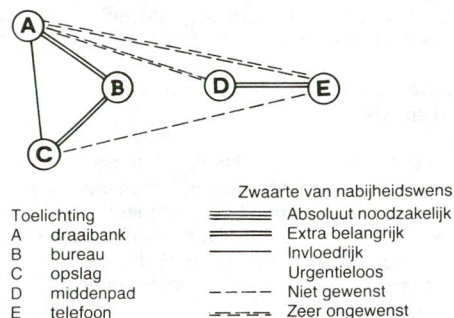
- Zwaarte van nabijheidswensen
+++ absoluut noodzakelijk
++ extra belangrijk
+ invloedrijk
— urgentieloos
— niet gewenst
— zeer ongewenst

A.2.2.4 Opstellen van principe lay-outs

Nu kan begonnen worden met het opstellen van de meest geschikte principe lay-outs, uitgaande van de wensen in het relatiediagram. Er wordt vooralsnog alleen gezocht naar de meest geschikte configuraties, zonder in dit stadium acht te slaan op de benodigde ruimte. Een handige techniek hiervoor is om de arbeidsplaatsen elk op een los vierkantje weer te geven en op de hoeken de nabijheidswensen op te nemen. Hierna kan men vrij gaan schuiven met de losse vierkantjes, tot een passende configuratie verschijnt (figuur A.2.13). Het beste kan men beginnen met de belangrijkste wensen (A en Z) alvorens de minder belangrijke te verwerken. Een andere techniek is om de configuraties uit te tekenen: de arbeidsplaatsen worden als cirkels ingetekend en de wensen als verbindingslijnen tussen de cirkels, waarbij het lijntype wordt bepaald door de soort wens (zie figuur A.2.14). Handig is om eerst globaal te zoeken met losse blokjes voordat principe lay-outs uitgetekend worden met cirkels en lijnen. Vaak blijkt, dat verschillende wensen onmogelijk met elkaar te combineren zijn. Als dit ook geluidswensen betreft moet men eerst bekijken of omkastingen of schermen (§A.2.1.3) nog een oplossing kunnen betekenen. In dat geval moet alsnog bij de benodigde ruimte (§A.2.2.3) rekening worden gehouden met de hiervoor benodigde extra ruimte.

A.2 De inrichting

Figuur A.2.14: Hulpmiddel voor het zoeken naar een geschikte lay-out. Elk cirkeltje is een type arbeidsplaats



A.2.2.5 Uitwerken lay-outs

Vervolgens worden de principe lay-outs nader uitgewerkt, nu rekening houdend met de oppervlaktes en met de beperkingen van het gebouw (ruimte, hulpmiddelen en aansluitingen e.d.). Het gaat er nog niet om alles tot in detail uit te werken, maar wel zodanig dat één beeld ontstaat wat de verschillen zijn tussen de mogelijke lay-outs.

A.2.2.6 Keuze van de lay-out: factoranalyse

Tenslotte moet een keus worden gemaakt uit de alternatieven: welk alternatief voldoet het best aan de beoordelingscriteria.

Om de verschillende beoordelingsaspecten onder één noemer te krijgen wordt hier een zogenaamde keuzetabel gebruikt (zie figuur A.2.15).

Onder elkaar komen hier de aspecten te staan en aan elk aspect wordt een zogenaamde zwaartefactor toegekend, die het relatieve belang van het aspect uitdrukt (hoge factor is relatief belangrijk enz.). Eerst wordt aan het belangrijkste aspect de zwaartefactor 10 toegekend, waarna de andere aspecten hiertegen worden afgewogen. Grotendeels zullen deze aspecten hetzelfde zijn als bij het relatiediagram in de eerste fase. Vervolgens worden de alternatieven per aspect beoordeeld (in hoeverre ze voldoen), uitgedrukt in een score op een schaal van 0 tot 10, van zeer slecht tot uitstekend.

Figuur A.2.15: Keuzetabel voor de beoordeling van de alternatieven op verschillende aspecten (slecht een gedeelte van de tabel is ingevuld)

beoordelings- aspecten	zwaarte factoren	waardering van alternatieven					
		I		II		III	
		o*	g*	o*	g*	o*	g*
flexibiliteit	3						
productstroom	10	4	40	1	10	9	90
gemak van toezicht	3	7	21	9	27	4	12
geluid	2	9	18	4	8	2	4
taakpakketten	6	-	-	-	-	-	-
investeringen	9	-	-	-	-	-	-
.	.	-	-	-	-	-	-
.	.	-	-	-	-	-	-
.	.	-	-	-	-	-	-
.	.	-	-	-	-	-	-
.	.	-	-	-	-	-	-
totaal		350		102		405	

*o: ongewogen score

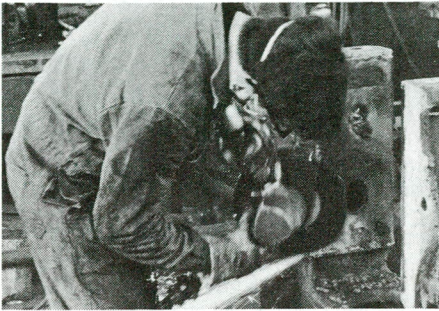
g: gewogen score (= ongewogen score x zwaarte factor)

Na vermenigvuldiging van de beoordelingen met de bijbehorende zwaartefactoren ontstaan de gewogen waarderingen. Door deze tenslotte per alternatief op te tellen ontstaat een score voor het betreffende alternatief. Het alternatief met de hoogste totaalscore is nu in principe de best passende, hoewel het duidelijk zal zijn dat dit in de praktijk niet altijd de definitieve beslissing betekent. De praktijk is, dat men toch naar de achterliggende aspecten blijft kijken — en dan met name de bedrijfsorganisatorische en financiële aspecten — om te kijken in hoeverre een alternatief voldoet en slechts in beperkte mate naar de totaalscore. Het grote voordeel van deze techniek is daarentegen wel dat zo'n keuzetabel een goed raamwerk levert om allerlei (ook op het eerste oog minder belangrijke) beoordelingsaspecten toch mee te nemen bij het opstellen van de lay-out. Voor het geluid heeft dit in ieder geval meer effect dan een geluidtechnische beoordeling van de gekozen lay-out in een stadium, dat de lay-out in feite al vast ligt en nog slechts aanvullende voorzieningen mogelijk zijn.

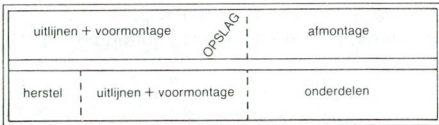
Kanttekening

Het beste kan men steeds horizontaal waarderen. (figuur A.2.15), d.w.z. de alternatieven steeds ten opzichte van één beoordelingsaspect tegelijk waarderen. Dit maakt het vergelijken per aspect overzichtelijker.

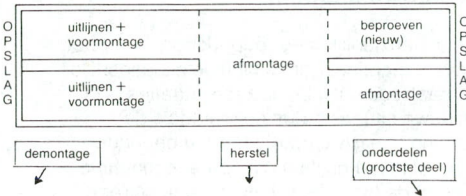
Figuur A.2.16: Slijpwerkzaamheden



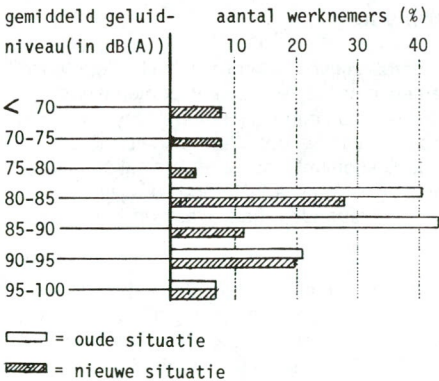
Figuur A.2.17: Plattegrond van de oude afdeling



Figuur A.2.18: Plattegrond van de nieuwe afdeling



Figuur A.2.19: Geluidniveaus in de oude en in de nieuwe afdeling



A.2.2.7 Voorbeelden

Voorbeeld 1: Positief

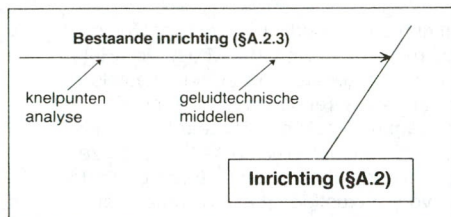
Het eerste voorbeeld betreft een onderhoudsafdeling. Hier werken in totaal zo'n 25 personen in de ruimte van circa 25 bij 60 meter. Het is een lawaaiige afdeling, door het gebruik van de slagmoersleutels, slijpschijven, klinkhamers en andere gereedschappen (zie figuur A.2.16). In de oude situatie kwam het veel voor dat zeer lawaaiig werk (bijvoorbeeld slijpen en zagen van metaal) dicht in de buurt van zeer rustig werk werd uitgevoerd (bijvoorbeeld de inspectie van onderdelen): op zichzelf een slechte zaak voor de rustige arbeidsplaatsen. Bij een algehele modernisering en herinrichting van de afdeling bleken de voor het geluid meest bepalende beslissingen hier al in een vrij vroeg stadium van het ontwerpproces te worden genomen. Toen namelijk bleek dat meer ruimte nodig was dan in de afdeling beschikbaar was (de tweede fase van SLP, zie figuur A.2.8) moest besloten worden welke arbeidsplaatsen het beste buiten de afdeling ondergebracht konden worden. Bij deze beslissing hebben de geluidoverwegingen een belangrijke rol gespeeld, naast overwegingen zoals het benodigde intern transport. Gekozen is de revisie van onderdelen (relatief stil werk) en het herstel van frames (zeer lawaaiig werk) buiten de afdeling onder te brengen (zie figuur A.2.18): voor het geluid duidelijk gunstige beslissingen (zie figuur A.2.19). Dit was vooral ook mogelijk doordat deze werkzaamheden wat betreft intern rapport zonder al te grote problemen buiten de afdeling konden worden uitgevoerd.

Wat in de afdeling bleef was vooral montagewerk, met als voornaamste geluidbron het geregeld gebruik van moeraanzetters. Uit figuur A.2.19 blijkt dat hierdoor belangrijke geluidreductie is bereikt: voor de meeste arbeidsplaatsen 3 tot 6 dB(A), voor enkele meer dan 10 dB(A).

In dit geval gold zonder meer dat een geluidtechnisch rapport na afloop van het ontwerpproces aanzienlijk moeilijker invloed op het ontwerp zou hebben gehad. Dan zou de lay-out reeds zijn bepaald en zou de keus voor welke werkzaamheden binnen de afdeling blijven en welke niet reeds zijn gemaakt.

A.2 De inrichting

Figuur A.2.20: Deel van het visgraatdiagram (zie figuur I, blz 4)



Voorbeeld 2: Hoe het niet moet

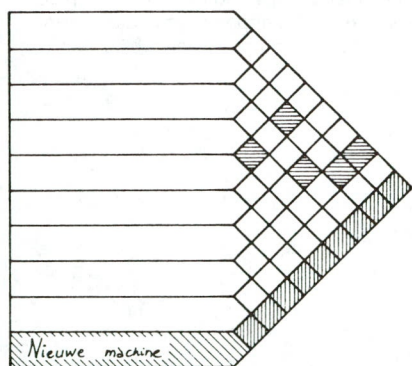
Twee weken voor de opening van een nieuwe productiehal werd gevraagd advies uit te brengen over geluidreducerende maatregelen. Echter:

- de budgetten waren al verdeeld en geld voor geluidreducerende maatregelen was ternauwernood gereserveerd;
- groeperen van de meest lawaaiige machines zou bij deze groeps lay-out (zie figuur A.2.9) in principe mogelijk zijn geweest. Nu waren de fundamenten voor de machines echter al gestort en was wijziging van de lay-out te kostbaar;
- er was een thermisch geïsoleerd dak aanwezig met een gesloten metalen plafond. In de ontwerpfase had men zonder veel extra kosten kunnen kiezen voor een systeemdak (§A.2.1.2), waardoor — met kleine constructiewijzigingen — de thermische isolatie tevens als geluidabsorberend plafond dienst had gedaan. Om nu nog een geluidabsorberend plafond aan te brengen was aanzienlijk duurder;
- afscherming rondom de meest lawaaiige machines is eigenlijk nodig, maar de ruimte daarvoor ontbrak;
- de machines waren grotendeels nieuw en helaas behoorlijk lawaaiig. Maatregelen aan de machines waren nu niet meer mogelijk en aanzienlijk duurder dan wanneer hiermee rekening was gehouden bij de aanschaf.

A.2.3 Bestaande situaties

A.2.3.1 Verschil met nieuwe situaties

Figuur A.2.21: Relevante relaties bij de plaatsing van een nieuwe machine



◆ : relaties met nieuwe machine

◆ : knpunten bestaande situatie

In oude situaties zijn meestal aanzienlijk meer beperkingen voor het treffen van maatregelen in de inrichting, dan in nieuwe situaties. De aanpak bij het treffen van maatregelen in bestaande situaties is in principe hetzelfde als bij nieuwe situaties: dus ook middels de systematische lay-out planning (zie §A.2.2). Als het om beperkte maatregelen gaat — bijvoorbeeld het bijplaatsen van een machine —, hoeven slechts de relaties met de betreffende machine te worden gezien (zie figuur A.2.21), eventueel aangevuld met knpunten van de huidige situatie wordt toegelicht in de volgende paragraaf.

A.2.3.2 Knpunten-analyse

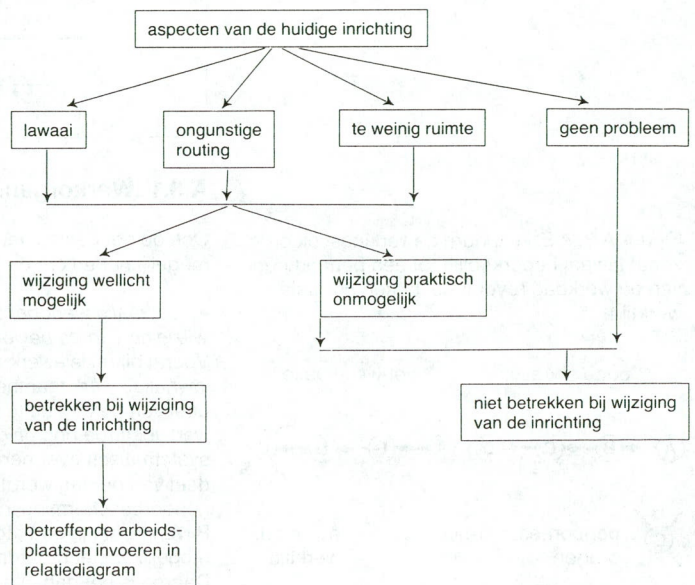
Bij een knpunten-analyse wordt geïnventariseerd welke knpunten in de huidige inrichting bestaan en in hoeverre deze knpunten wellicht nog verbeterd kunnen worden. Als van een knpunt in de lay-out vooraf vaststaat, dat een wijziging van het betreffende knpunt praktisch onmogelijk is, wordt dit knpunt niet verder betrokken in de Systematische Layout Planning (zie figuur A.2.22). Indien wijziging wellicht mogelijk is, worden de betreffende arbeidsplaatsen wel betrokken in de SLP.

De knpunten kunnen worden geïnventariseerd op een soortgelijke wijze als in §A.2.2.2 en figuur A.2.10. Dan blijkt of het om geluidredenen gewenst is bepaalde arbeidsplaatsen niet in elkaars nabijheid te plaatsen. Als gelijktijdig sterk gewenst is dat de

A.2 De inrichting

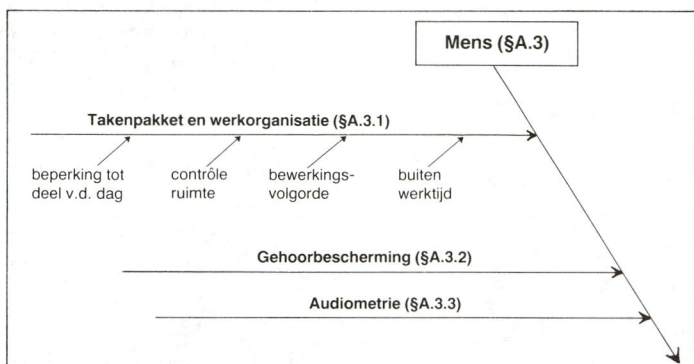
arbeidsplaatsen om productietechnische redenen wel in elkaars nabijheid worden geplaatst is sprake van een knelpunt dat niet in de lay-out gewijzigd kan worden en daarom bij het onderzoeken van een wijziging van de inrichting niet meegenomen hoeft te worden.

Figuur A.2.22: Principe van een knelpunten-analyse



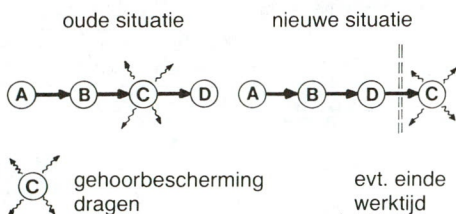
A.3 De mens

Figuur A.3.1: Deel van het visgraatdiagram (zie figuur I, blz 4)



A.3.1 Werkorganisatie

Figuur A.3.2: Een andere bewerkingsvolgorde, zodat lawaai beperkt blijft tot een beperkt deel van de werkdag (eventueel buiten normale werktijd)



Ook op het gebied van de werkorganisatie zijn er verscheidene mogelijkheden om de blootstelling aan lawaai terug te dringen.

- *Lawaaiig werk beperken tot een beperkt deel van de werkdag door wijziging van de bewerkingsvolgorde*
Vooral bij revisiewerk zijn er soms mogelijkheden om de meest lawaaiige werkzaamheden per afdeling zoveel mogelijk in een beperkt deel van de dag uit te voeren. Een eerste vereiste hiervoor is dat de werkvolgorde nog enigszins gevarieerd kan worden. Vooral als systematisch over een gehele afdeling het lawaaiig werk in een beperkt deel van de dag wordt uitgevoerd hoeft men niet meer de hele dag gehoorbeschermingsmiddelen te gebruiken (zie figuur A.3.2). Bijvoorbeeld in een afdeling voor de revisie van motoren bleek het mogelijk al het proefdraaien 's ochtends voor elf uur uit te voeren. Daarna is het dan in de afdeling relatief rustig.

- *Lawaaiig werk afscheiden van stil werk door wijziging van de bewerkingsvolgorde*

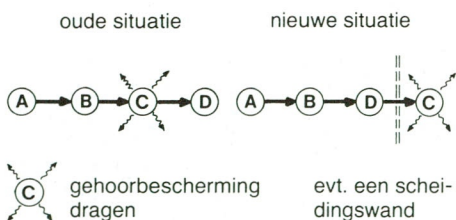
Soms is het mogelijk de bewerkingsvolgorde zodanig aan te passen, dat lawaaiig werk makkelijker afgescheiden kan worden. Dit geldt vooral voor lijnlay-outs (zie figuur A.3.3), waarbij wijzigingen van de bewerkingsvolgorde direct leiden tot verplaatsing van de bewerking, soms zelfs naar een andere ruimte.

Bijvoorbeeld bij het herstel van frames van transportwagens kunnen eerst alle uitlijnwerkzaamheden worden uitgevoerd, vervolgens wordt het frame naar de (lawaaiige) herstelafdeling getransporteerd, waar dan de lawaaiige herstelwerkzaamheden worden uitgevoerd.

- *Lawaaiig werk buiten werktijd door wijziging van de bewerkingsvolgorde*

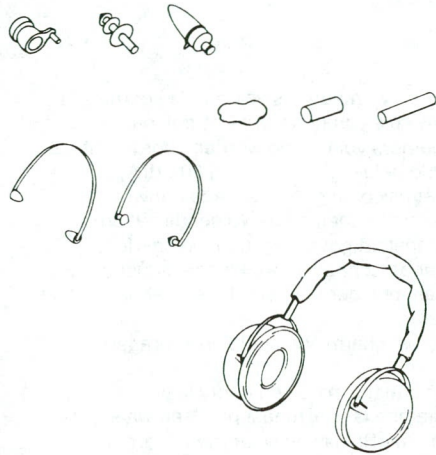
Een variant op het eerst genoemde is om incidenteel, uitzonderlijk lawaaiig werk buiten werktijd uit te voeren: dan hebben zo weinig mogelijk mensen er last van. Zolang deze werkzaamheden slechts incidenteel voorkomen of tijdelijk zijn, kan dit — vooral als andere maatregelen erg kostbaar zijn — een acceptabele oplossing zijn. Voorbeelden zijn: proefdraaien van motoren, zagen van aluminium.

Figuur A.3.3: Een andere bewerkingsvolgorde, zodat een wijziging van de lay-out beter mogelijk is.

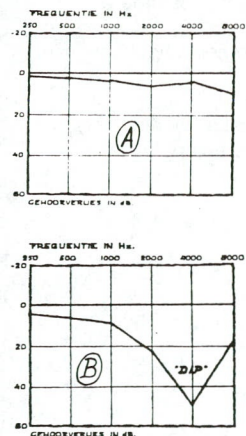


A.3 De mens

Figuur A.3.4: Voorbeelden van gehoorbeschermingsmiddelen



Figuur A.3.5: Voorbeeld van audiogrammen



Toelichting:
Hierbij is bepaald hoe de gevoeligheid van het gehoor is, vergeleken met een normaal gehoor. Langs de verticale as staat de drempelverhoging van de gevoeligheid van het gehoor, horizontaal staat de frequentie van het geluid. Een drempelverhoging van 20 dB wordt amper gemerkt. Bij curve A: amper gehoorschade. Bij curve B: duidelijk gehoorschade

A.3.2 Gehoorbescherming

Het doel van gehoorbeschermingsmiddelen is bescherming van de werknemers tegen gehoorschade. Omdat bij gemiddelde niveaus boven 80 dB(A) de werknemer kans op gehoorschade loopt, is het gebruik van gehoorbeschermingsmiddelen bij een geluidniveau boven 80 dB(A) aan te raden.

- **Wettelijk kader**

De beoordelingsgrootheid is het gemiddeld geluidniveau op de arbeidsplaats tijdens een bepaalde werkzaamheid:

- boven 80 dB(A): gehoorbeschermingsmiddelen moeten door de werkgever ter beschikking worden gesteld;
- boven 90 dB(A): gehoorbeschermingsmiddelen moeten worden gedragen. Dit is een verantwoordelijkheid van de werknemer zelf, die daar ook op kan worden aangesproken (zie §A.4.2.3).

- **Typen gehoorbeschermingsmiddelen**

Globaal gezien zijn gehoorbeschermingsmiddelen onder te verdelen in de volgende categorieën (zie figuur A.3.4):

- gehoordoppen, -watten, -proppen en -rolletjes:**

Deze worden in het oor gedaan, vaak pas nadat ze eerst zijn samengerold. Bij goed gebruik zijn ze een effectieve bescherming tot niveaus van 90 dB(A) — en voor sommige typen zelfs tot 95 dB(A). De praktijk is echter, dat ze vaak onzorgvuldig in het oor worden gedaan. Dan kan de reductie zeer sterk teruglopen, soms zelfs tot nihil. Dit speelt des te sterker als men geregeld de proppen in en uit het oor doet, bv. bij controlewerk in de lawaaige ruimte, afgewisseld met verblijf in een controlekamer;

- gehoorkappen:**

Van de meeste typen kappen is de geluidreductie van gehoorkappen beter dan van doppen: afhankelijk van het type kunnen ze tot niveaus van 105 dB(A) voldoende beschermen. Bij brildragers kan het effect echter sterk verminderen door kieren langs de bril.

In §B.3.2 wordt nader ingegaan op de selectie van gehoorbeschermingsmiddelen en welke aspecten daarbij een rol spelen.

A.3.3 Audiometrie

- **Doel:**

Het controleren of werknemers gehoorschade hebben opgelopen (zie figuur A.3.5). Als gehoorbeschermingsmiddelen worden gebruikt is het ook een controle op de effectiviteit van deze middelen. In de praktijk blijkt het tevens motiverend te werken om de middelen goed te gebruiken.

- **Wettelijk kader:**

Werknemers die bij het werk blootstaan aan geluidniveaus boven 80 dB(A) kunnen het beste geregeld audiometrisch worden gecontroleerd: —bij aanstelling: hieruit blijkt of de werknemer al gehoorschade heeft opgelopen, waarmee voorkomen wordt, dat onjuist geconcludeerd

A.3 De mens

wordt, dat eventuele gehoorschade bij zijn huidige werk is ontstaan;
—geregeld daarna: als blijkt dat gehoorbeschadiging is opgetreden moet dit gemeld worden aan de arbeidsinspectie (zie par. A.4.2.1)
Meer informatie over de vereiste uitvoering van een dergelijk onderzoek staan in P-blad 138 van de arbeidsinspectie.

A.3.4 Voorlichting

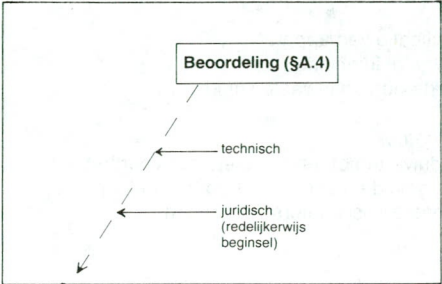
Ingevolge de arbo-wet moeten de werknemers voldoende voorgelicht worden over de gezondheidsrisico's van hun werk (zie ook par. A.4.2). In dat kader moeten de werknemers voldoende worden voorgelicht als op de arbeidsplaats gemiddelde geluidniveaus boven 80 dB(A) voorkomen. Dan is namelijk het risico op gehoorschade aanwezig. Deze voorlichting moet betrekking hebben op de volgende zaken:

- voor welke arbeidsplaatsen bestaat gevaar op gehoorschade?;
- wat houdt dit gevaar voor gehoorschade in, welke consequenties kan gehoorschade hebben, hoe kan men controleren of men gehoorschade heeft opgelopen?;
- waar is men verplicht gehoorbeschermingsmiddelen te dragen, waar is het aan te raden?;
- hoe moeten de gehoorbeschermingsmiddelen gebruikt worden?;
- hoe herkent men de zogenaamde lawaaizones: plaatsen waar het gemiddeld geluidniveau boven 90 dB(A) is en waar men daarom verplicht is gehoorbeschermingsmiddelen te dragen?;
- welke maatregelen zijn getroffen om het geluid te beperken en welke maatregelen zijn gepland?;
- hoe wordt men op de hoogte gehouden van wijzigingen in deze situatie, bv. na geluidreducerende maatregelen of na het bijplaatsen van een nieuwe machine?;
- hoe is het rapportage-systeem opgezet om defecten of andere oorzaken van hogere geluidproductie te melden?;
- welke rechten en welke plichten heeft de werknemer in het kader van de arbo-wet, toegespitst op het geluid?.

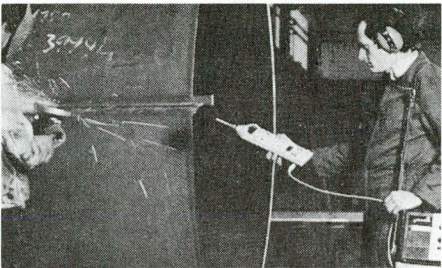
Naast het verschaffen van informatie aan de betrokken werknemers is het tevens zaak, dat de betrokkenen kunnen reageren op de plannen voor lawaaibestrijding.

A.4 Beoordeling van lawaai

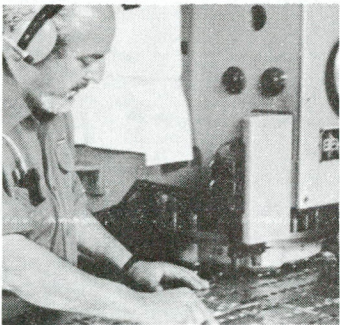
Figuur A.4.1: Deel van het visgraatdiagram (zie figuur I)



Figuur A.4.2: Voorbeelden van geluidmetingen



met geluidniveaumeter



met dosimeter

A.4.1 Technische aspecten

A.4.1.1 Meetmethode en apparatuur

Apparatuur:

Er zijn twee soorten meetinstrumenten:

- een *geluidniveaumeter*.

Dit is een instrument waarop afgelezen kan worden hoe hoog het geluidniveau is op een bepaald moment (zie figuur A.4.2). Door daar een band- of cassetterecorder op aan te sluiten kan het geluid bovendien opgenomen worden voor latere, meer specialistische verwerking. Geluidniveaumeters worden door de meettechnicus vastgehouden, waarbij de microfoon op de plaats wordt gebracht waar men het geluidniveau wil bepalen.

- een *dosimeter*.

Dit is een instrument, waarvan de microfoon bijvoorbeeld aan een beugel op de schouder van de betreffende werknemer wordt gehouden en de registratie-apparatuur in de borstzak van zijn kleding. Zo registreert het instrument aan welk geluidniveau de man blootstaat. Na afloop kan dan uitgelezen worden wat het gemiddeld geluidniveau was, waaraan de man tijdens de meting blootstaat, bij geavanceerde dosimeters evt. ook het verloop van de gemiddelde niveaus per minuut.

Hoewel dit technisch niet strikt vereist is, moet men dosimetrie altijd onder continu toezicht uitvoeren. Hiermee voorkomt men, dat de meting doelbewust beïnvloed wordt (door bv. vaak dichtbij de microfoon te schreeuwen) om onjuist hoge of lage geluidniveaus te laten meten.

Keuze

De meetmethode en daarmee ook de meetapparatuur hangt direct met de volgende zaken samen (zie ook figuur A.4.3):

Figuur A.4.3: Gebruiksmogelijkheden van dosimeters en geluidniveaumeters

Beoordelingsaspect	dosimeter	geluidniveaumeter
	bepaling gemiddeld geluidniveau bij het oor van de werknemer	universeel meetinstrument
a doel van de meting —niveau bij oor —niveau van een machine —gedetailleerd brononderzoek	geschikt minder geschikt niet geschikt	geschikt geschikt geschikt
b kwaliteit van meetapparatuur	klasse II (soms klasse I)	klasse I
c informatie behoefte —actueel geluidniveau —minuutgemiddelden —daggemiddelde	niet geschikt alleen geavanceerde meters geschikt: direct te meten	geschikt geschikt geschikt (vaak extra rekenwerk vereist)
d bereikbaarheid van de meet plaats —tractorbestuurder e.d. —bewegende arbeidsplaats —meeste andere plaatsen	uitstekend uitstekend uitstekend	minder geschikt minder geschikt geschikt
e specialistische metingen	meestal ontoereikend	geavanceerde types geschikt, vooral bij registratie met bandrecorders

A.4 Beoordeling van lawaai

Figuur A.4.4: Overzicht van criteria

criterium	geluids in dB(A)
a) voldoen aan wettelijke geluid-bepaling voor de arbeidsplaats	streven naar max. 85 dB(A) (gemiddeld) (zie figuur A.4.5)
b) hinderwet eis (1)	afhankelijk van situatie
c) voorkomen van gehoorschade (2)	max. 80 dB(A) (gemiddeld)
d) voorkomen van vegetatieve reacties (3)	max 60 dB(A) (globaal)
e) voorkomen van functionele storingen: —telefoonverstaanbaarheid	streefwaarde 50 dB(A) max. 65 dB(A) (zie fig. A.4.6)
—spraakverstaanbaarheid	streefwaarde 55 dB(A) max. 70 dB(A) (zie fig. A.4.7)
—signalen (4)	afhankelijk van situatie
f) voorkomen van hinder (5)	afhankelijk van soort werk

Toelichting

1. Geluidvoorwaarden verbonden aan een hinderwetvergunning hebben in de eerste plaats alleen betrekking op het geluidniveau buiten het bedrijf. Impliciet kunnen ze echter ook het niveau in de bedrijfsgebouwen bepalen: denk aan een staalconstructiebedrijf direct naast een woonhuis. De voorwaarden verschillen sterk van situatie tot situatie; de consequenties voor het binnenniveau in de bedrijfsgebouwen nog meer.
2. Bij gemiddelde geluidniveaus over de 8-urige werkdag boven 80 dB(A) bestaat de kans, dat men op den duur gehoorschade oploopt. (zie figuur A.4.8).
3. Hoge geluidniveaus kunnen bij de mens tot lichamelijke reacties leiden, zoals maag- en darmstoornissen en verhoogde bloeddruk.
4. Soms moet men bv. een veiligheidsbel, de telefoonbel of een intercom e.d. kunnen horen.
5. Hinder is sterk subjectief bepaald: waar de een sterk hinder van heeft, kan voor de ander goed uit te houden zijn. Voor geluid is niet alleen het geluidniveau bepalend voor de kans op hinder, maar ook het soort geluid: hoe vaak het voortkomt, of men de bron van het geluid accepteert (bv. geluid uit de eigen afdeling of uit een andere afdeling), e.d.

a. Doel van de meting

Mogelijke doelen zijn:

- toetsing van de geluidniveaus aan de wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats;
- controle van de geluidspecificatie van apparatuur;
- opsporen van de oorzaak van geluidhinder;
- onderzoek naar de mogelijkheden tot lawaaibestrijding.

b. kwaliteit van de meetapparatuur

Over het algemeen zijn geluidniveaumeters nauwkeuriger voor het meten van sterk impulsachtig geluid en zeer hoogfrequent geluid. Voor dergelijke situaties zijn de meeste dosimeters af te raden.

c. informatiebehoefte

Als men alleen het gemiddelde geluidniveau over de gehele meetperiode wil weten, is een dosimeter geschikt. Een geluidniveaumeter is hiervoor alleen geschikt als de meter over een L_{eq} -stand beschikt (of door het geluid op band op te nemen en naderhand te analyseren). Indien men daarentegen het verloop van het geluid over de dag wil aflezen (bv. het niveau tijdens bepaalde werkzaamheden) is een geluidniveaumeter het meest geschikt. Dosimeters zijn hiervoor duidelijk minder geschikt: in het gunstigste geval kan men de minuutgemiddelden achteraf aflezen.

d. bereikbaarheid

Bv. bij een tractorbestuurder, een onderhoudsmonteur of bij werk in pijpleidingen is het voor een meettechnicus moeilijk een geluidniveaumeter continu dicht bij het oor van de werker te houden. Dan zijn dosimeters veel praktischer.

e. specialistische metingen

Als meer specialistische meetgegevens nodig zijn heeft men aan een dosimeter weinig. Dan bieden geluidniveaumeters aanzienlijk meer mogelijkheden, vooral als het geluid met een bandrecorder wordt geregistreerd. De bandopname kan dan naderhand specialistisch geanalyseerd worden.

In §B.4 wordt nader ingegaan op een aantal geschikte meetmethoden.

A.4 Beoordeling van lawaai

Figuur A.4.6: Invloed van het achtergrondniveau op de telefoonverstaanbaarheid

achtergrondgeluidniveau	telefoonverstaanbaarheid
tot 72 dB (A)	aanvaardbaar moeilijk problematisch tot onmogelijk
tussen 72 en 87 dB (A)	
boven 87 dB (A)	
bij slechte telefoonontvangst: 5 dB (A) lagere waarden	

Figuur A.4.7: Bovengrenzen voor het achtergrondniveau (in dB(A)), waarbij de spreker nog behoorlijk verstaanbaar is

	afstand tot de spreker (in m)		
	1	2	4
normale stem	65	59	53
met zeer luide stem	78	71	64
schreeuwend	84	78	71

Figuur A.4.8: Kans op gehoorschade als functie van het gemiddeld geluidniveau over de werkdag

	gemiddeld geluidniveau (in dB(A))				
	80	85	90	95	100
kans op gehoorschade (in %) na 40 jaar werken	0	10	21	29	41

Figuur A.4.9: Richtlijnen voor een redelijk achtergrondniveau

Werkomgeving	Geluidniveau (in dB (A))
Conferentiekamers	35
Kleine kantoorlokalen	40
Grote kantoorlokalen	45
Kantoorruimten	50
Laboratoria	45
Tekenkamers, tekenzalen	45
Kantines	50
Computerruimten	60
Meet- en regelkamers in de procesindustrie,	
Electrische centrales, enz.	60
Werkplaatsen voor licht onderhoud	70
Andere werkplaatsen, fabriekshallen en dergelijke	max. 80

A.4.1.2 Criteria

Bij het beoordelen van geluidniveaus staan de te hanteren criteria centraal; bv. of men gezondheidsschade wil voorkomen of elke vorm van overlast wil uitsluiten. De wettelijke eisen en enige veel voorkomende criteria zijn in de figuren A.4.4 t/m A.4.9 weergegeven.

Figuur A.4.5: Wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats

gemiddeld niveau in dB (A)	kans op gehoorschade	geluidreducerende maatregelen middelen	gehoor-beschermings-middelen
onder 80	geen kans op gehoorschade	niet vereist	werkgever niet verplicht deze ter beschikking te stellen
boven 80	kans op gehoorschade	mogelijk in toekomst* maatregelen** vereist	werkgever moet deze ter beschikking stellen
boven 85	kans op gehoorschade	nu maatregelen** vereist	werkgever moet deze ter beschikking stellen
boven 90	kans op gehoorschade	nu maatregelen* vereist	werkgever moet deze ter beschikking stellen, werknemer moet ze dragen

* in toekomst: binnen enige jaren zal de minister deze verplichting mogelijk in werking stellen.

** in principe : maatregelen vereist, tenzij dit redelijkerwijs niet gevergd kan worden: bv. als maatregelen exceptioneel duur zijn of de productie ontoelaatbaar belemmeren.

A.4.2 Juridische aspecten

A.4.2.1 Procedures Arbo-wet

Arbo-wet

De arbo-wet bevat de wettelijke regelgeving die verband houdt met de veiligheid, het welzijn en de gezondheid op de arbeidsplaats. De wet is sinds 1983 gedeeltelijk van kracht en sindsdien worden geregeld nieuwe artikelen van de wet van kracht. Een belangrijk kenmerk van de wet is dat deze een zogenaamde kaderwet is. Dit houdt met name in dat de concrete invulling met normen (bijv. welk geluidniveau is toelaatbaar?) apart gebeurt met besluiten. Voor geluid moet deze invulling met besluiten nog grotendeels gebeuren. Vooralsnog is er alleen een bepaling voor geluidniveaus boven 80 dB(A), die medio 1987 van kracht is geworden (zie figuur A.4.5).

Een belangrijk uitgangspunt bij het maken van de wet was dat veiligheid, gezondheid en welzijn een zaak is van werkgevers en werknemers samen. Verder heeft de wet nadrukkelijk de bedoeling om te stimuleren, dat de werkgevers en werknemers beide bijdragen aan een zo goed mogelijk beleid op het gebied van arbeidsomstandigheden. Het strikt voldoen aan voorschriften is dan ook niet altijd voldoende.

In het kort wordt hier ingegaan op aspecten van de arbowet die te maken hebben met geluid op de arbeidsplaats. In figuur A.4.10 zijn de voornaamste aspecten kort samengevat.

Toelaatbare geluidniveaus

Medio 1987 is een wettelijke regeling van kracht geworden (als onderdeel van het Veiligheidsbesluit Fabrieken en Werkplaatsen), die voorwaarden stelt voor arbeidsplaatsen met geluidniveaus boven 80 dB(A). Deze regelgeving is samengevat in figuur A.4.5. Daarnaast is een centraal uitgangspunt van de arbowet dat niet alleen de wettelijke norm bereikt moet worden maar dat de grootste mogelijke bescherming van de gezondheid en de grootst mogelijke aandacht voor het welzijn van de werknemers moet worden nagestreefd (artikel 3). Voor geluid houdt dit in dat voorzover redelijkerwijs mogelijk ook geluidhinder moet worden voorkomen. Welke geluidniveaus hiervoor toelaatbaar zijn hangt sterk af van de situatie.

Geluidreducerende maatregelen

Voortvloeiend uit het hiervoor genoemde moet de werkgever in ieder geval bij niveaus boven 85 dB(A) geluidreducerende maatregelen treffen, tenzij dit redelijkerwijs niet mogelijk is; hierop wordt in de volgende paragraaf nader ingegaan.

Als de werknemers het niet eens zijn met de maatregelen die de werkgever laat treffen kunnen ze uiteindelijk de arbeidsinspectie verzoeken "de wet toe te passen" (artikel 40, lid 1). Als de arbeidsinspectie dan concludeert dat de werkgever in gebreke blijft (dus meer kan doen om het lawaai te bestrijden) kunnen ze de werkgever een zgn. "aanwijzing" geven, art. 35 (zie ook "Rol van arbeidsinspectie").

A.4 Beoordeling van lawaai

Figuur A.4.10: Hoofdelementen van de arbowet (gedeeltelijk nog niet van kracht)

verplichting tot een arbo-jaarverslag en -jaarplan (art. 10):

- alleen voor bepaalde categorieën bedrijven;
- jaarlijks overzicht van de huidige situatie, de reeds getroffen en nog geplande maatregelen;
- overleg hierover met ondernemingsraad;
- afschrift aan arbeidsinspectie en ondernemingsraad;

voorlichting aan werknemers (art. 6):

- situaties binnen het bedrijf met een kans op gehoorschade en mogelijkheden om zichzelf daartegen te beschermen;

rechten van arbo-commissie c.q. ondernemingsraad (art. 14 en 15):

- inlichtingen inwinnen bij bedrijfsleiding, arbeidsinspectie, interne en externe deskundigen;
- overleg met arbeidsinspectie, vergezellen van arbeidsinspectie bij bedrijfsbezoek;
- instellen commissie voor veiligheid, gezondheid en welzijn;

instelling arbodienst (art. 17):

- afhankelijk van soort bedrijf de beschikking hebben over een arbodienst waar deskundigheid aanwezig moet zijn op het gebied van veiligheid, gezondheid en welzijn;

taak van arbeidsinspectie:

- controle op naleving van de wet (evt. op verzoek van bedrijfsleiding of ondernemingsraad, art. 32);
- zonodig gebruik maken van (in volgorde van toenemende sterkte):
 - aanwijzing tot naleving (art. 35);
 - eis tot naleving (art. 36);
 - bevel tot stillegging. Tot maatregelen getroffen zijn mag niet meer worden gewerkt (art. 37);
 - proces-verbaal. Vanaf dit moment wordt de zaak verder behandeld als een zogenaamd economisch delict
- zo mogelijk wordt de arbeidsinspectie pas bij het bedrijfsgebeuren betrokken als het overleg bedrijfsleiding-werknemers niet tot voldoende resultaat heeft geleid (art. 40);

beroepsmogelijkheid (art. 42):

- beroep tegen een aanwijzing of eis van de arbeidsinspectie door bedrijfsleiding of werknemers bij de Minister van Sociale Zaken (voor een aanwijzing) of de arrondissementsrechtbank;

concrete richtlijnen:

- de concrete richtlijnen (wat toelaatbaar is en wat niet) worden uitgewerkt in zgn. uitvoeringsbesluiten;
- nadere uitwerking en interpretatie van wettelijke bepalingen worden gegeven in zgn. Publicatiebladen (bijv. P-166-2: Gehoorbescherming, P-30: Bouw en inrichting van werkplaatsen);
- minder bindende richtlijnen zijn te vinden in zgn. voorlichtingsbladen (in de toekomst ook over geluid);
- voor geluid op de arbeidsplaats is een wettelijke bepaling van kracht. Deze is samengevat in figuur A.4.5.

A.4 Beoordeling van lawaai

Informatie aan werknemers (zie ook §A.3.4)

De werkgever is verplicht de werknemers c.q. de Ondernemingsraad (OR) voldoende te informeren over de geluidssituatie binnen het bedrijf en de maatregelen die hij daaromtrent gaat treffen (art. 4, lid 3, art. 10 lid 4, art. 14 lid 10). Desgewenst kan de ondernemingsraad of de arbocommissie inlichtingen vragen aan de werkgever, bedrijfsgezondheidsdienst, de arbo-dienst en de arbeidsinspectie of eventueel een extern deskundige om advies vragen (art. 14, lid 10 en 11). Als de werknemers vinden dat ze slecht geïnformeerd worden kunnen ze de arbeidsinspectie vragen de wet toe te passen (artikel 40, lid 1). De arbeidsinspectie kan dan na een onderzoek eventueel de werkgever verplichten de werknemers beter te informeren (art. 35, lid 6).

De bedrijfsgezondheidsdienst moet aan de OR een afschrift sturen van elk advies, dat zij aan de werkgever heeft uitgebracht. Bovendien moet de bedrijfsgezondheidsdienst jaarlijks aan de OR verslag uitbrengen over de werkzaamheden en de bevindingen van het afgelopen jaar met vermelding van de problemen die zijns inziens bij het voeren van het beleid aandacht verdienen (art. 18 lid 3).

Gehoorbeschermingsmiddelen

Bij gemiddelde geluidsniveaus boven 80 dB(A) moeten door de werkgever afdoende gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking worden gesteld. Over het gebruik moeten de werknemers voldoende worden ingelicht (artikel 6 lid 3). Bij niveaus boven 90 dB(A) is de werknemer verplicht deze te gebruiken.

Gehoorschade als beroepsziekte

Gehoorschade is een zgn. beroepsziekte. Dit houdt met name in dat als bij een werknemer gehoorbeschadiging is geconstateerd (d.m.v. een audiogram, zie §A.3.3) en de kans reëel is dat dit door het geluid op de arbeidsplaats is veroorzaakt, dat moet worden gemeld aan de arbeidsinspectie (artikel 9 lid 4).

Rol van arbeidsinspectie

In principe wordt het regelen van de arbeidsomstandigheden zoveel mogelijk overgelaten aan het overleg tussen werkgever en werknemers. Desgewenst kan de arbeidsinspectie om informatie worden gevraagd of op verzoek van één of beide partijen gevraagd worden "de wet toe te passen" (artikel 40 lid 1).

Als de arbeidsinspectie dan tot de conclusie komt dat de situatie binnen het bedrijf niet aanvaardbaar is kunnen ze hiervoor een aanwijzing geven of — als veiligheid of gezondheid direct in gevaar zijn — eventueel zelfs een eis stellen (artikel 35 en 36):

—bijv. dat de werkgever meer geluidreducerende maatregelen moet treffen;

—bijv. dat de werkgever de werknemers beter moet informeren over de geluidssituatie binnen het bedrijf;

—bijv. dat de werknemer gehoorbeschermingsmiddelen moet dragen.

In het uiterste geval — als aanwijzing of eis, ook na afwijzing van het beroep, toch niet worden nageleefd — kan de arbeidsinspectie overgaan tot een procesverbaal, leidend tot vervolging op grond van de Wet Economische Delicten.

Tegen een eis of aanwijzing is beroep mogelijk bij de Minister van Sociale Zaken en Werkgelegenheid. In geval van een eis zonder schorsende werking (dus waaraan direct voldaan moet worden) kan men in beroep gaan bij de arrondissementsrechtbank.

A.4 Beoordeling van lawaai

Daarnaast houdt de arbeidsinspectie de taak om via bedrijfsbezoeken geregeld te inspecteren hoe het met de arbeidsomstandigheden is gesteld om de naleving van de wet te controleren en zonodig af te dwingen (art. 32).

A.4.2.2 Redelijkheidsbeginsel

In de wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats is de bepaling opgenomen dat bij geluidniveaus boven 85 dB(A) geluidverminderende maatregelen moeten worden getroffen, tenzij dit redelijkerwijs niet gevraagd kan worden. Dit zogenaamde redelijkheidsbeginsel dient getoetst te worden aan allerlei aspecten die in figuur A.4.11 zijn samengevat.

Voor de toetsing geldt:

—in principe dient men de redelijkheid te toetsen binnen het bedrijf, in het overleg werkgever-werknemers;

—als dat niet lukt kan de arbeidsinspectie er bij worden gehaald, op verzoek van een van beide (of beide) partijen;

—als de arbeidsinspectie concludeert dat ten onrechte geen maatregelen worden getroffen kan deze zonodig een aanwijzing geven of een eis stellen (zie §A.4.2.1);

—tegen een dergelijk besluit kan in beroep worden gegaan bij de Minister van Sociale Zaken;

—bij nieuwbouwsituaties, het bijplaatsen van nieuwe machines en wijzigingen aan bestaande machines zal men de mogelijkheden vóór de bouw steeds moeten toetsen aan het redelijkheidsbeginsel. Voor een algemeen overzicht van dergelijke mogelijkheden wordt verwezen naar figuur I. Men kan zich er dus niet op beroepen, dat na ingebruikname helaas maatregelen niet meer goed mogelijk zijn, als dit tijdens de bouw nog wel mogelijk was;

—de aanpak moet zo zijn dat gestreefd wordt naar maatregelen zo dicht mogelijk bij de bron: dus bij voorkeur een stillere machine. Als dit echter onvoldoende oplevert, moet men proberen aanvullend maatregelen in de ruimte te treffen om de overdracht van geluid naar de omgeving terug te dringen (bv. een gunstige indeling, schermen, absorberend plafond, e.d.). Als ook dit nog te weinig oplevert moet men proberen (aanvullend m.n. op gehoorbescherming) het aantal mensen dat aan het geluid wordt blootgesteld zoveel mogelijk te beperken (via de werkorganisatie, personencabines, e.d.) of de tijdsduur beperken (bijv. door taakrotatie). Indien dit alles nog onvoldoende oplevert, resteert alleen het gebruik van gehoorbeschermingsmiddelen.

A.4.2.3 Aansprakelijkheid

Nieuwe wettelijke bepaling voor schadelijk geluid:

De werkgever is aansprakelijk voor:

—het ter beschikking stellen van gehoorbeschermingsmiddelen (zo nodig);

—het treffen van maatregelen (zo nodig);

—het voldoende voorlichten van de werknemers;

De werknemer is aansprakelijk voor:

—het zonodig dragen van gehoorbeschermingsmiddelen.

In beide gevallen geldt dat, wanneer de betrokkene na herhaaldelijk

Figuur A.4.11: Redelijkheidsbeginsel: aspecten die bij de beoordeling betrokken worden

ernst van de situatie	—de hoogte van de geluidniveaus —het aantal mensen dat bloot staat aan het geluid
stand van de techniek	—zijn de maatregelen gebruikelijk in de betreffende bedrijfstak —zijn er alternatieve technieken beschikbaar —zijn er geluidarmere typen van de betreffende geluidbronnen (machines) op de markt —zijn omkastingen mogelijk
operationele haalbaarheid	—wordt de bediening/het gebruik van de machine bemoeilijkt door de maatregel (invloed op normaal gebruik, onderhoud, vereiste ventilatie e.d.)
economische haalbaarheid	—kan het bedrijf de kosten van de maatregelen aan, mede gelet op de concurrentie

A.4 Beoordeling van lawaai

verzoek en ook nadat de arbeidsinspectie een eis heeft gesteld of een aanwijzing heeft gegeven toch in gebreke blijft, kan de arbeidsinspectie een proces-verbaal opmaken. Dan wordt de situatie verder behandeld als een economisch delict.

Schadeclaims van werknemers:

Op dit moment bestaat in Nederland geen schadevergoedingsregeling voor mensen die gehoorschade hebben opgelopen, waarvan verwacht mag worden, dat dit tijdens het werk is ontstaan.

Dit neemt niet weg, dat in incidentele gevallen de betreffende werknemer wel kan proberen de werkgever aansprakelijk te stellen voor gehoorschade op grond van art. 1401 van het Burgerlijk Wetboek (d.w.z. dat de werkgever onzorgvuldig gehandeld heeft met betrekking tot de gezondheid van de werknemer) en een schadeclaim kan eisen. Problemen daarbij zijn wel, dat er geen eenduidige definitie van het begrip gehoorschade is (bij welke gehoorbeschadiging hiervan sprake is) en zeker zo belangrijk, dat de bewijsgrond vaak moeilijk is: hoe moet worden vastgesteld, dat men de gehoorschade niet in de vrije tijd heeft opgelopen (bv. als disc-jockey of motor-/autocoureur), of eventueel bij een vorige baan (bv. als er geen gehooronderzoek is uitgevoerd bij de aanstellingskeuring).

In de enkele gevallen in Nederland, dat een werknemer via de rechter heeft geprobeerd een schadeclaim te eisen wegens gehoorschade, heeft de rechter tot nu toe geen schadeclaim toegekend. Wel heeft dit in het verleden geleid tot enige schikkingen.

A.5 Diversen

A.5.1 Organisatie van lawaaibestrijding

Stappenplan

Figuur A.5.1: Stappen van een lawaaibestrijdingsprogramma

Stappen	Toelichting
1. Bewustwording van het probleem	op basis van klachten, indicatieve metingen, e.d.
2. Inventarisatie van lawaaige situaties	zo veel mogelijk door metingen
3. Analyse van lawaaige situatie met aangeven van mogelijke oplossingen	belang van de verschillende geluidbronnen na inventariseren
4. Bespreking van mogelijkheden en vergelijking van alternatieven	bij voorkeur maatregelen direct aan of bij de geluidbron, rekening houdend met redelijkheidsbeginsel
5. Opzetten van prioriteitenplan	rekening houdend met de ernst van de situatie, en de kosten en het effect van de maatregelen
6. Uitvoering van het plan	eventueel gefaseerd

Wie doet wat

In het kort is in figuur A.5.2 aangegeven welke rol verschillende functionarissen binnen en buiten het bedrijf spelen als het gaat om lawaai op de arbeidsplaats.

Projectorganisatie

De wijze waarop lawaaibestrijding georganiseerd wordt hangt direct af van het soort project:

—(kleinschalige) vervanging van (een onderdeel van) een machine.

Vaak is de afdeling onderhoud of inkoop dan de centrale dienst binnen het bedrijf. Zij beoordeelt dan ook of het nodig is een geluiddeskundige (intern of extern) hiervoor om advies te vragen. Vooral bij kleinere projecten komt het vaak voor dat de leverancier ook adviseert over de geluidsaspecten. Hierbij moet altijd bedacht worden dat de leverancier niet snel geneigd zal zijn over producten van concurrenten te adviseren;

—(groterschalige) inrichting van een nieuwe bedrijfshal.

Hiervoor wordt meestal een projectteam geformeerd, samengesteld uit de verschillende betrokken bedrijfsdiensten. Voor een goed verloop van het project is het dan onontbeerlijk dat een geluiddeskundige (intern of extern) bij het project betrokken is, eventueel op afroepbasis.

Om snel een overzicht te hebben van de stand van de lawaaibestrijding binnen het bedrijf is het nuttig om per geluidprobleem een registratieformulier in te vullen ter grootte van 1 A-4. In figuur A.5.3. wordt een geschikte uitvoering van een dergelijk formulier gegeven. Deze formulieren kunnen met name ook toegevoegd worden als bijlage bij het arbo-jaaroverzicht.

A.5.2 Kosten van maatregelen

A.5.2.1 Samenhang

In figuur A.5.4 wordt een overzicht gegeven van de financiële aspecten van geluidtechnische voorzieningen, hier weergegeven in de vorm van een standaardformulier. Een dergelijk formulier kan gebruikt worden voor de beoordeling van de financiële consequenties van investeringen, en ook met name bij het onderling vergelijken van alternatieve maatregelen.

A.5 Diversen

Figuur A.5.2: Overzicht "Wie doet wat", toegepast op lawaaibestrijding

functionaris	w = vastgelegd in de wet	betrokkenheid bij geluid op de arbeidsplaats
werkgever (c.q. bedrijfsleiding)	w w w w w	<ul style="list-style-type: none"> * eindverantwoordelijkheid voor het controleren van de situatie en het treffen van maatregelen * arbo-jaaroverzicht en arbo-jaarplan laten opstellen (toekomst) * het zonodig verschaffen van gehoorbeschermingsmiddelen * voorlichting aan werknemers over lawaai * desgewenst inschakelen van arbeidsinspectie en (externe) deskundigen * beleid regelmatig toetsen aan de stand der techniek
werknemer	w w	<ul style="list-style-type: none"> * signaleren van probleemsituaties * het zonodig dragen van gehoorbeschermingsmiddelen * desgewenst inschakelen van arbeidsinspectie en (externe) deskundigen
ondernemings- raad	w w w	<ul style="list-style-type: none"> * overleg met werkgever over het beleid aangaande arbeidsomstandigheden. * desgewenst advies vragen aan bedrijfsgezondheidsdienst * desgewenst inschakelen van extern deskundigen (na toestemming werkgever) en van arbeidsinspectie.
arbeidsinspectie	w w w w	<ul style="list-style-type: none"> * controleren van naleving van de wet * op verzoek van werknemers of werkgevers toetsen van redelijkheidsbeginsel * het zonodig geven van aanwijzingen, stellen van eisen voor naleving van de wet * voorlichting over wettelijke en uitvoeringstechnische aspecten van lawaaibestrijding
bedrijfsgezond- heidsdienst	w	<ul style="list-style-type: none"> * zonodig geregeld uitvoeren van gehoortesten * het signaleren van eventuele andere gezondheidseffecten bij werknemers
geluiddeskundige (intern)	w	<ul style="list-style-type: none"> * het inventariseren van een geluidssituatie * aangeven van mogelijke verbeteringen van lawaaiige situaties * meewerken aan het arbo-jaarplan en -jaaroverzicht * beantwoorden van vragen van werknemers * zonodig inschakelen van externe deskundigen * inventarisatie van geluidssituaties * advies m.b.t. mogelijke maatregelen * controle van getroffen voorzieningen * begeleiding bij overleg met overheid en leveranciers
afdeling inkoop		<ul style="list-style-type: none"> * overleg met geluiddeskundige en leveranciers over geluidspecificaties
milieudienst (intern)		<ul style="list-style-type: none"> * inbreng van geluidvoorwaarden conform Hinderwet of Wet Geluidhinder en vertalen in geluideisen voor machines of installaties
leveranciers		<ul style="list-style-type: none"> * aanleveren geluidgegevens van zijn produkt (met garantie)
onafhankelijk adviseur (extern)		<ul style="list-style-type: none"> * onafhankelijke advisering omtrent geluidszaken, hetzij op verzoek van de werkgevers, hetzij op verzoek van de werknemers (zie ook geluiddeskundige, intern) * impliciet gebruik maken van ervaringen in andere bedrijven voor zijn advies
afdeling onderhoud		<ul style="list-style-type: none"> * afdoende onderhoud om onnodig veel geluid t.g.v. spellen, excentriciteiten e.d. te voorkomen

A.5 Diversen

Figuur A.5.3.: Mogelijke uitvoering van een registratieformulier voor geluidproblemen

Probleem:	
Afdeling:	
Nadere info:	
Ingevuld door:	datum:
1. Omschrijving van het probleem	
2. Gegevens (niveaus e.d.)	
3. Voorgestelde maatregelen	
4. Uitgevoerde maatregelen, verwijzing zo mogelijk naar 3	
5. Evaluatie	

A.5 Diversen

Figuur A.5.4: Registratieformulier voor de kosten van voorzieningen

Firma:	Afdeling:	
Maatregel:		
Ingevuld door:	datum:	
1. Investeringskosten 1.1 Aanschaf van voorziening, inkl. bijbehorende onderdelen 1.2 Montage (inkl. toezicht, exkl. onderdelen: zie 1.1) 1.3 Oppervlaktebehandeling (loon + materiaal) 1.4 Bouwkundige aanpassing (loon + materiaal) 1.5 Ontwerp en planning 1.6 Bouwrente 1.7 Vergunningen e.d. 1.8 Restwaarde van te vervangen object minus opbrengst door verkoop 1.9 Aftrekpost voor alternatieve maatregel (1.1 t/m 1.8) -	bedrag	toelichting:
I Investeringskosten f		
II Exploitatiekosten (per jaar) A. Kapitaalafhankelijke kosten (per jaar) A.1 Lineaire afschrijving over levensduur (per jaar) A.2 Renteverlies t.g.v. opgenomen/besteed kapitaal (per jaar) A.3 Fiscale belastingen, verzekeringspremie (per jaar) A.4 Investeringspremies, subsidies e.d. (per jaar) - <div style="text-align: right;">A Kapitaal afhankelijk kosten/jaar f</div>		
B. Bedrijfskosten minus opbrengsten (per jaar) B.1 Onderhoud (loonkosten) (per jaar) B.2 Materiaal verbruik (per jaar) B.3 Elektrische energie (per jaar) B.5 Produktietoename of -verlies (per jaar) <div style="text-align: right;">B Bedrijfskosten/jaar f</div>		
II Exploitatiekosten/jaar: A+B f		
Toelichting/opmerkingen:		

A.5 Diversen

A.5.2.2 Kentallen

De kosten van maatregelen hangen in principe sterk af van de specifieke situatie. Toch kunnen ter indicatie enige kengetallen worden gegeven zoals weergegeven in figuur A.5.5.

Voor een kosten- en batenanalyse van een lawaaibestrijdingsprogramma zijn de volgende zaken van belang:

- ★ Vaak optredende gunstige financiële consequenties bij primaire maatregelen zijn m.n.:
 - er ontstaat minder slijtage door grotere bewerkings- en montagenauwkeurigheid;
 - verbeterd onderhoud leidt vaak ook tot beduidende verlenging van de technische levensduur;
 - de producten worden minder beschadigd door minder schokken en klappen bij het bewerkings- of transportproces.
- ★ Algemene kosten van maatregelen aan bestaande machines zijn vaak beduidend hoger dan van maatregelen die in de ontwerpfase reeds zijn meegenomen, niet alleen de ontwerp- en uitvoeringskosten maar ook vaak de kosten van produktieverlies.
- ★ Vaak moeilijk te kwantificeren maar daarom niet onbelangrijke mogelijke baten van een actief lawaaibestrijdingsbeleid binnen het bedrijf hebben betrekking op de werknemers:
 - verminderd ziekte-verzuim;
 - kleiner verloop;
 - betere kwaliteit van het geleverde werk.

Figuur A.5.5: Indicatie van kosten (investering) van enige maatregelen

omschrijving van maatregelen		kosten van maatregelen
gas- en stoomklep (leiding \varnothing 50-300 mm); vloeistofkleppen (leiding \varnothing 50-150 mm) isolatie van leidingen	15 dB reductie 20 dB reductie 15 dB reductie eenvoudig complex	meerkosten 60% meerkosten 140% meerkosten 50% f 100,—/m ¹ leiding f 300,—/m ² bekleding meerkosten 20%
geluidarme heftrucks geluidarme locomotief (maatregelen aan bestaande machine): kettingbaan (maatregelen aan bestaande baan): ontdreuningsplaat (bondal 1 à 2 mm) ontdreuning van platen dempers (leiding \varnothing 40-70 cm) geluidarme dieselmotor (nieuw) geluidarme dieselmotor (maatregelen aan bestaande motor)	10-13 dB reductie 12 dB reductie 10-15 dB reductie reductie 5-10 dB	f 20.000,— f 200,—/m ¹ f 50,— tot f 80,—/m ² f 50,—/m ² f 3.000,— — f 5.000,— meerkosten 25 tot 50%
geluidarme slijpschijven stationaire zuigercompressor omkassen (tot 3 m ³ /uur); rootsblower draaizuiger- en schroefcompressor omkassen; cabines voor grondverzetmachine e.d. (maatregel aan bestaande machine) omkastingen (algemeen)	4-7 dB reductie 10 à 20 dB reductie 15 à 20 dB reductie 15 à 20 dB reductie eenvoudig complex zeer complex	meerkosten 10 tot 25% meerkosten ca. 200% meerkosten 20-40% meerkosten 30-50% meerkosten 20-35% f 10.000,— tot f 15.000,— f 200,— tot f 500,— per m ² wand f 500,— tot f 800,— per m ² wand tot f 3.000,— per m ² wand
verliefscabines	eenvoudig complex	f 200,— tot f 400,— per m ² wand f 400,— tot f 800,— per m ² wand
geluidabsorberende plafonds	eenvoudig complex	f 30,— tot f 60,— per m ² plafond f 60,— tot f 100,— per m ² plafond

A.5 Diversen

Waarschijnlijke oorzaken van dergelijke baten zijn een minder belastende werkomgeving en een grotere betrokkenheid van de werknemer bij het bedrijf.

A.5.2.3 Subsidiemogelijkheden

Op dit moment zijn de volgende subsidiemogelijkheden beschikbaar:

WIR-premie:

Bij de aanschaf van allerlei geluidarme machines of installaties kunnen WIR-premies worden verschaft. Voor een aantal types machines zijn lijsten opgesteld welk fabrikaat wel en welk fabrikaat niet hiervoor in aanmerking komt. De premie loopt uiteen van 3% tot en met 15%, afhankelijk van het soort machine en hoe geluidarm het betreffende type is. De WIR-premie wordt verrekend met de belastingaanslag.

Nadere informatie: Dienst Investeringsrekening
Zwolle, tel.: 038-281911

Technisch ontwikkelingskrediet:

Bijdrage in de financiering van de ontwikkeling van ideeën of vindingen tot nieuwe producten of nieuwe apparatuur, in die gevallen waarin een onderneming zelf daartoe niet geheel in staat is. Het is een krediet tegen een rente van 5%, maximaal ter grootte van 60% van de totale projectkosten.

Nadere informatie: Ministerie van Economische zaken
Bureau Bedrijfscontacten
's-Gravenhage, tel.: 070-798800

Innovatie stimuleringsregeling (INSTIR):

Subsidie voor research en ontwikkelingswerk. De subsidie bedraagt 40% van de loonkosten tot f 300.000,— en 15% van de kosten daarboven (tot f 2.500.000,—).

Er is een ondergrens van 100 uur per subsidieperiode van 6 maanden.

Nadere informatie: Dienst Investeringsrekening
Zwolle, tel.: 038-281911

Stimuleringsregeling arbeidsvriendelijke technologie:

Variant op het technische ontwikkelingskrediet, speciaal bedoeld voor de ontwikkeling van ideeën of vindingen tot arbeidsvriendelijke technologie. Bovendien is een subsidie mogelijk van de eerste vijf praktische toepassingen. De projectkosten moeten tenminste f 50.000,— bedragen.

Nadere informatie: Directoraat-Generaal van de Arbeid,
Voorburg, tel.: 070-694001.

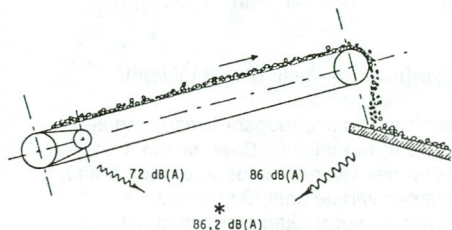
Subsidiemogelijkheden zijn over het algemeen sterk momentgebonden. Het is daarom belangrijk steeds bij de relevante instanties te informeren naar de subsidiemogelijkheden van het moment.

Nadere informatie:
—Arbeidsinspectie (district)
—Directoraat-Generaal van de Arbeid, Voorburg
—Ministerie VROM, Leidschendam
—Dienst Investeringsrekening, Zwolle
—Kamer van Koophandel
—Accountants

B. Akoestiek en Lawaaibestrijding

B.1 Maatregelen aan de machine

Figuur B.1.1: Lawaaibestrijding moet bij de voornaamste bron beginnen



Situatie:
op de arbeidsplaats naast de lopende band wordt 86,2 dB(A) gemeten:
t.g.v. de aandrijving 72 dB(A)
t.g.v. vallende lading (grint) 86 dB(A)
A. Omkastings van de aandrijving
Bijdrage van de aandrijving daalt met 12 dB(A) tot 60 dB(A)
Totaalniveau wordt $60 + 86 = 86,0$ dB(A)
B. Vallend grint dempen op een rubber laag
Bijdrage van het vallen daalt met 12 dB(A) tot 74 dB(A)
Totaalniveau wordt $72 + 74 = 76,5$ dB(A)
Conclusie:
Aanpak van de voornaamste (vallend grint) is veel effectiever dan aanpak van een ondergeschikte bron (de aandrijving)

Bij lawaaibestrijding moet men altijd eerst mogelijkheden benutten om het geluid bij de bron te bestrijden (zie §A.4.2.2.).

Als dit onvoldoende oplevert komen maatregelen in de omgeving aan de orde (zie §B.2) en pas daarna maatregelen bij de mens (zie §B.3). Dit hoofdstuk gaat over maatregelen bij de machine.

B.1.1 De grootste fouten

In het kort zal hier worden ingegaan op enige veel voorkomende fouten, die in de praktijk vaak gemaakt worden als het om lawaaibestrijding gaat.

Maatregelen aan een deel van de machine

De grootste fout die bij lawaaibestrijding wordt gemaakt, is dat slechts een ondergeschikte bron wordt aangepakt in plaats van een overheersende deelbron. Het netto geluidreducerend effect is dan zeer beperkt zoals blijkt uit figuur B.1.1. Daarom staat voorop:

Bij lawaaibestrijding moet altijd duidelijk zijn wat het relatieve belang is van de verschillende geluidbronnen.

Zo is het niet verstandig om voor een nieuwe installatie eenvoudigweg stuk voor stuk zo geluidarm mogelijke onderdelen te gebruiken, zonder voldoende bekeken te hebben of dat speciale geluidarme onderdeel wel nodig is.

Maatregelen aan een deel van de machines

Als van een groep gelijksoortige machines slechts een deel wordt aangepakt, is de geluidreductie zeer beperkt vooral als de machines vrij dicht bij elkaar staan. Het is een veel voorkomende fout om dan te concluderen, dat de maatregelen dus geen zin hebben en dat het restant van de machines beter niet aangepakt kunnen worden. In het algemeen kunnen in zo'n geval namelijk maatregelen alleen zin hebben als alle machines worden aangepakt.

Voorbeeld:

In een ruimte staan tien gelijksoortige machines opgesteld. Als alle machines worden omkast daalt het gemiddeld halniveau met 20 dB(A). Als slechts vijf van de tien machines worden omkast bedraagt de reductie slechts 3 dB(A).

Geluidniveau van onbelaste machines

Vaak is er een groot verschil tussen het geluidniveau van een machine in onbelaste, stationaire toestand en in belaste toestand. Dit kan soms meer dan 20 dB(A) verschil maken. Een veel gemaakte fout op dit punt is bv. de geluidsgegevens van een machine te beoordelen op het geluid bij leegloop. Dit levert vaak een irëel gunstige beoordeling.

Effect van maatregelen zonder stoorgeluid

Als relatief veel stoorgeluid aanwezig is, is de geluidreductie van een maatregel aanzienlijk minder dan bij weinig stoorgeluid. Dit is de

B.1 Maatregelen aan de machine

voornaamste reden, dat de geluidreductie bij aanschaf van een stille machine vaak in de praktijk veel minder groot is dan op het eerste gezicht op grond van de gegevens van de fabrikant verwacht zou worden.

Onderscheid geluidvermogen(niveau) - geluid(druk)niveau

Er is een groot verschil tussen het geluidvermogen(niveau) van een bepaalde geluidbron en het geluid(druk)niveau. Daarom kan men niet zonder meer geluidgegevens vergelijken als van de ene geluidbron het geluidvermogen is aangegeven en van de andere machine het geluidniveau. Om deze gegevens te vergelijken moet eerst het geluidvermogen worden omgerekend in het geluidniveau (zie verder par. B.5.8.)

Geluidbron is star gekoppeld aan het gebouw

Vaak ontstaan geluidproblemen doordat een machine (bv. een compressor) star bevestigd wordt aan het gebouw. Dit kan tot geluidoverlast leiden in andere ruimten van het gebouw, met name kantoorruimten en andere geluidgevoelige ruimten. Vaak levert het trillingsgeïsoleerd opstellen van de bron dan een aanzienlijke verbetering.

Geluidniveau zonder meetplaats

Vaak worden geluidgegevens uitgedrukt in een geluidniveau, zonder dat eenduidig is aangegeven op welke plaats dit geluidniveau geldt. Omdat een geluidniveau direct afhangt van de meetplaats hebben dergelijke geluidgegevens weinig betekenis.

Productinformatie over omkastingen

Een veel voorkomende fout is, dat men de te verwachten geluidreductie van een omkasting overschat op de grond van gegevens van de leverancier over de geluidisolatie van de panelen alleen. De praktijk is namelijk dat de effectieve geluidisolatie vaak beduidend lager is als gevolg van o.a. kieren, leidingdoorvoeren, omloopgeluid via de vloer, e.d. (zie verder par. B.2.3.).

Geluidniveau onder 80 dB(A) dus geen problemen

Een veel gemaakte beoordelingsfout is dat wanneer men een gemiddeld geluidniveau meet van minder dan 80 dB(A) er geen probleem is. De wettelijke bepaling geeft tenslotte aan dat slechts boven 85 dB(A) maatregelen getroffen moeten worden. Zoals o.a. uit figuur A.4.9. (§A.4.1.2) blijkt, zijn er echter veel situaties waarin ook niveaus tussen de 30 en 80 dB(A) te hoog zijn en leiden tot hinder en functionele storingen (bv. moeilijk concentreren, slechte telefoonverstaanbaarheid).

Geluidabsorptie lost alles op

Een van de meest gebruikte voorzieningen om het geluid te bestrijden, is geluidabsorptie materiaal. De verwachtingen van het effect van een dergelijk materiaal zijn vaak hooggespannen.

B.1 Maatregelen aan de machine

Zo wordt het bv. soms zelfs ten onrechte voor geluidisolatie gebruikt. Ook de verwachtingen van de daling van het geluidniveau op de arbeidsplaats bij het aanbrengen van een geluidabsorberend plafond zijn vaak sterk overtrokken.

Voor meer realistische informatie over absorptie materialen wordt verwezen naar par. A.2.1 en B.2.2.

B.1.2 Stand van de techniek

Als men wil beoordelen of alle geluidreducerende maatregelen zijn getroffen, die redelijkerwijs mogelijk zijn, moet men inzicht hebben in wat bij de huidige stand van de techniek mogelijk is (zie §A.4.2.2.).

Als voorlichting op dit gebied is met name het volgende van belang:

— informatie in technische vakbladen, op beurzen e.d. over het marktaanbod. Dit geeft concreet antwoord op vragen zoals "wie verkoopt wat" en "lijkt het een geluidarme machine";

— rapporten over de huidige stand van de techniek van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, en het Ministerie van VROM. Deze worden in §B.1.3 kort besproken;

— overige literatuur. Hiervan noemen we speciaal de zgn.

VDI-Richtlijnen en Forschungsberichte (zie §B.1.3.1.);

— normen voor de toelaatbare geluidproductie van categorieën machines en richtlijnen voor haalbare geluidniveaus bij allerlei machines. In figuur B.1.2. staat een overzicht van dergelijke normen voor verschillende machines. Het voldoen aan een dergelijke norm wil echter niet altijd zeggen, dat bij de huidige stand van de techniek werkelijk een stille machine is aangeschaft (vooral bij wat oudere richtlijnen), wel dat het niet een werkelijk lawaaiige uitvoering is. Meer richtlijnen voor de geluidniveaus voor allerlei machines staan ook in de hierboven genoemde literatuur.

Figuur B.1.2: Overzicht van normen en richtlijnen voor de toelaatbare geluidproductie van machines en gereedschappen

norm	onderwerp
EEG-richtlijnen	
84/533	motorcompressoren
84/535	lasaggregaten
84/536	stroomaggregaten
84/537	betonbrekers en trilhamers
NEN 3173 (= IEC 34-9)	roterende elektrische machines, motoren, generatoren en omvormers
DIN 57530	idem, echter nieuwer: strengere grenswaarden
OCMA-uitvoering	op 1 meter (onbelast) ≤ 81 dB(A)
HI-SEAL-uitvoering	op 1 meter ≤ 85 dB(A)

B.1.3 Voorbeelden

B.1.3.1 Inleiding

De komende paragrafen zal voor een aantal veel voorkomende typen geluidbronnen kort besproken worden welke mogelijkheden tot lawaaibestrijding bestaan. De informatie is ontleend aan de rapporten die de overheid heeft uitgebracht over lawaai op de arbeidsplaats (zie figuur B.1.3.). De nadruk ligt hierbij op de mogelijkheden die in principe voor de individuele gebruiker c.q. afnemer van die betreffende machines en gereedschappen bruikbaar zijn. In elk van deze rapporten wordt voor de besproken machines c.q. gereedschappen ingegaan op:

— kenmerkend geluidniveau,

— oorzaken van de geluidproductie en hun relatieve belang,

— mogelijkheden om het geluid te reduceren.

De meeste van de genoemde mogelijkheden zijn voornamelijk interessant in de ontwerp- of montagefase van de machine, dus vooral voor de leverancier. Deze mogelijkheden worden hier in algemene termen samengevat in de bespreking van geluidarm construeren LA-HR-03-02 (§B.1.3.2.). De mogelijkheden die ook voor de gebruiker van belang zijn worden concreet genoemd bij de bespreking van het deelrapport.

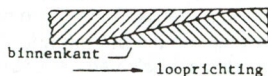
Wellicht ten overvloede wordt er op gewezen, dat men voorzichtig moet

B.1 Maatregelen aan de machine

Figuur B.1.3: Overzicht van de rapporten van de overheid over lawaai binnen bedrijven

code	onderwerp
LA-HR-01-01	kneelpunten stille technologie
LA-HR-02-01	stand van de techniek: vooronderzoek
LA-HR-02-02	stand van de techniek: persluchtssystemen
LA-HR-02-03	stand van de techniek: houtbewerkingsmachines
LA-HR-02-04	stand van de techniek: handgereedschap
LA-HR-02-05	stand van de techniek: leidingsystemen
LA-HR-02-06	stand van de techniek: intern transport
LA-HR-02-07	stand van de techniek: kunststofverwerking
LA-HR-02-08	stand van de techniek: mechanische overbrenging
LA-HR-02-09	stand van de techniek: elektrische machines
LA-HR-02-10	stand van de techniek: bouw en wegenbouw
LA-HR-02-11	stand van de techniek: verspanende bewerkingen
LA-HR-02-12	stand van de techniek: niet-verspanende bewerkingen in de metaal-
LA-HR-02-13	industrie
LA-HR-02-14	stand van de techniek: bottelarijen
LA-HR-02-15	stand van de techniek: zuivelindustrie
LA-HR-02-17	stand van de techniek: verpakkingsmachines
LA-03-01	geluidarm installeren
LA-03-02	geluidarm construeren
LA-04-02	Akoestisch management
LA-05-01	ergonomische aspecten van omkastingen en schermen
LA-07-01	meet- en beoordelingsmethode lawaai op de arbeidsplaats
LA-08-01	criteriën voor hinder door geluid
IL-DR-01-01	karakteristieke geluidemissie van metaalindustrie
IL-HR-03-02	geluidemissie van compressoren en mogelijkheden tot vermindering
IL-HR-03-03	geluidemissie van dieselmotoren en mogelijkheden tot vermindering
IL-HR-03-04	geluidemissie van stookinstallaties en mogelijkheden tot vermindering
IL-HR-03-05	geluidemissie van hydraulische componenten en systemen voor energieoverdracht en mogelijkheden tot vermindering

Figuur B.1.4: Riem met schuine verbindingslas



a) gunstige riemverbinding door schuin te verlijmen



b) ongunstige riemverbindingen met haken

zijn met het zonder meer toepassen van maatregelen die hier besproken worden en elders effectief bleken. De situatie kan zodanig verschillend zijn, dat het effect van de maatregelen duidelijk anders is.

De rapporten zijn te bestellen bij:

Distributiecentrum voor Overheidspublicaties
Postbus 20014
2500 EA 's Gravenhage
tel. 070-789911

Daarnaast kan voor mogelijkheden tot lawaaibestrijding ook worden verwezen naar:

— *Forschungsberichte*. Deze rapporten van de Duitse Arbeidsinspectie zijn te bestellen in de boekhandel. Het is een grote serie rapporten (ca. 350 titels), in principe vergelijkbaar met de bovengenoemde Nederlandse serie rapporten van de Nederlandse overheid;
— *VDI-Richtlijnen*. Dit zijn richtlijnen van de Vereniging van Duitse Ingenieurs, die samenvatten welke geluidsniveaus bij de huidige stand van de techniek optreden en welke mogelijkheden tot lawaaibestrijding bestaan.

De Richtlijnen zijn te bestellen bij:

Nederlands Normalisatie Instituut
Postbus 5059
2600 GB Delft
tel. 015-690390.

B.1.3.2 Geluidarm construeren (LA-HR-03-02)

Inhoud

Vermindering van het geluid van een machine, gereedschap e.d. door constructiewijzigingen is over het algemeen voor de gebruiker slechts zeer beperkt mogelijk: meestal is het te duur om de mogelijkheden voor één machine uit te proberen. Geluidarm construeren is daarom vooral het terrein van fabrikanten. Het onderwerp valt daarmee grotendeels buiten het kader van dit vademecum.

Voorbeelden

• botsende massa's:

Botsen is een van de voornaamste geluidbronnen. De voornaamste principes om het geluid te reduceren zijn weergegeven in figuur A.1.3.

Toepassingen zijn bijvoorbeeld:

• riemen met schuine verbindingsrand (zie figuur B.1.4.):

De oneffenheid bij het passeren van de riem over een rol wordt dan uitgesmeerd over de tijd.

—gedempte cylinders:

door een luchtbuffer achter de zuiger wordt voorkomen dat de zuiger hard tegen het cilinderhuis botst;

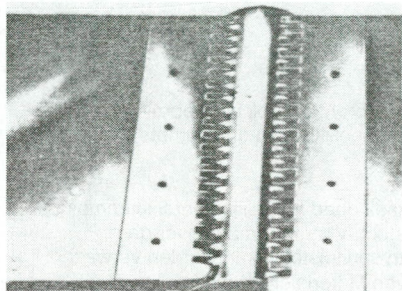
—snijpersen met schuine beitels (zie figuur B.1.29):

Het snijden wordt hierdoor over wat langere tijd uitgesmeerd;

—terugstootloze hamers (zie figuur B.1.15).

B.1 Maatregelen aan de machine

Figuur B.1.5: Voorbeeld van een betere stroomlijning: een getande tafellipconstructie bij een vlakbank



- **stromingsgeluid:**

Dit is bijvoorbeeld bij het schoonspuiten met perslucht een sterke geluidbron, maar ook bij het ronddraaien van beitels en zaagbladen.

Het principe om hier wat aan te doen is door een geleidelijke luchtstroom te creëren, zonder obstakels:

- bij afblazen van perslucht met speciale uitblaasmonden;
- bij het ronddraaien van beitels door obstakels te verwijderen of in het algemeen door een betere stroomlijning (zie figuur B.1.5).

- **geluidafstraling:**

Grote panelen zijn vaak een belangrijke weg waarlangs het geluid van de machine wordt afgestraald. Mogelijkheden om hier wat aan te doen zijn o.a.:

- trillinggeïsoleerde bevestiging van de platen;
- dempende bekleding van de platen (zie §B.1.5.) met een speciale coating;
- geperforeerd uitvoeren van de panelen;
- kunststof of zogenaamde sandwich-panelen, in plaats van metalen platen.

B.1.3.3 Geluidarm installeren (LA-HR-03-01)

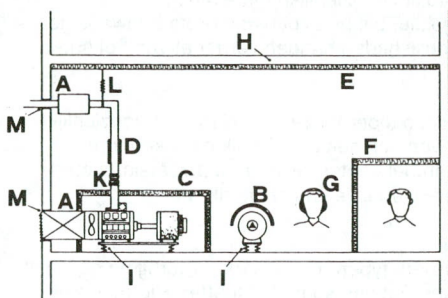
Inhoud

Het rapport bevat de basiskennis om de overdracht van geluid van machines e.d. naar een ontvangplaats in de omgeving te beperken. In figuur B.1.6 staat een overzicht van wat allemaal een rol speelt bij het geluidarm installeren; hier bij het opstellen van een noodaggregaat. In hoofdlijnen zijn dat de aspecten die in genoemd rapport besproken worden. Veel van deze aspecten worden ook besproken in deel B van dit rapport, met als voornaamste verschil dat in LA-HR-03-01 dieper wordt ingegaan op het nauwgezet bepalen van de concrete dimensies van maatregelen, bijv. of voor een omkasting een plaatdikte van 0,7 mm staal afdoende is of dat tenminste 1 mm plaatdikte moet worden gebruikt.

Onderwerpen die inzichtelijk besproken worden zijn o.a.:

- uitvoering omkastingen
- inpakken van leidingen
- trillingsgeïsoleerd opstellen
- uitvoering van schermen
- bouwkundige aspecten van geluidisolatie
- geluidabsorberende materialen
- geluiddempers

Figuur B.1.6: Elementen van geluidarm installeren



- A geluiddempers
- B kappen of schermen
- C omkastingen
- D leidingisolatie
- E geluidabsorptie tegen wanden en/of plafond
- F bedieningscabines
- G oorkappen, oordopjes, e.d.
- H isolerende wanden, vloeren en deuren
- I verende opstelling van machines
- K balgen, slangen, manchetten in leidingen en kanalen
- L verende ophanging van leidingen
- M afdichting van kieren

B.1.3.4 Perslucht (LA-HR-02-02)

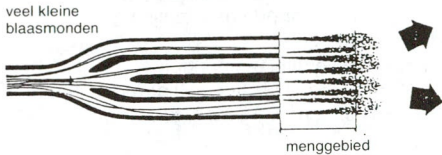
Inhoud

Behandeld wordt het geluid van compressoren, vrij uitblazende lucht, blaasmonden en pneumatisch gereedschap. Afhankelijk van het soort geluidbron bevat het rapport nuttige informatie voor de fabrikant en/of voor de gebruiker.

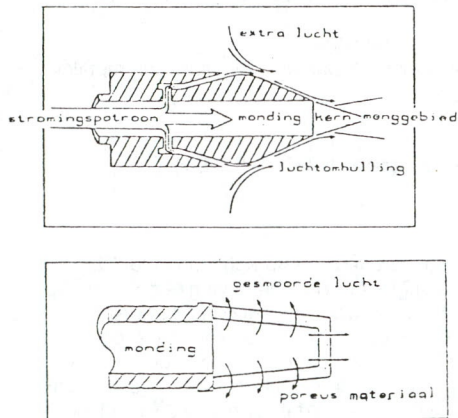
Bij gebruik van perslucht treden vaak hoge geluidniveaus op, vooral met een hoogfrequent karakter (sissen). Vaak is het mogelijk om de

B.1 Maatregelen aan de machine

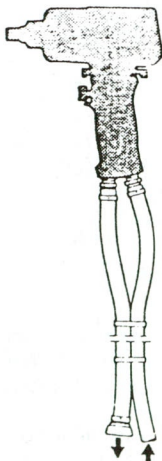
Figuur B.1.7: Vervanging van één grote uitstroombuiging door een aantal kleinere



Figuur B.1.8: Damping van uitstromende perslucht



Figuur B.1.9: Afvoerslang op de luchtuitlaat van pneumatische gereedschap



druk van de lucht te verminderen zonder de functie aan te tasten: het levert kosteloos een belangrijke geluidreductie op. Het beter stroomlijnen van de perslucht is ook een veel toegepaste en effectieve oplossing.

Voorbeelden:

- *vrijkomende perslucht*

Vaak is dit de voornaamste geluidsbron, bijv. bij het gebruik van perslucht bij het schoonspuiten. Mogelijkheden om hier iets aan te doen zijn:

— *verlagen van de druk:*

Vooral bij schoonspuiten is dit vaak goed mogelijk, vooral in combinatie met een effectiever spuitend pistool. Voor informatie over de geluidniveaus en spuitkracht van spuitpistolen kan worden verwezen naar een uitgave van de Bond van Materialenkennis (zie literatuur).

— *meergatsysteem:*

Hierbij wordt één grote opening vervangen door vele kleinere, op voldoende onderlinge afstand (zie figuur B.1.7)

— *smoren van de uitstroming of anderssoortige dempers.* Figuur B.1.8 geeft een voorbeeld van mogelijke uitvoeringen en de te bereiken geluidreductie;

— *luchtstroom van de arbeidsplaats afriichten.* Dit scheelt in geluid maar ook in tocht.

Voorbeelden

Pneumatische gereedschappen zijn vaak belangrijke geluidbronnen, vaak niet zozeer in onbelaste toestand, maar wel tijdens de bewerking. In het algemeen geldt, dat het beste niet met een te zwaar gereedschap (d.w.z. met onnodig groot vermogen) kan worden gewerkt. Vaak is het werkstuk in aanzienlijke mate mede verantwoordelijk voor het geluid: bv. bij slijpen aan grote dunwandige constructies. Concrete mogelijkheden hangen verder af van het soort gereedschap:

- *slagmoersleutels.*

Beter vervanging door slagloze moeraanzetters. Naast de aanzienlijke geluidreducties geeft dit bovendien een aanzienlijk nauwkeuriger aandraaimoment. Voor slagmoersleutels levert een afvoerslang op de perlucht (zie figuur B.1.9) een reductie van enige dB's;

- *nietmachines.*

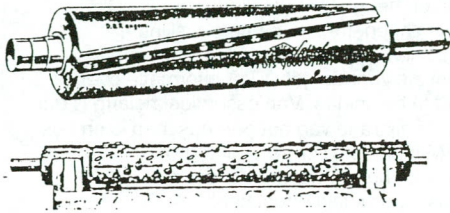
Binnenkort komen geluidarmere typen op de markt, waarbij de slag niet star wordt opgevangen maar met een soort luchtbuffer. Hiermee zijn reducties van ca. 8 dB(A) gemeten;

- *sloop- en boorhamers.*

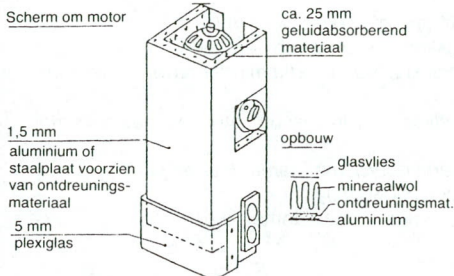
Effectieve verbeteringen zijn demping van de luchtuitlaat, omkasting van cilinder- en beitelhuis en een kunststofkraag rond de beitel. Reducties van 16 dB(A) zijn hiermee gemeten.

B.1 Maatregelen aan de machine

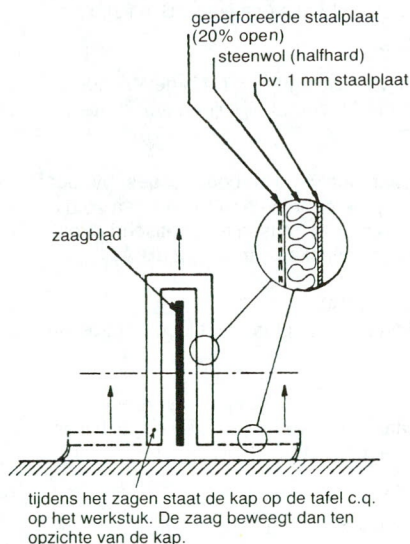
Figuur B.1.10: Beitelblokken met spiraalvormige snijkanten (boven) en segment snijkanten (onder) voor een vlak- en verdiktbank



Figuur B.1.11: Voorbeeld van een geluidsisolerende kap rond de bewerkingseenheid van een bovenfreesmachine



Figuur B.1.12: Geluidafschermende kap rond de zaag, tevens veiligheidskap



B.1.3.5 Machinale houtbewerking (LA-HR-02-03)

Inhoud

In het rapport wordt ingegaan op een aantal veel voorkomende typen houtbewerkingsmachines, met name:

- schaaf- en freesmachines;
- zaagmachines;
- machines voor het maken van gaten;
- schuurmachines;
- eindprofileermachines;
- houtafvalverkleiningsmachines.

Voorbeelden

• *schaaf- en freesmachines*

Behalve bij bovenfreesmachines is het leegloopgeluid voor de andere machines van ondergeschikte belang vergeleken met het bewerkingsgeluid. Voor het geluid tijdens het schaven of frezen is vooral van belang:

—*geluidarme beitelblokken*. Bijvoorbeeld met schuine- of spiraalvormige snijkanten of met segmentsnijkanten in plaats van asparallel snijkanten (zie figuur B.1.10). Dit geeft een betere krachtverdeling over de omtrek van het beitelblok en kan ca. 10 dB(A) reductie opleveren;

—*afschermkappen rond de beitel*:

Voor sommige typen machines is dit goed mogelijk (zie figuur B.1.11), met name voor vandiktebanken en bovenfreesmachines.

• *bandzaagmachines*

Het geluidniveau bij leegloop is al hoog, tijdens zagen nog hoger. Mogelijkheden tot geluidreductie zijn met name:

—geleidingsplaten dicht langs de band, zowel boven als onder het werkstuk. Hierdoor worden de trillingen in de band gedempt: effectief alleen voor het leegloopgeluid;

—een gladde las:

Dit kan ca. 5 dB(A) reductie geven voor het leegloopgeluid;

—bandzaag met variërende tandsteek en -zetting.

• *cirkelzaagmachine*:

Tijdens leegloop is vooral het geluid van het zaagblad van belang, vooral als het gaat fluiten. Tijdens het zagen wordt het fluiten weer onderdrukt en komt als geluidbron het snijden in het hout erbij.

Maatregelen zijn met name:

—*ander materiaal van het zaagblad*:

Zo mogelijk een HM-zaagblad toepassen in plaat van CV-blad.:

dit voorkomt het fluiten tijdens leegloop. Nog beter is een zgn.

sandwichzaagblad (zie figuur B.1.42): dit kan tijdens leegloop tot 8 dB(A) reductie opleveren, tijdens zagen ca. 3 dB(A);

—*aantal tanden*:

Zo mogelijk bladen met veel tanden gebruiken. Dit kan tijdens het zagen een reductie meerdere dB's opleveren.

—*afschermkap rond het zagen*:

Door de afschermkap zo goed mogelijk het zaagproces te laten afsluiten en aan de binnenzijde te voorzien van een geluidabsorberende bekleding kan tijdens het zagen een reductie van ca. 5 dB(A) worden bereikt (zie figuur B.1.12).

B.1 Maatregelen aan de machine

B.1.3.6 Handgereedschap (LA-HR-02-04)

Inhoud

In dit rapport wordt ingegaan op het geluid van allerlei handgereedschap, met name zagen, frezen, hameren, slijpen, spijkeren, nieten, schaven, lassen, spuiten en snijden. Het rapport bevat zowel voor de fabrikant als voor de gebruiker informatie over mogelijkheden om het geluid te bestrijden. Van essentieel belang is dat vooraf duidelijk is hoe groot de bijdrage van het gereedschap is en hoe groot dat van het werkstuk. Met name bij dunwandige grote werkstukken kan de bijdrage van het werkstuk zo groot zijn, dat maatregelen aan het gereedschap weinig effect hebben.

Voorbeelden (zie ook §B.1.3.4)

- *systematische aanpak*

Een essentiële voorwaarde om effectief het geluid te bestrijden is een systematische aanpak:

- kan de bewerking voorkómen of verkort worden?*
bv. nabewerken van gietstukken systematisch verminderen.
- kan de bewerking veranderd worden zodat minder lawaaiig werk in de plaats komt?*
bv. rondvijlen in plaats van slijpen, hydraulisch richten in plaats van met voorhamer.
- kan het geluid worden verminderd, met name door de juiste deelbron aan te pakken? (zie ook §B.1.1)*
bv. gedempte slijpschijven, terugstootloze hamer, e.d.

- *slijpen:*

Het leegloopgeluid van de machines is van ondergeschikt belang ten opzichte van het geluid tijdens het slijpen. Mogelijkheden om aan dat slijpgeluid iets te doen zijn:

—bij platen schuin slijpen in plaats van haaks (zie figuur B.1.13). Het kan een reductie van 6 dB geven.

—gedempte schijven gebruiken;

Deze schijven (bv. sandwich schijven, zie figuur B.1.42) geven tijdens het slijpen reducties van 5 tot 11 dB(A), vooral bij slijpen aan dikke platen en massieve werkstukken;

—dempen van het werkstuk:

Dit is vooral zinvol bij het slijpen aan dunwandige constructies, bv. door magnetische, dempende matten op de panelen aan te brengen zo dicht mogelijk bij het werkpunt of door een grote massa magnetische direct bij het werkpunt te plaatsen. Dit kan reducties van ca. 12 dB(A) opleveren;

—gunstige slijprichting (zie figuur B.1.14):

Het gunstigst is slijpen in de richting van de plaat, niet loodrecht op de plaat;

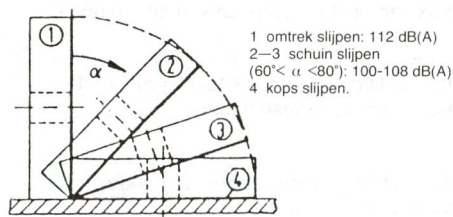
—zo mogelijk rondvijlen;

Dit is voor het fijnbewerken van staalplaatconstructies een reëel alternatief. Hierbij worden langzaam roterende vijl-ringen en -schijven gebruikt. De geluidreductie bedraagt 10 tot 20 dB(A).

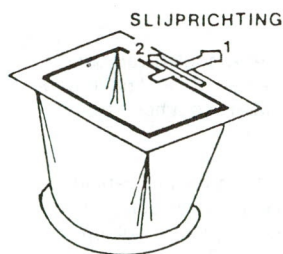
- *richten:*

De klappen bij het richten met voorhamers doen veel oren suizen.

Figuur B.1.13: Invloed van de slijprichting op het geluid



Figuur B.1.14: Invloed van de slijprichting op het geluid

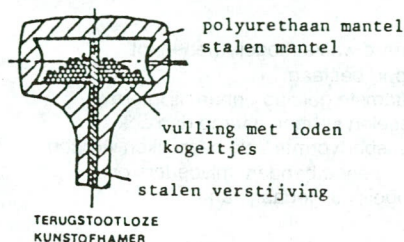


1. SLIJPEN DWARS OP PLAATKANT
103 dB(A)

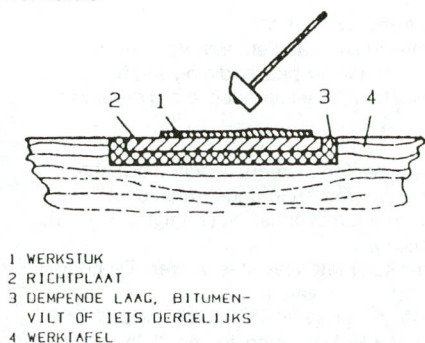
2. SLIJPEN IN DE RICHTING VAN
DE PLAATKANT
94 dB(A)

B.1 Maatregelen aan de machine

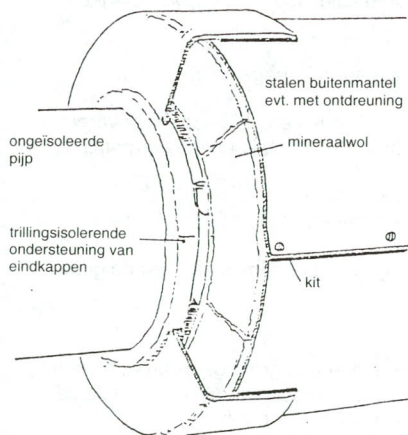
Figuur B.1.15: Principe van terugstootloze hamers



Figuur B.1.16: Principe van geluidarme richttafels



Figuur B.1.17: Isolerende bekleding van leidingen



Mogelijkheden om hier wat aan te doen zijn:

- gebruik van terugstootloze hamers (zie figuur B.1.15). Voor het richten zijn ze zeker zo effectief en het werkstuk wordt minder beschadigd. Het geeft geluidreducties van 10 tot 20 dB(A);
 - geluidarme werktafels (zie figuur B.1.16). Dit is effectief als een dunwandig werkstuk met het gehele oppervlak op de tafel kan worden gelegd;
 - hydraulisch richten met vijzels e.d.:
- Hierbij wordt het werkstuk hydraulisch in de juiste vorm gedrukt. Het richten zelf is dan praktisch geluidloos geworden;
- magnetische matten:
- Vooraf bij dunwandige constructies kan door magnetische matten op het werkstuk een geluidreductie van meer dan 10 dB(A) worden bereikt. Erg belangrijk is wel, dat de mat goed hecht, zodat het door de klappen niet loslaat.

B.1.3.7 Pijpleidingsystemen (LA-HR-02-05)

Inhoud

In dit rapport wordt ingegaan op het geluid van pijpleidingen en de mogelijkheden tot geluidreductie. Dit geluid kan door de stroming in de leiding ontstaan, maar ook door aangesloten delen (compressoren, e.d.). Het geluid van leidingen kan daarom nooit los worden gezien van de rest van de — vaak complexe — installatie.

Voorbeelden

Voor maatregelen moet men vooral denken aan:

—*isolerende bekleding*:

Voor hoogfrequent geluid is dit zonder veel problemen een praktische oplossing (zie figuur B.1.17). Bij laagfrequent geluid is voorzichtigheid geboden: door isolatie kan het geluid zelfs toenemen.

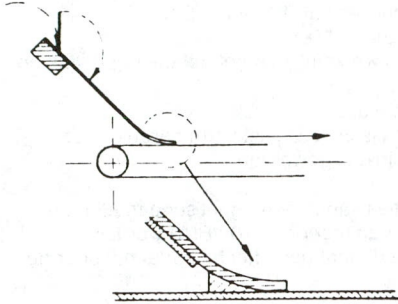
—*geluiddempers*:

Dit is vooral in ventilatiekanalen een veel toegepaste maatregel om de ventilatie niet hoorbaar te maken in de geventileerde ruimte. (zie §B.1.4).

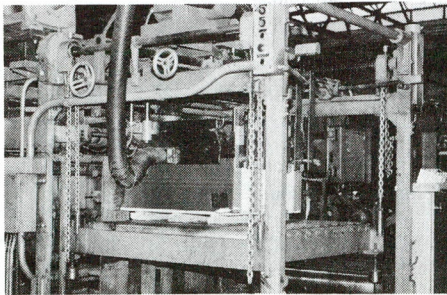
—*trillinggeïsoleerde ophanging*:

Hiermee wordt voorkomen, dat trillingen worden overgedragen aan het gebouw.

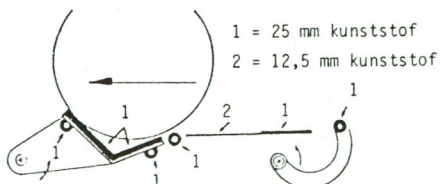
Figuur B.1.18: Vervangen van vallen door glijden



Figuur B.1.19: Voorbeeld van een automatische hoogteverstelling



Figuur B.1.20: Elastische ondergrond



B.1.3.8 Intern transport (LA-HR-02-06)

Inhoud

In dit rapport wordt geïnventariseerd welke mogelijkheden tot lawaaibestrijding bij intern transport bestaan.

Botsgeluid is een van de voornaamste geluidbronnen bij intern transport: vele mogelijke maatregelen hebben daarop dan ook betrekking (zie figuur A.1.3). Transportvormen, die besproken worden zijn o.a. vallen, slijpen en rollen, lopende banden, trilvoeders en rollenbanen. Hierbij is zoveel mogelijk uitgegaan van praktijkvoorbeelden.

Voorbeelden:

- *vallen:*

De mogelijkheden tot geluidreductie bij vallen zijn voornamelijk gebaseerd op de principes om botsgeluid te verminderen (zie ook figuur A.1.3):

- *vervanging door geluidarme transportvormen:*

bv. glijden (zie figuur B.1.18), geleidelijk stapelen, e.d. Vaak is dit duurder, maar daar staat dan weer minder beschadiging van het produkt tegenover. In ieder geval kan de geluidreductie erg groot zijn: soms meer dan 20 dB(A);

- *beperking van de valhoogte:*

Per halvering van de valhoogte is een geluidreductie van 3 dB(A) te verwachten. Vaak kan de valhoogte worden teruggebracht door toepassing van een automatische hoogteverstelling (zie figuur B.1.19);

- *verend opvangen van de botsing:*

Door de ondergrond in een elastisch materiaal uit te voeren. Dit heeft alleen zin als de lading niet steeds op elkaar valt;

- *ondergrond en aangekoppelde platen geperforeerd uitvoeren of als rooster.* Dit kan vaak meer dan 10 dB(A) schelen zolang de lading niet op elkaar valt;

- *loskoppelen van zijplaten;*

Hiermee wordt het geluidafstralend oppervlak verminderd;

- *ondergrond dempen:* door een coating of een vulling met droog zand (zie figuur B.1.43). Dit kan geluidreducties tot 10 dB(A) veroorzaken.

- *glijden en rollen*

De over het algemeen best toepasbare maatregelen zijn:

- *verende onderlaag:*

Om glijden nog goed mogelijk te maken is een glad oppervlak vereist met lage wrijvingscoëfficiënt: daarom is meestal een dunne metalen toplaag nodig;

- *geleiders in plaats van een glijgoot:*

De geluidreductie kan 10 dB(A) en meer bedragen;

- *rollen voorkomen:*

Rollen is duidelijk lawaaiiger dan glijden. Daarom is een gladde goot vereist met niet te grote glijhoek.

- *Bandtransporteurs*

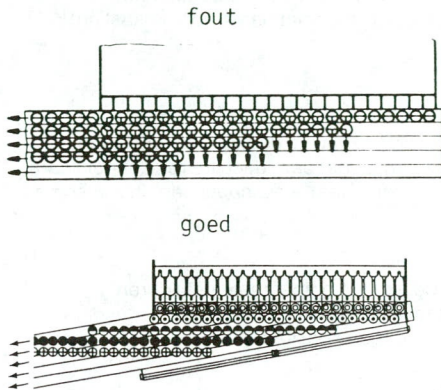
Bandtransporteurs zelf zijn meestal niet een grote geluidbron, de lading daarentegen kan wel geluidproblemen veroorzaken, bv. in bottelarijen.

Maatregelen die daar getroffen kunnen worden zijn:

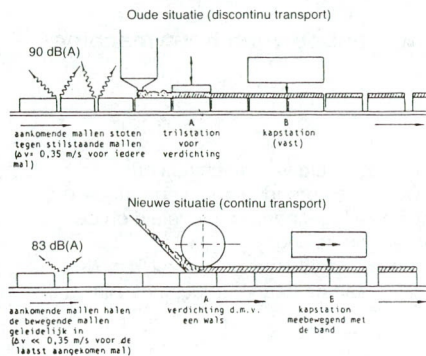
- *andere uitvoering van de lading.* Bijvoorbeeld:

B.1 Maatregelen aan de machine

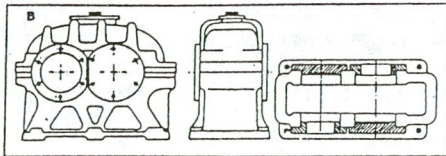
Figuur B.1.21: Voorbeeld van het zorgvuldig samenstromen van lading: hier in een bottelarij



Figuur B.1.22: Voorbeeld van het vermijden van discontinuïteiten in de transportstroom: bewerkingseenheden (hier een vulstation) bewegen met de band mee



Figuur B.1.23: Voorbeeld van een geluidarme tandwielkast



Model kast B: bij alle lagerplaatsen verticale en horizontale ribben $24 \times 24 \text{ mm}^2$; wanddikte van de beide breedtezijden 5 mm, overige 10 mm; op de vier lagerplaatsen 4 kg extra massa; totale massatoename 43%.

kunststof flessen (reducties tenminste 10 dB(A)) of anders een coating op de fles. Wat betreft de vorm van de flessen: beter een brede bodem met een verdikking op de stootrand;

—lage snelheid en weinig bochten. Per halvering van de snelheid ca. 6 dB(A) reductie;

—zorgvuldig samenstromen van de lading (zie figuur B.1.21);

—discontinuïteiten in de transportstroom vermijden (zie figuur B.1.22).

Dit kan vereisen, dat bewerkingstations meebewegen met de band.

B.1.3.9 Mechanische overbrengingen (LA-HR-02-08)

Inhoud

In het rapport wordt ingegaan op het geluid van met name tandwiel-, riem- en kettingoverbrengingen, stangen- en nokmechanismen, koppelingen en remmen. Hierbij wordt een duidelijk onderscheid gemaakt tussen zaken, die alleen voor de constructeur van belang zijn en die, welke voor de gebruiker van belang zijn.

Voorbeelden

• tandwieloverbrengingen:

Tandwieloverbrengingen kunnen een belangrijke geluidbron vormen. Mogelijkheden om het geluid te verminderen zijn in principe het terrein van de constructeur. Enige topics zijn:

- geoptimaliseerde tandvormen. Het belangrijkste principe is dat ingrijping van de tanden geleidelijk verloopt, zonder sprongen in de over te dragen krachten. Dit kan tot 10 dB(A) reductie geven;
- kunststofwielen in plaats van stalen. Vooral hoogfrequent geluid wordt hiermee sterk gereduceerd. Probleem is hierbij vaak de beperkte belastbaarheid;
- een gunstige vorm van de tandwielkast (zie figuur B.1.23). Dit kan tot 20 dB(A) reductie opleveren.

• stangen- en nokmechanismen:

Vooral bij de bedrijfsmechanisatie zijn ze veel toegepast. Voor de geluidproductie is belangrijk dat ze stoot- en rukvast zijn (dus geen sprongen in snelheid en versnelling). Bij textielmachines is hiermee een geluidsreductie van tenminste 5 dB(A) bereikbaar.

• kettingoverbrengingen:

Een meervoudige ketting met een kleinere steek is aanzienlijk geluidarmer dan een enkelvoudige ketting. Geleiderollen voor een minder stootachtige ingrijping kunnen 8 tot 12 dB(A) reductie opleveren.

B.1.3.10 Elektrische machines (LA-HR-02-09)

Inhoud

In het rapport wordt ingegaan op het geluid van elektromotoren, generatoren en transformatoren. De mogelijkheden tot geluidreductie zijn grotendeels voorbehouden aan de fabrikant. Toepassing van deze

B.1 Maatregelen aan de machine

mogelijkheden leidt dan tot de zogenaamde geluidarme uitvoeringen, zoals over het algemeen standaard te koop zijn. De afnemer kan alleen nog een verbetering bereiken door goed onderhoud (met name balancerings) en een gunstige opstelling (met name een omkasting).

Voorbeelden

- *aanschaf van machines:*

Het feit, dat een machine aan DIN 57530 voldoet of aan de minder strenge NEN 3173, is geen garantie, dat een machine relatief geluidarm is: de meeste uitvoeringen voldoen daar ruimschoots aan en zijn soms zelfs 10 dB(A) stiller.

- *ventilator of rooster:*

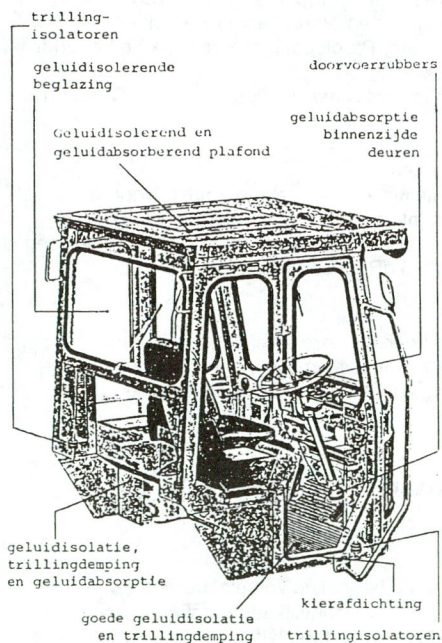
Vaak is het aerodynamisch geluid de voornaamste geluidbron. Belangrijke geluidreductie kan worden bereikt door een overgedimensioneerde machine toe te passen; dan kan de ventilator achterwege blijven.

- *omkastingen:*

Essentiële elementen van een omkasting zijn (zie ook §B.2.3 en B.2.5):

- een verende ophanging
- geluidabsorberende bekleding aan de binnenkant
- veel aandacht voor afdichtingen
- geluidgedempte openingen voor de koellucht.

Figuur B.1.24: Principe van een geluidsisolerende cabine op een voertuig



B.1.3.11 Grondverzet-, wegebouw- en bouwmachines (LA-HR-02-10)

Inhoud

In dit rapport wordt ingegaan op het geluid van machines en apparatuur, welke toegepast worden bij grondverzet, wegebouw en bouwactiviteiten. Hierbij wordt zowel ingegaan op het geluid op de bedieningsplaats als in de verdere omgeving.

De besproken mogelijkheden tot geluidreductie zijn vooral voor de fabrikant van belang: maatregelen aan bestaande machines zijn vaak aanzienlijk duurder.

Voorbeelden

- *geluidscabine:*

Voor alle "bereden" machines is een geluidsisolerende cabine van belang (zie figuur B.1.24):

Belangrijke aspecten hiervan zijn:

- voldoende geluidsisolerende beplating met een absorberende laag aan de binnenzijde;
- trillinggeïsoleerd ten opzichte van de machine;
- goed sluitende deuren en ramen.

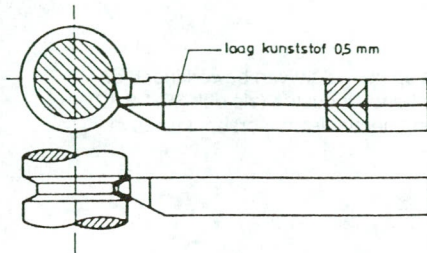
Reducties van 10 dB(A) zijn hiermee vaak goed haalbaar.

- *motorcompartiment:*

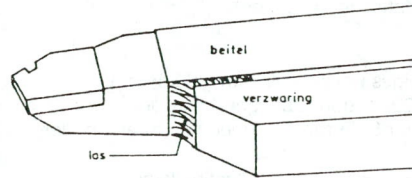
Ook het isoleren van het motorcompartiment is meestal effectief om het geluid te verminderen. Sommige fabrikanten brengen hiervoor

B.1 Maatregelen aan de machine

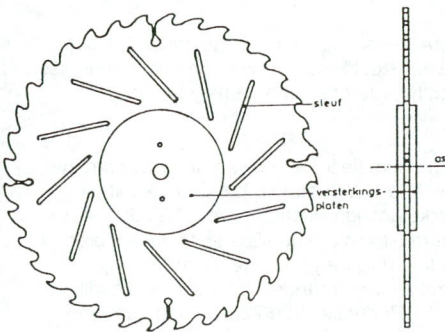
Figuur B.1.25: Gedempte beitel



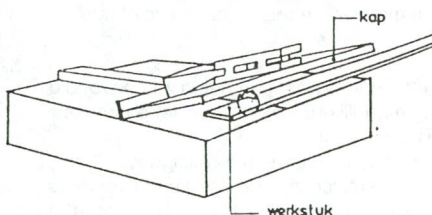
Figuur B.1.26: Versterkte beitel



Figuur B.1.27: Geluidarme zaag: een voorbeeld



Figuur B.1.28: Damping van het werkstuk door middel van kap rond de zaag (bij afkortzagen)



pakketten op de markt om aan bestaande machines aan te brengen; dit kan 15 tot 25 dB(A) reductie geven. Speciaal aandachtspunt is een goede isolatie tussen motorruimte en cabine, speciaal de mogelijke doorvoeropeningen.

- **uitlaat:**

Indien de uitlaat zich dicht bij de cabine bevindt, is het vaak een verbetering deze te verplaatsen of anders een speciale geluiddemper toe te passen.

B.1.3.12 Verspanende bewerkingen in de metaalindustrie (LA-HR-02-11)

Inhoud

In dit rapport wordt ingegaan op het geluid van verspanende machines in de metaalindustrie. Het betreft bewerkingen zoals draaien, frezen, boren, slijpen, schaven en zagen. Ook voor deze machines geldt, dat de meeste mogelijkheden tot geluidreductie zijn voorbehouden aan de fabrikant.

Voorbeelden

- **omkastingen:**

Voor bestaande situaties is dit vaak nog goed mogelijk door gedeeltelijke omkasting (met name bij handbediende machines) of een gehele omkasting: zie B.2.3.

- **beitels van draaibanken:**

Om het geluid van de beitel te beperken zijn er twee mogelijkheden: —aanbrengen van *damping* (zie figuur B.1.25).

Tussen twee beitelhelften wordt een kunststoflaag aangebracht:

reductie van 4 tot 10 dB(A);

—*versterken van de beitel*.

Door de beitel of de beitelhouder te versterken wordt globaal hetzelfde effect bereikt als met *damping* van de beitel (zie figuur B.1.26).

- **uitboren in plaats van binnendraaien:**

Het binnendraaien moet zoveel mogelijk worden vervangen door boren. Hiermee zijn reducties van ca. 7 dB(A) te bereiken zonder kosten.

- **zagen:**

Bij zagen zijn vooral het zaagblad en het werkstuk van belang:

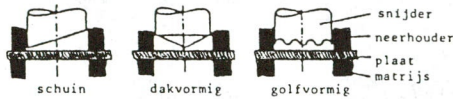
—een *geluidarme zaag* (zie figuur B.1.27). Dit kan bij cirkelzagen een reductie tot 19 dB opleveren (bovendien is de slijtage van de tanden minder); bij lintzagen kan de reductie ca. 8 dB bedragen;

—*damping van het werkstuk* (zie figuur B.1.28).

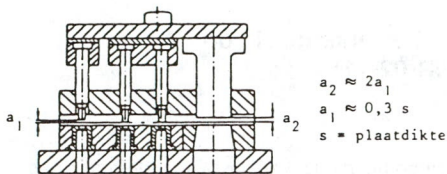
Door een speciale kap wordt zowel de zaag omkast als het werkstuk gedempt: reductie 15 tot 20 dB(A). Bij lange werkstukken kan deze damping het beste worden verkregen door vlakbij de zaagsnede een dempingsmassa aan te brengen.

B.1 Maatregelen aan de machine

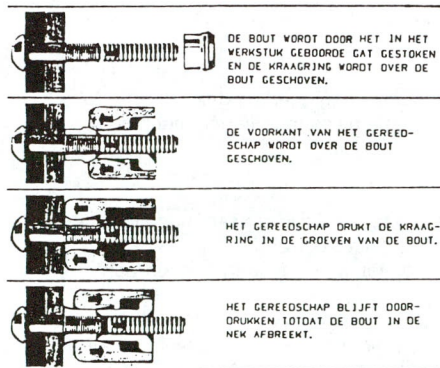
Figuur B.1.29: Geluidarme snijdervormen



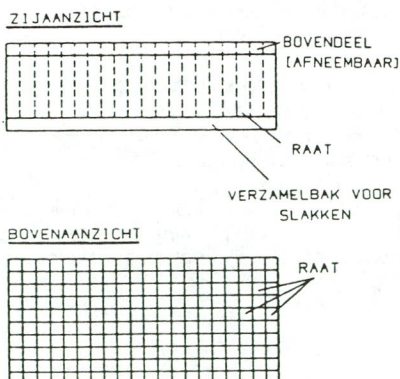
Figuur B.1.30: Trapsgewijs snijden



Figuur B.1.31: Zogenaamde break-neck verbinding



Figuur B.1.32: Honingraattafel voor laswerk



B.1.3.13 Metaalverwerkende industrie (LA-HR-02-12)

Inhoud

In dit rapport wordt ingegaan op het geluid van bewerkingen en machines in de metaalverwerkende industrie (zie ook §B.1.3.12) met name smeedhamers, -persen, mechanische persen, lassen en handgereedschap.

Voorbeelden

- **omkastingen:**

Met name voor de stationair opgestelde machines is dit een belangrijke mogelijkheid, die de gebruiker naderhand kan toepassen, door gedeeltelijke omkasting (met name voor handbediende machines) of gehele omkasting (voor automatische machines).

- **snijpersen:**

- een belangrijke mogelijkheid is het gebruik van geluidarme snijdervormen (zie figuur B.1.29) of door trapsgewijs snijden (zie figuur B.1.30). Reducties van 6 tot 10 dB(A) zijn dan goed haalbaar, zonder veel extra kosten;
- goed onderhoud kan tot aanzienlijke geluidreducties leiden, vergeleken met slecht onderhouden machines, vooral door minder spelingen: reducties van 6 tot 13 dB(A) zijn haalbaar;
- maatregelen aan de luchtuitlaten: zie §B.1.3.4;
- omkasting (zie boven)

- **klinken:**

Toepassing van een zgn. break-neck verbinding (zie figuur B.1.31). Hierbij wordt het slaggeluid van het klinken vervangen door hydraulisch trekken, met een doffe tik bij het afbreken van de nagel.

- **lassen:**

Bij *elektrisch lassen* kan een optimale instelling van de lasstroom, het gebruik van weinig slak gevende elektroden en het gebruik van anti-hecht vloeistof belangrijke geluidreducties geven. Met dergelijke elektroden hoeft men korter te blikken om de slakken te verwijderen of zelfs helemaal niet: de slak kan dan weggeborsteld worden. Bij *snijbranden* kan door een geluidarme brandermond een belangrijke geluidreductie worden bereikt. Reducties van 7 dB(A) zijn gemeten. Ook het gebruik van een zogenaamde "honingraat"tafel kan tot belangrijke geluidreducties leiden (ca. 5 dB(A)); zie figuur B.1.32.

- **geluidarmer produkt:**

De constructeur legt met de vorm van het produkt en de keuze van het materiaal vast welke produktiemethode vereist is en impliceert hoe lawaaiig het produkt is.

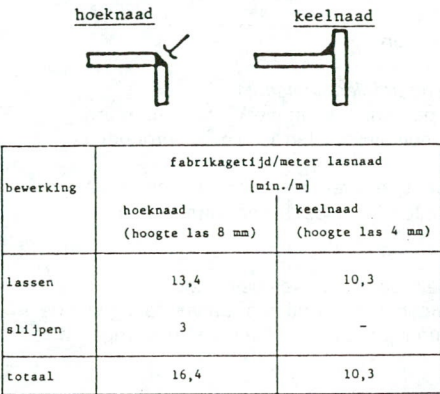
Bijvoorbeeld:

- als de geometrie van aan elkaar te bevestigen delen zo eenvoudig mogelijk is, kan met zo weinig mogelijk richtwerk voor het pasmaken worden volstaan (zie figuur B.1.33);
- als de constructie op de bevestigingsplaatsen gewijzigd wordt zodat meetonnauwkeurigheden minder kritisch zijn: dit voorkomt eveneens richtwerk voor het pasmaken, en vaak ook het nabewerken, omdat de las niet meer zichtbaar is (zie figuur B.1.34);

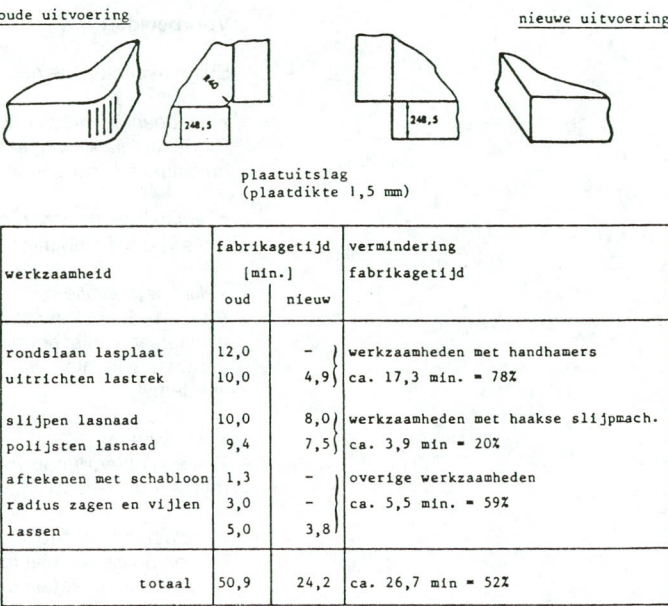
B.1 Maatregelen aan de machine

—toepassing van andere halffabrikaten. In het voorbeeld in figuur B.1.35 kan door toepassing van kokerprofielen in plaats van I-profielen door de grotere meetnauwkeurigheid van de kokerprofielen veel richt- en pasmaakwerk worden voorkomen. Het voordeel van deze wijziging was bovendien, dat de fabrikagekosten ca. 27% lager waren.

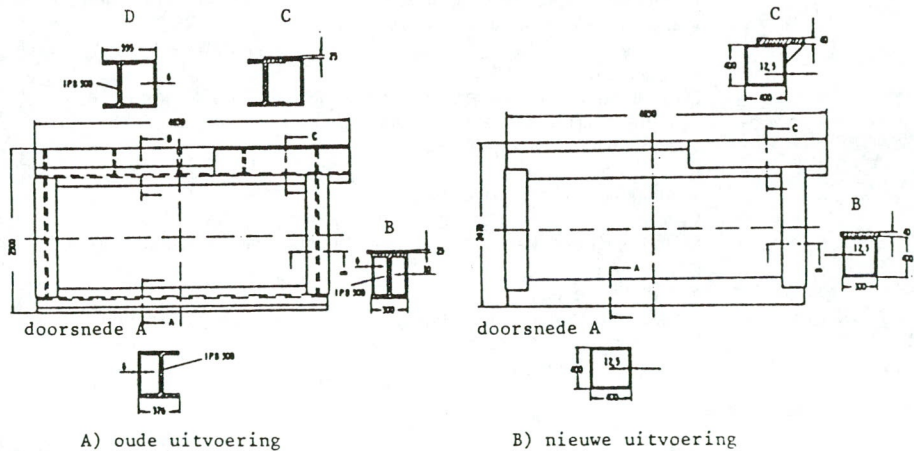
Figuur B.1.34: Andere bevestigingsconstructie, zodat weinig pas maken en nabewerken nodig is.



Figuur B.1.33: Eenvoudige geometrie van het werkstuk, zodat weinig pas maken nodig is.



Figuur B.1.35: Voorbeeld van een geluidarm te fabriceren werkstuk, door toepassing van kokerbalken i.p.v. I-profielen



B.1.3.14 Gebruiksaspecten van schermen,abri's en omkastingen (LA-HR-02-12)

Inhoud

Het daadwerkelijk gebruik van schermen,abri's en omkastingen staat of valt met een goede integratie in de arbeidsplaatsen. In dit rapport wordt besproken welke aspecten hierbij een rol spelen en welke eisen hiervoor gesteld moeten worden.

Voorbeelden

Enige aspecten die een rol spelen zijn:

- *voldoende vrije ruimte op de arbeidsplaatsen:*
Sterk afhankelijk van aantal personen, soort werk, apparatuur en hulpstukken: in ieder geval nooit minder dan 1,25 m² vloeroppervlak;
- *voldoende uitzicht om een opgesloten gevoel te voorkomen:*
Dit is vooral belangrijk bij ruimten (cabines) kleiner dan 6x6 m;
- *klimaatcondities:*
Vaak wordt het klimaat op de arbeidsplaatsen beïnvloed door het bijplaatsen van schermen of cabines, vooral door de verstoring van de aanwezige luchtstroom. Zo nodig moet het klimaat dan gecorrigeerd worden;
- *verlichting:*
Zonodig aanvullende voorzieningen treffen, bv. als het daglicht of de ruimteverlichting wordt verstoord;
- *geluid binnen cabines:*
Binnen de cabine niet meer dan 45 dB(A) ten gevolge van geluidbronnen binnen de cabine;
- *communicatiemiddelen:*
Communicatie met de andere zijde van het scherm c.q. de cabine wordt bemoeilijkt: zo nodig moeten hiervoor hulpmiddelen worden verschaft (telefoon, mobilfoon, o.i.d.);
- *veiligheid:*
De veiligheid mag niet verslechteren zoals bijvoorbeeld de vluchtmogelijkheid bij een ongeval of de bereikbaarheid van veiligheidsvoorzieningen.
- *makkelijk te verplaatsen:*
Vooral als de indeling geregeld wordt gewijzigd, maar ook voor onderhoudswerk kan een goede verplaatsbaarheid essentieel zijn.
- *technische aspecten:*
Onder andere voldoende degelijk (bv. bestand tegen stoten en kleine botsingen) en zo nodig corrosiebestendig.

B.1.3.15 Ventilatoren (IL-HR-03-01)

Inhoud

In dit rapport wordt ingegaan op het geluid van ventilatoren en op de mogelijkheden tot geluidreductie. Zo wordt veel aandacht besteed aan het ramen van de geluidproductie van een ventilator, op basis van een aantal technische specificaties.

De mogelijkheden tot geluidreductie, die de gebruiker heeft, blijven over het algemeen beperkt tot een goede instelling van de bedrijfscondities, voldoende onderhoud, dempers op in- en uitlaat en een geschikte opstelling. De in het rapport besproken mogelijke wijzigingen van de constructie zelf, zijn in principe voorbehouden aan de fabrikant. De gebruiker vindt het al dan niet toepassen hiervan terug in de geluidgegevens van de aan te schaffen ventilator.

Voorbeelden

- *bedrijfscondities*

Voor een zo laag mogelijke geluidproductie moet de ventilator op zijn optimale werkpunt worden ingesteld. Zo kan bij comfortinstallaties soms door vermindering van de stromingsweerstand van het aangesloten kanalsysteem (o.a. door leidschoepen in bochten en door weglaten van onnodige regelkleppen) een reductie van 7 dB(A) worden bereikt plus soms een verhoging van de volume stroom. Voor minder geluid moet er naar gestreefd worden om de drukval over het aangesloten systeem zo beperkt mogelijk te houden.

- *regeling*

Vanwege de geluidproductie verdient het de voorkeur om de regeling van de ventilator alleen door het toerental uit te voeren en niet bv. door smoorkleppen.

- *geluiddempers*

Door geluiddempers in de aanzuig- en/of afblaasleidingen te plaatsen zijn grote geluidreducties mogelijk. Reducties van 10 tot 30 dB(A) zijn over het algemeen realiseerbaar, afhankelijk van met name het type en de dimensionering van de demper.

- *trillingsisolatie*

Bij comfortinstallaties is een trillingsgeïsoleerde opstelling vaak een vereiste en in de industrie meestal niet. Voor de uitvoering van trillingsisolatie wordt verwezen naar par. B.1.6.

- *selectie*

In het algemeen zijn de geluidarmere typen ventilatoren tevens ventilatoren met de hogere, energetische rendementen (binnen dezelfde constructie-categorie).

B.1 Maatregelen aan de machine

B.1.3.16 Compressoren (IL-HR-03-02)

Inhoud

In dit rapport wordt ingegaan op de geluidproductie van compressoren en de mogelijkheden om daar wat aan te doen. De meeste mogelijkheden zijn in de eerste plaats voor de fabrikant van belang.

Voorbeelden

- *geluidgedempte uitvoeringen:*

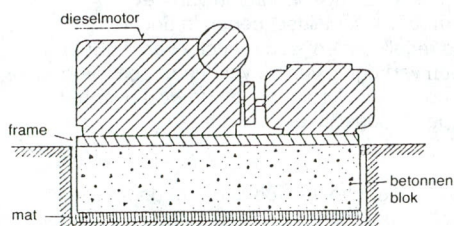
Termen als "Schallgedämpft", "Superschallgedämpft" e.d. zijn niet wettelijk beschermd of genormaliseerd, waardoor onderlinge verschillen tussen de diverse fabrikanten kunnen optreden: de termen geven slechts een relatieve karakterisering van de geluidproductie aan binnen het leveringspakket van de betreffende leverancier.

Bij bepaalde merken en typen kan een niet geluidgedempte compressor tot een geluidgedempte uitvoering worden omgebouwd met behulp van speciale ombouwsets, ombouwen in een extra geluidgedempte uitvoering is meestal niet mogelijk.

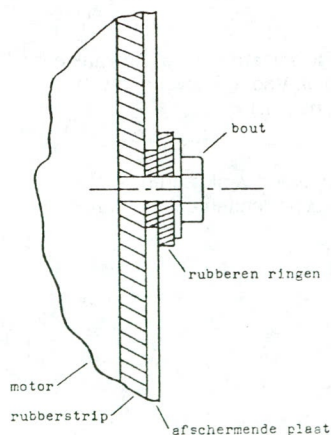
- *stationaire zuigercompressoren:*

Bij de grotere typen (> 100 kW) wordt de grootste bijdrage aan de geluidproductie geleverd door het koelsysteem. De voornaamste mogelijkheid tot geluidreductie aan bestaande zuigercompressoren is dan om een geluiddemper voor de koelluchtinlaatopening aan te brengen. Bij kleinere typen (< 100 kW) is de aanzuigopening de voornaamste geluidbron. Voor de bestaande machines is dan een geluiddemper voor de opening een effectievere verbetering.

Figuur B.1.36: Voorbeeld van een trillinggeïsoleerde opstelling van een dieselmotor



Figuur B.1.37: Bevestiging van de afscherming van dieselmotoren



B.1.3.17 Dieselmotoren (IL-HR-03-03)

Inhoud

Dit rapport bevat informatie over lawaaibestrijding bij dieselmotoren. Er wordt vooral aandacht geschonken aan mogelijkheden tot lawaaibestrijding bij bestaande dieselmotoren, vooral stationair opgestelde machines. Het rapport is daardoor vooral bedoeld voor de gebruiker en in wat mindere mate voor de fabrikant.

Voorbeelden

Bij maatregelen moet men in de eerste plaats denken aan:

- *trillinggeïsoleerde opstelling:*

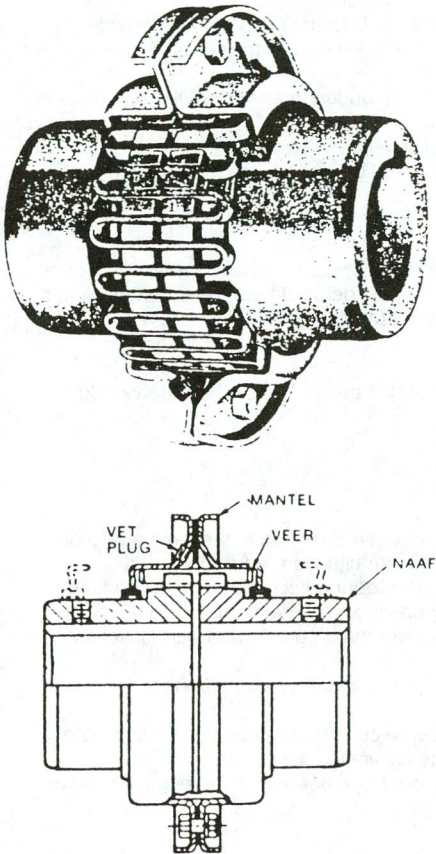
Voordat enige andere maatregel wordt getroffen is een trillinggeïsoleerde opstelling een eerste vereiste. Bij stationaire installaties is het effectief om de machine op een betonnen blok te bevestigen, waarvan de massa driemaal de massa van de motor is. Dit blok wordt dan geïsoleerd van de omgeving (zie figuur B.1.36).

- *afscherming van groepen en delen:*

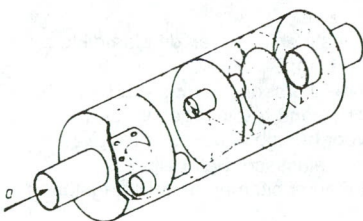
Afscherming is het meest bruikbare middel tegen het geluid van bestaande dieselmotoren. De afscherming moet los van de motor worden bevestigd (zie figuur B.1.37).

B.1 Maatregelen aan de machine

Figuur B.1.38: Ontkoppelen van componenten in hydraulische systemen



Figuur B.1.39: Resonantiedemper



- *volledige omkasting:*

Dit is effectiever dan gedeeltelijke afscherming, maar is vaak niet mogelijk in verband met koeling en/of vereiste toegankelijkheid voor onderhoud. Zie verder §B.2.3.

- *demping van het inlaatgeluid:*

Dempers kunnen standaard worden gekocht. In combinatie hiermee kan beter ook de inlaatleiding worden bekleed met een geluidsisolerende laag (zie ook §B.1.4.)

- *uitlaatgeluid:*

Bijna altijd is al een uitlaatdemper aangebracht; zo niet, dan is dit **altijd** nodig.

B.1.3.18 Hydraulische installaties (IL-HR-03-05)

Inhoud

In dit rapport wordt het geluid van hydraulische installaties besproken. De meeste mogelijkheden tot lawaaibestrijding blijven voorbehouden aan de fabrikant. Voor bestaande installaties zijn de beste mogelijkheden:

- omkasting of gedeeltelijke omkapping;
- ontkoppelen van componenten (met name de aangedreven delen), zie figuur B.1.38;
- vermindering van volume- en drukpulsaties, met name door een hydroakoestisch filter in de leidingen;
- trillinggeïsoleerde opstelling van pompen, e.d.

B.1.4 Dempers

Een veel toegepaste maatregel om het lawaai te bestrijden zijn dempers:

- bv. in luchtbehandelingssystemen om het geluid van de ventilator niet in kantoren hoorbaar te maken;
- bv. in de ventilatie-openingen van omkastingen om het effect van de omkasting niet te verslechteren;
- op de uitlaten van allerlei machines (bv. compressoren, dieselmotoren).

Er zijn verschillende typen dempers in de handel:

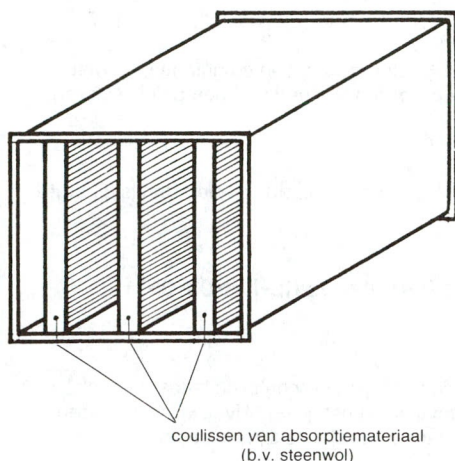
- *Resonantiedempers:*

Deze zijn opgebouwd uit verschillende kamer, die door openingen en pijpen met elkaar in verbinding staan (zie figuur B.1.39). De dempende werking ontstaat door de diametersprongen tussen de verschillende kamers (zie figuur B.1.39). Enige karakteristieken van dit type demper zijn:

- de afmetingen komen erg kritisch: elke situatie vereist zijn eigen demper. Dit kan tot problemen leiden als het toerental van de te dempen machines verandert en daarmee ook het soort geluid;
- ze zijn uitstekend geschikt voor het dempen van laagfrequent geluid;
- ze zijn weinig gevoelig voor veroudering en vervuiling. Het enige

B.1 Maatregelen aan de machine

Figuur B.1.40: Principe van een coulissendemper



Figuur B.1.41: Typerende inwendige demping van materialen (boven) en constructies (onder). Grote verliesfactor betekent veel inwendige demping

materiaal:	verliesfactoren
staal	0,0001
aluminium	0,0001
gietijzer	0,001 tot 0,002
speciale hoogdempende koper-magaan legeringen	0,01
plexiglas	0,03 tot 0,06
beton	0,05
polyethyleen (zacht)	0,1
polypropyleen	0,1
ontdruend staal	0,1
sandwich paneel	0,1 tot 0,2
constructies:	
gelast, met weinig dikwandige panelen	0,001-0,002
geschroefde of geniete metaalconstructie, veel dikwandige of weinig dunwandige panelen	0,01-0,02
geschroefde of geniete metaalconstructies, met vele dunwandige delen	0,03

waarvoor men moet uitkijken is of er geen condens ophoping in een van de kamers ontstaat: hierdoor kan de dempende werking aanzienlijk verslechteren. Dit is vaak te ondervangen door een kleine afvoeropening in het laagste punt van de kamer.

- **Absorptiedemper** (of coulissendempers) (zie figuur B.1.40): Deze bevatten een grote hoeveelheid steenwol of glaswol. Enige karakteristieken van dit type demper zijn:
 - de afmetingen zijn weinig kritisch. Daardoor kunnen zonder veel problemen "confectie" dempers worden gebruikt: dit drukt de kosten aanzienlijk;
 - de dempers zijn gevoelig voor veroudering en vervuiling, met name in vuile en vochtige omgevingen;
 - voor laagfrequent geluid zijn ze minder effectief;
 - glaswolvulling is tot maximaal 450°C te gebruiken; steenwol tot 800°C.
- **Smoorgeluidempers:** Hierbij stromen de gassen door het poreus materiaal. Ze worden vooral toegepast voor het afblazen van gas, perslucht e.d. De karakteristieken zijn globaal dezelfde als van absorptiedempers.

- **Combinaties:** Veel leveranciers combineren in hun dempers verschillende van de bovengenoemde principes.

B.1.5 Trillingsdemping

Bij demping van constructies wordt de constructie dusdanig gewijzigd, dat trillingen in de constructie sneller uitdoven. Voorop staat, dat demping alleen zin heeft indien hierdoor de zogenaamde verliesfactor van de constructie (maat voor de inwendige demping) wezenlijk toeneemt. Uit figuur B.1.41 kan worden afgeleid, wanneer dit wel en geen zin heeft:

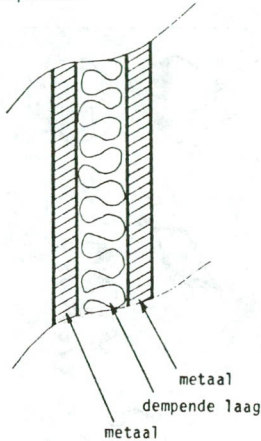
- wel voor grote metaalplaten (bv. zijplaten van transportbanden en silo's);
- niet voor kleine, gecompliceerde constructies (bv. pomphuisen). Deze hebben uit zichzelf al een hoge inwendige demping;
- niet voor kunststof constructies. Deze hebben al een hoge inwendige demping.

Mogelijkheden van demping zijn:

- **Coating:** Hierbij wordt een dempende laag op de constructie aangebracht. Dergelijke materialen zijn als zodanig in de handel: Belangrijke kenmerken van coating zijn:
 - de dikte van de coating kan het beste enige keren de plaatdikte zijn (afhankelijk van het dempend materiaal);
 - de coating dient ook bij de uiteindelijke bedrijfstemperatuur goed te dempen en in het algemeen goed bestand te zijn tegen veroudering. Dergelijke informatie is specifiek voor het toe te passen produkt;
 - rubber is minder geschikt: het is te elastisch. Beter zijn zgn. hoogpolymeer visco-elastische stoffen of bitumen met toeslagstoffen voor ontdreuning;

B.1 Maatregelen aan de machine

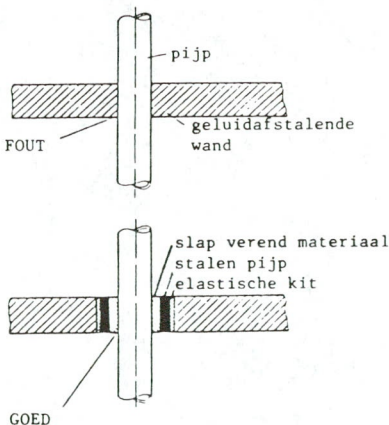
Figuur B.1.42: Principe van een sandwichpaneel



Figuur B.1.43: Damping met ingesloten droog zand



Figuur B.1.44: Voorbeeld van een foute en een goede doorvoer van een trillende leiding door een wand.



—verschillende van deze produkten kunnen eenvoudig met de kwast worden aangebracht, of worden gespoten. Ook zijn er zelfklevende of te verlijmen rollen op de markt.

• Sandwichpanelen:

Hierbij zit het dempingsmateriaal opgesloten tussen twee metaalplaten (zie figuur B.1.42). Sandwichpanelen zijn geschikt voor dikkere platen dan eenzijdige coating (tot plaatdikten van 10 à 12 mm):

—de dikte van de kunststoflaag en de metalen afdekking is niet kritisch, ter indicatie:

oorspronkelijke laag: kunststof: afdeklaag = 4:1:1;

—dergelijke panelen zijn ook standaard in de handel;

—een variant is om twee metaalplaten door middel van puntlassen over elkaar te verbinden: weliswaar wat minder effectief, maar voor bestaande situaties vaak praktisch en goedkoop;

—ook hiervoor geldt de eis van temperatuurbestendigheid.

• Zandvulling:

Een variant op een sandwichpaneel is, dat tussen twee metaalplaten geen kunststoflaag is aangebracht, maar zand (zie figuur B.1.43):

—het zand dient droog en schoon te zijn, bv. rivierzand of iets fijner. Bij zeer fijn of vuil zand maar ook bij grof zand (kiesel) is het dempend effect aanzienlijk slechter;

—voordeel is met name, dat de demping weinig temperatuurgevoelig is;

—geregeld vervangen van het zand is nodig, omdat het zand op den duur te fijn wordt.

B.1.6 Trillingsisolatie

Trillingen die een machine of installatie veroorzaakt, kunnen doorgeleid worden via de vloer naar het gebouw of via verbindingen aan aangesloten installaties. Op die manier kunnen deze trillingen op andere plaatsen geluidproblemen veroorzaken, b.v.

—in een kantoor boven een werkplaats ten gevolge van de portaalkraan in de werkplaats;

—de geluidafstraling van een omkasting, die star gekoppeld is aan de omkaste machine, waardoor de geluidisolatie van de omkasting veel slechter is dan verwacht.

Om dergelijke problemen met zgn. constructiegeluid te voorkomen, is het vaak nodig te zorgen voor een trillingsgeïsoleerde opstelling, bv:

—door de kraanbaan (zie boven) trillingsgeïsoleerd t.o.v. het gebouw op te leggen;

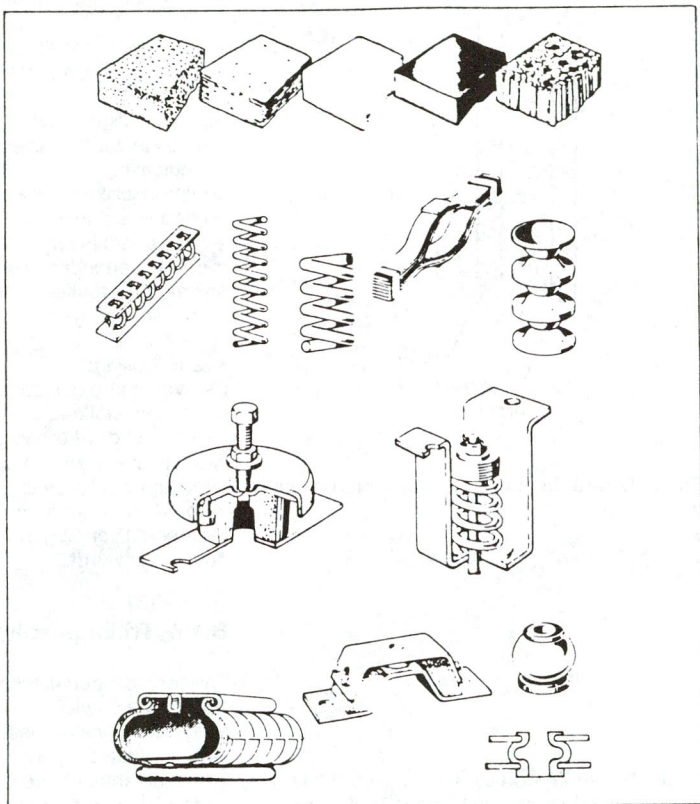
—door de omkasting los te houden van de machine.

Een veel gemaakte fout hierbij is dat men enerzijds de machine trillingsgeïsoleerd opstelt, maar anderzijds starre koppelingen via nevenwegen over het hoofd ziet (zie figuur B.1.44).

In figuur B.1.45 staan voorbeelden van in de praktijk gangbare veermaterialen, veren en balgen die voor een trillingsgeïsoleerde opstelling gebruikt worden. Voor meer informatie over deze materie wordt verwezen naar LA-rapport "Geluidarm installeren" (zie literatuurlijst).

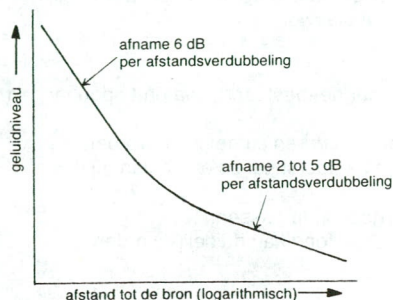
B.1 Maatregelen aan de machine

Figuur B.1.45: Voorbeelden van de in praktijk gangbare veermaterialen, veren en balgen

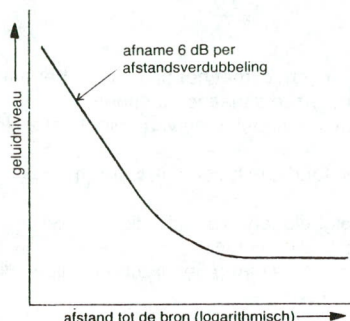


B.2. Maatregelen aan de inrichting

Figuur B.2.1: Geluiduitbreiding voor industriële ruimten (zie ook figuur B.5.6)



Figuur B.2.2: Geluiduitbreiding voor kleine ruimten (zie figuur B.5.7)



Figuur B.2.3: Belangrijke kenmerken van absorberende plafonds

aspecten	Typen geluidabsorberende plafonds		
	baffles	verlaagd plafond	systeemdak
kosten	f 30.- tot f 100.- per m ² plafond	f 35.- tot f 100.- per m ² plafond	f 35.- tot f 50.- per m ² plafond (extra)
toepassing	vooral in bestaande situaties	nieuwbouw/ bestaande situaties	vooral nieuwbouw
mogelijkheid tot reinigen	meeste uitvoeringen slecht mogelijk	soms goed mogelijk	
bouw fysica	geen probleem, niet thermisch isolerend	speciale aandacht vereist voor evt. condens. Vaak gunstig voor thermische isolatie.	
geluid-absorptie	voor laagfrequent geluid matig, verder voor meeste uitvoeringen goed	voor meeste uitvoeringen goed	
bestand tegen mechanische beschadiging	goedkope uitvoering slecht, dure uitvoeringen matig	meeste uitvoeringen redelijk tot goed	meeste uitvoeringen goed

Wanneer van belang?

Conform de toekomstige wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats (zie §A.2.2.) komen maatregelen in de inrichting pas aan de orde als maatregelen aan de bron getroffen zijn. Maatregelen aan de inrichting hebben namelijk over het algemeen minder effect voor de direct betrokken arbeidsplaats dan maatregelen direct aan de machine.

B.2.1 De afstand

In principe daalt het geluidsniveau bij toenemende afstand tot de bron. Een hoofdprincipe voor een gunstige inrichting is daarom:

Houd de arbeidsplaatsen zo ver mogelijk van de lawaaibron

• Industriële hallen

In figuur B.2.1. is globaal weergegeven hoe het geluidniveau daalt met toenemende afstand tot de geluidbron voor industriële hallen.

• Kleinere ruimten

In figuur B.2.2 is globaal weergegeven hoe het geluidniveau daalt met toenemende afstand tot de geluidbron voor kleinere ruimten. Het geluidniveau bereikt bij toenemende afstand een bodemwaarde. De hoogte van deze bodemwaarde hangt af van de hoeveelheid geluidabsorberend materiaal in de ruimte. In §B.5 wordt dit nader uitgewerkt.

Enige praktische gevolgtrekkingen zijn:

- het effect van toenemende afstand is het grootst dichtbij de bron;
- een geluidabsorberend plafond vergroot het nut van een gunstige inrichting.

B.2.2 Absorptie

In §A.2 is uiteengezet wat het effect van geluidabsorberend materialen is en wanneer deze toegepast moeten worden. Hier zal nader ingegaan worden op uitvoeringsvormen. Meer informatie over absorptiematerialen is te vinden in een ander rapport in deze serie: LA-HR-03-01: "Geluidarm installeren" (zie ook §B.1.3.3).

B.2.2.1 Uitvoeringsvormen

Absorptiematerialen zijn in verschillende uitvoeringsvormen in de handel, zie figuur B.2.3.

• Baffles

Baffles zijn een soort cassettes (grootte meestal ca. 100x60x10 cm) die onder het plafond aan draden worden opgehangen. Pluspunten:

- relatief eenvoudig te plaatsen;
- geen kans op condensproblemen;
- gemakkelijk slechts in een beperkt deel van een afdeling aan te brengen;
- vaak gemakkelijk tijdelijk weg te nemen.

B.2 Maatregelen aan de inrichting

Een minpunt van de goedkopere uitvoeringsvormen is met name de mindere duurzaamheid, door de geringe sterkte (i.v.m. beschadiging) en soms door het uitzakken van de baffles op den duur (bij tamelijk lichte persingen van de steen- of glaswol).

• *Verlaagd plafond*

Een verlaagd plafond wordt onder het bestaande plafond opgehangen. Pluspunten:

- hiermee kunnen leidingen en armaturen uit het zicht worden weggewerkt. Dit is met name in kantoor situaties een belangrijk voordeel;
- architectonisch zijn ze vaak goed in te passen;
- de thermische isolatie van het plafond kan duidelijk worden verbeterd.

Een belangrijk aandachtspunt moet zijn of condensproblemen boven het verlaagd plafond kunnen optreden. Dit risico bestaat vooral indien geen goed afsluitende folie aanwezig is, in combinatie met een geringe thermische isolatie van het dak en een slechte ventilatie van de ruimte boven het plafond.

• *Systeemplafond of systeemdak*

Hierbij is het absorptiemateriaal één geheel met het plafond op het dak. Dit is dan ook alleen geschikt voor nieuwe situaties. Pluspunten:

- architectonisch zijn er meestal weinig nadelen en vaak biedt het zelfs architectonische voordelen;
- de thermische isolatie van het plafond kan belangrijk worden verbeterd;
- de duurzaamheid en de bestendigheid tegen beschadigingen is goed;
- de montagekosten zijn gering omdat de montage direct deel uitmaakt van het plaatsen van het dak.

B.2.2.2 Hoeveelheid absorptie in de ruimte

De meest gebruikte beoordelingsmaat voor de hoeveelheid absorptie in een ruimte is de nagalmtijd T , uitgedrukt in seconden. De nagalmtijd is de tijd, die het duurt voordat het geluid van een geluidbron 60 dB in niveau is gedaald, nadat de bron is stilgezet. Deze grootheid kan gemeten worden (met specialistische apparatuur) door te meten hoe lang het duurt voordat een geluidknaal in een ruimte is uitgedoofd. De nagalmtijd is meestal in de orde van grootte van 0,5 tot 3 seconden.

Figuur B.2.4: Globale richtlijnen voor de nagalmtijd van werkruimten

Soort bedrijfsruimte	Nagalmtijd (in seconden)
Grote fabriekshallen en werkplaatsen	1,5 à 2,0
Kleine werkplaatsen	1,0 à 1,5
Grote kantoorlokalen	0,8 à 1,0
Kleine kantoorlokalen	0,5 à 0,8
Kantines	0,8 à 1,0
Vergaderzalen	0,5 à 0,8

In figuur B.2.4 zijn globale richtlijnen weergegeven voor de na te streven nagalmtijd afhankelijk van de werkruimte.

Kanttekeningen

Voor platte industriële hallen is de nagalmtijd een minder goede maat voor de hoeveelheid absorptie in de ruimte. Dan is de geluiduitbreiding in de ruimte een betere maat: de afstand van het geluid met toenemende afstand (zie figuur B.2.1).

B.2 Maatregelen aan de inrichting

B.2.2.3 Plaats van de absorptie

In het algemeen kan het absorptiemateriaal het beste regelmatig verdeeld worden over het plafond van de ruimte. Daarop zijn enige aanvullingen:

- *strook rond oorhoogte.* Voor hogere industriële hallen en voor smalle hallen is het vaak zinvol aanvullend rond oorhoogte tegen de wand een strook absorptiemateriaal aan te brengen, bv. de onderste 3 meter wand. Voor de uitvoering van absorberende wanden op die hoogte moeten speciale eisen worden gesteld ten aanzien van:
 - de stootvastheid.* Afhankelijk van de gebruikssituatie (met name in werkplaatsen) kan het nodig zijn een bijzonder stootvast materiaal toe te passen (bv. gaatjessteen). Een alternatief hiervoor is soms een stootrand, bv. ter hoogte van de bumper van transportwagens;
 - pulkbestendigheid.* Het zou niet de eerste keer zijn dat een vulling van steenwol langzamerhand uit de wand wordt gepulkt. Dit kan een overweging zijn om gaatjessteen toe te passen in plaats van wandsystemen waarbij steenwol makkelijk bereikbaar is;
 - visuele aspecten.* Voor arbeidsplaatsen dichtbij een gaatjeswand met een regelmatig patroon kan de visuele regelmaat hinderlijk zijn. Dit kan aanleiding geven om dan een ander materiaal toe te passen;
 - ophang- en bevestigingsmogelijkheden.* Niet alle materialen zijn geschikt om kasten aan op te hangen, e.d.
- *regelmatige verdeling over het plafond.* Bij sterk overheersende geluidbronnen is het soms zinvol dichtbij de bron meer absorptiemateriaal aan te brengen dan gemiddeld. Dit dient alleen overwogen te worden als vaststaat, dat de inrichting in de toekomst niet meer gewijzigd wordt.

B.2.3 Omkasting van geluidbronnen

Door in een ruimte de voornaamste geluidbron(nen) in een omkasting te plaatsen, zijn belangrijke geluidreducties te behalen. Uitgebreide informatie over omkastingen is te vinden in een ander rapport in deze serie LA-HR-03-01 'Geluidarm installeren'. (zie ook §B.1.3.3). Voor de toepassing van omkastingen zijn de volgende zaken van belang:

- *Is de betreffende geluidbron werkelijk belangrijk?*
Dit bepaalt hoeveel geluidreductie uiteindelijk bereikt kan worden (zie voorbeeld in figuur B.2.5). Essentiële informatie hiervoor is:
 - het totale geluidniveau op de betreffende arbeidsplaats (dus incl. achtergrondgeluid);
 - de bijdrage van de geluidbron (dus excl. achtergrondgeluid).Figuur B.2.6 geeft een indicatie van welk effect te bereiken is met welk type omkasting.

Figuur B.2.5: Het relatieve belang van de geluidbron bepaalt hoeveel effect een omkasting maximaal kan hebben

<i>situatie A:</i>	totaalniveau 86 dB(A) bijdrage van de machine 85,5 dB(A) na omkasting: reductie 7 dB(A)
<i>situatie B:</i>	totaalniveau 79 dB(A) bijdrage van de machine 75,5 dB(A) na omkasting: reductie 0,5 dB(A)

N.B. De te bereiken geluidreductie verschilt meestal sterk van arbeidsplaats tot arbeidsplaats: dichtbij de bron is het te verwachten effect groter dan verderaf.

- *Hoeveel moet de bijdrage van de geluidbron worden gereduceerd?*
Dit hangt af van:
 - hoeveel reductie van het totale niveau (dus incl. stoorgeluid) is

B.2 Maatregelen aan de inrichting

geëist/gewenst om te voldoen aan een streefwaarde of norm;
—hoeveel reductie van het brongeluid (dus excl. stoorgeluid) is nog zinvol om het totale niveau nog te reduceren, dus hoeveel reductie van het brongeluid is zinvol voordat het stoorgeluid gaat overheersen.

Voorbeeld:

uitgangssituatie brongeluid : 85 dB(A)
totaalgeluid : 85,5 dB(A) (dus incl. stoorgeluid)
reductie van brongeluid met 10 dB(A): totaal geluid 78,5 dB(A)
reductie van brongeluid met 15 dB(A): totaal geluid 76,9 dB(A)
reductie van brongeluid met 20 dB(A): totaal geluid 76,2 dB(A)

In dit voorbeeld geeft een extra geluidreductie van het brongeluid van 15 naar 20 dB(A) slechts 0,2 dB(A) extra geluidreductie van het totaal geluid (incl. stoorgeluid). Deze geringe reductie is over het algemeen gezien de extra kosten niet zinvol. Een reductie van het brongeluid met 15 dB(A) is wel zinvol indien de kosten niet aanzienlijk veel hoger zijn dan voor 10 dB(A) reductie.

Figuur B.2.6: Enige kenmerken van verschillende typen omkastingen

Omkastingsconstructie	massa omkastingswand in kg/m^2 *)	afdichting en toelaatbare grootte van openingen □	vereiste trillingsisolatie Δ	geluid-niveau-vermindering in dB(A) ○
geluidisolerende matten (bijv. rubber)	5 tot 6	geen bijzondere afdichtingen noodzakelijk, totaal opp. openingen <10%	geen	3 tot 10
niet geluidabsorberend beklede enkelschalige omkasting	5 tot 15	totaal opp. □ openingen <5%	afhankelijk van het geval geen of een enkelvoudige trillingvrije opstelling	5 tot 15
geluidabsorberend beklede enkelschalige omkasting	5 tot 15	afdichting volgens figuur B.2.8 of totaal opp. □ openingen <0,3%	enkelvoudige trillingvrije opstelling van de bron of een elastische dilatatie bij opstelling op een in zand liggende vloer, opstelling en bevestiging van de omkapping zie bij afdichting	7 tot 25
geluidabsorberend beklede enkelschalige omkasting	20 tot 25	afdichting volgens figuur B.2.8 of totaal opp. □ openingen <0,1%	idem eventueel ontdreund	10 tot 30
geluidabsorberend beklede dubbelschalige omkasting of zwaar enkelschalig kapsel (ommuurd)	5 tot 10 per schaal ca. 100	afdichting volgens figuur B.2.8 of totaal opp. □ openingen <0,01%	dubbelverende trillingvrije opstelling of enkelvoudige verende opstelling met fundament dilatatie, opstelling en bevestiging van de omkasting zie bij afdichting	20 tot 40
Geluidabsorberend beklede dubbelschalige omkasting, of zwaar enkelschalig kapsel (ommuurd)	10 tot 15 per schaal ca. 100	doorvoeringen en gedeelde opbouw mogelijk verwijderen, afdichtingen volgens figuur B.2.8	idem	30 tot 50

*) zonder draagconstructie

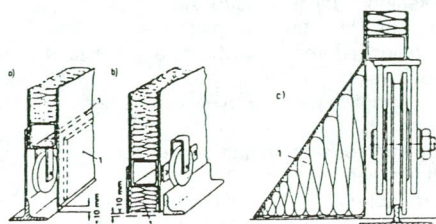
□ zonder de openingen die van geluiddempers zijn voorzien

△ maatregelen voor het isoleren van constructiegeluid kunnen achterwege blijven als het uitsluitend om stromingsgeluid gaat

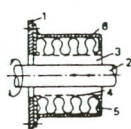
○ voor lager frequent geluid lager dan voor hoger frequent geluid.

B.2 Maatregelen aan de inrichting

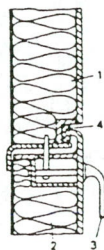
Figuur B.2.7: Voorbeelden van goede aansluitdetails bij omkastingen



1. geluidabsorptiemateriaal



1. wandomkasting
2. doorgevoerde as of bedienings-
hefboom
3. luchtspleet
4. afdekking met bijv. geperforeerde
plaat
5. geluidabsorberend materiaal (vaak
het normaal in de handel zijnd
materiaal voor leidingisolatie)
6. huls



1. wandomkasting
2. klep
3. snelsluitkruk
4. rondlopende afdichting

• Wordt voldoende aandacht besteed aan gaten en kieren?

Gaten en kieren zijn meestal de voornaamste beperkingen voor het effect van een omkasting. De panelen zelf kunnen het geluid nog zo goed isoleren, maar als er veel kieren en gaten zijn blijft de uiteindelijke geluidreductie zeer beperkt.

Globaal geldt:

als kieroppervlak = 10% buitenoppervlak: reductie max. 10 dB(A)

als kieroppervlak = 1% buitenoppervlak: reductie max. 20 dB(A)

In figuur B.2.7 zijn voorbeelden gegeven van goede aansluitdetails om de invloed van gaten en kieren zoveel mogelijk te beperken.

• Isoleert de omkasting voldoende?

Als duidelijk is hoeveel isolatie (c.q. geluidreductie) vereist is (zie boven) is vervolgens van belang welke opbouw van de omkasting dan vereist is; zie ook figuur B.2.6.

Beoordeling omkasting

Als de omkasting door een leverancier wordt aangeboden dient hij de geluidsisolatie te formuleren als een zgn. tussenvoegdemping: d.w.z. het gemeten verschil in geluidniveau op een bepaalde plaats voor en na plaatsing van de omkasting.

Informatie alleen over de isolatie van het paneel is onvoldoende omdat m.n. kieren en gaten vaak bepalend zijn voor de isolatie.

Essentiële elementen van geluidsisolatie

—De geluidbron moet in principe niet star gekoppeld zijn aan wanden of vloer.

Zo kan een kleine pomp in een betonnen gebouw nog op 60 meter afstand te horen zijn, ondanks verschillende scheidingswanden.

—Bij laagfrequent geluid is een eerste vereiste dat de wand voldoende massa heeft.

Lichte (kunststof)panelen isoleren laagfrequent bijzonder slecht.

—Dubbelwandige constructies (bijv. spouwmuuren) isoleren voor midden- en hoogfrequent geluid aanzienlijk beter dan even zware enkelwandige panelen.

★ Kanttekeningen:

—de wanden moeten los van elkaar blijven, en de spouw moet zo breed mogelijk zijn.

Dus niet beide panelen star aan hetzelfde regelwerk verbinden of bij spouwmuur veel klampen toepassen.

—in de spouw kan het beste een steen- of glaswoldeken worden gebracht.

B.2.4 Schermen

Schermen zijn in principe zinvol als hiermee een belangrijke geluidbron voor een of meer arbeidsplaatsen wordt afgeschermd. Vaak zijn allerlei gebruiksaspecten echter een belangrijke beperking voor het gebruik; zie §B.1.3.14. Meer informatie over de uitvoering en het effect van schermen is te vinden in een ander rapport in deze serie: LA-HR-03-01 "Geluidarm installeren".

B.2 Maatregelen aan de inrichting

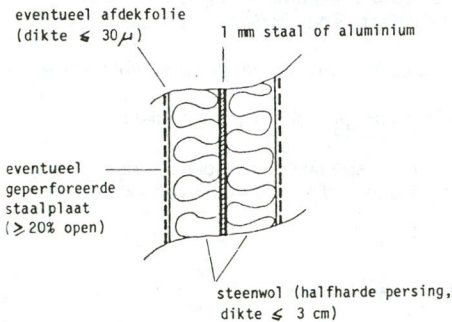
Figuur B.2.8: Indicatie van het effect van schermen

afstand bron-ontvanger halhoogte schermhoogte halhoogte	<0,3	0,3-1	1-3
<0,3	7	4	
0,3-0,5	10	7	4
>0,5		9	6

Toelichting:

Aangegeven is de aanvullende geluidreductie ten gevolge van het scherm in dB(A) in ingerichte fabriekshallen zonder absorberend plafond. De spreiding rond de opgegeven waarde is 1,5 tot 2 dB(A).
Voorbeeld: afstand bron - ontvanger: 10 meter,
halhoogte: 5 meter, schermhoogte: 3 meter;
de reductie bedraagt dan ca. 6 dB.

Figuur B.2.9: Geschikte wandopbouw van schermen



• **Effect:**

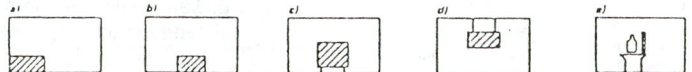
In figuur B.2.8 is aangegeven welke geluidreductie met schermen globaal te bereiken is. Kanttekeningen bij deze figuur zijn:
—een absorberend plafond vergroot het effect van schermen;
—het scherm dient tenminste de geluidbron ruimschoots aan het zicht te onttrekken, anders heeft het scherm geen zin;
—hoe meer het scherm door de zichtlijn geluidbron — waarnemer steekt, des te groter is het effect;
—een absorberende bekleding van het scherm aan de kant van de geluidbron vergroot het effect van een scherm;
—gaten en kieren in het scherm beperken het effect al snel;
—bij laagfrequent geluid is het effect aanzienlijk geringer dan in figuur B.2.8. aangegeven.

• **Opbouw en uitvoering:**

In figuur B.2.9 worden enige mogelijkheden gegeven voor de wandopbouw van een scherm en in figuur B.2.10 mogelijkheden om schermen zo goed mogelijk te integreren in de inrichting.

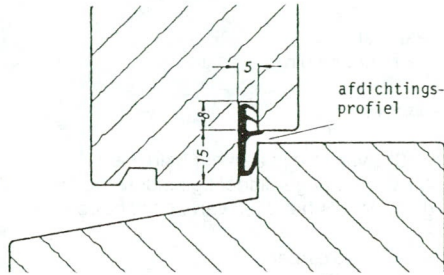
De meeste vooroordelen en problemen met schermen ontstaan doordat ze in de weg staan; b.v. de route doorbreken, de bewegingsvrijheid beperken. Dit kan vaak goed worden voorkomen door de schermen te combineren met opslagruimte, te bevestigen aan de achterzijde van werktafels, e.d. (zie figuur B.2.10).

Figuur B.2.10: Enige voorbeelden om schermen zo goed mogelijk te integreren in de inrichting



- aansluiting met twee ruimtebegrenzingsvlakken (bijv. in combinatie met opslag)
- opstelling zonder afsluiting tegen een wand (bijv. in combinatie met opslag)
- mobiel scherm op voet
- aan plafond opgehangen scherm (bij hoogliggende bronnen)
- aan machine bevestigd scherm

Figuur B.2.11: Voorbeeld van een aansluitdetail van deuren



Figuur B.2.12: Enige mogelijke opbouwen van een tussenwand, of de wanden van een verblijfscabine

wandtype	geluidisolatie	kanttekening
licht, enkel (bijv. 10 mm triplex)	10 dB (laag frequent) tot 15 dB	- toelaatbaar kieroppervlak 1%
licht, dubbel paneel (bijv. 2x10 mm spaanplaat met steen- of glaswol in spouw)	15 dB (laag frequent) tot 25 dB	- beter dubbel glas toepassen - toelaatbaar kieroppervlak 0,1% - panelen moeten zoveel mogelijk los van elkaar zijn
zware, enkele wand (bijv. 1/2 steens wand)	met dubbel glas (max. 25% van oppervlak) ca. 25 dB zonder glas 30 dB (laagfrequent geluid) tot 35 dB	- dubbel glas toepassen - glas en deuren zijn zwakke delen - bij poreuze steensoorten stucwerk vereist - toelaatbaar kieroppervlak 0,01%
zware, dubbele wand (bijv. 2x1/2 steens wand met steen- of glaswol in spouw)	met dubbel glas (max. 25% van oppervlak) ca. 35 dB zonder glas 45 dB tot 50 dB	- in ieder geval dubbel glas vereist met grote spouw (≥ 6 cm) - toelaatbaar kieroppervlak 0,001% - de wanden zoveel mogelijk los van elkaar

B.2.5 Isolatie naar buiten

• Wanneer van belang?

Typerende situaties waarin de geluidisolatie naar buiten de afdeling van belang is, zijn:

- stille werkruimten (bv. kantoren) direct naast een lawaaige afdeling;
- woningen direct naast een lawaaige bedrijfshal;
- hinderweteisen die het geluid van een bedrijfshal sterk beperken;
- trillingen veroorzakende machines star gekoppeld aan het gebouw (dus niet goed afgeveerd).

• Speciale aandachtspunten:

Voor een goede geluidisolatie naar buiten zijn met name de volgende zaken van belang. Het zijn drie elementen, die stuk voor stuk moeten voldoen (zie ook § B.2.3 "Essentiële elementen van geluidisolatie"):

- geen sterk trillende machines op een lichte fundering plaatsen; dit is vooral van belang voor andere ruimten binnen hetzelfde gebouw. Zonodig moet men de machine trillinggeïsoleerd opstellen, en anders in ieder geval een dilatatievoeg tussen vloer en scheidingswand aanbrengen of de machine op trillingdempers plaatsen.
- Als dit niet goed geregeld is, kan een ogenschijnlijk onschuldige geluidbron toch grote problemen geven: bv. een kleine pomp in het ketelhuis van een betonnen kantoorgebouw kan dan op grote afstand nog hinderlijk hoorbaar zijn; of een niet goed opgelegde kraanbaan kan in andere ruimten hinderlijk zijn.
- geen zwakke delen in de scheidingswand. Vooral aan de kieren bij de deuren en de leidingdoorvoeren moet bijzonder aandacht worden besteed. Voor de leidingdoorvoeren wordt verwezen naar figuur B.2.7, voor de deuren naar figuur B.2.11. Maar ook delen met een aanzienlijk slechtere geluidisolatie dan de rest van de wand (bv. enkel glas in een spouwmuurconstructie) kan de geluidisolatie van de gehele constructie sterk nadelig beïnvloeden;
- de geluidisolatie van de tussenwand. In figuur B.2.12 staan enige veel voorkomende constructies weergegeven met bijbehorende geluidsisolerende eigenschappen.

B.3. Maatregelen bij de mens

B.3.1 Taakpakket en werkorganisatie

De hier besproken mogelijkheden hebben een van de volgende effecten:

- mensen korter blootstellen aan het geluid
- minder mensen blootstellen aan het geluid

- *Wijziging van de werkorganisatie:*

- controlekamers:*

Als men voortaan nog slechts 10% van de tijd aan het geluid is blootgesteld, blijkt uit figuur B.3.1, dat het gemiddeld geluidniveau over de werkdag met 10 dB(A) is gedaald, als het 25% van de tijd betreft is deze reductie 6 dB(A).

- stillere werkzaamheden naar stillere ruimten*

Hierdoor daalt het achtergrondniveau. Dit heeft geen effect voor mensen die zelf lawaaiig werk uitvoeren, alleen voor hen die stil werk uitvoeren.

- lawaaige werkzaamheden naar een beperkt dagdeel:*

Dit heeft alleen effect voor de rustiger werkzaamheden in de rustiger dagdelen.

- *Verblifscabines:*

In figuur B.2.12. zijn enige mogelijkheden voor de wandopbouw weergegeven, met de bijbehorende geluidreductie. Voor verblifscabines gelden globaal dezelfde aandachtspunten als voor omkastingen (zie §B.2.3), met name afdoende ventilatie. Als luchtaan- of afvoerrooster uitmonden in een lawaaiige ruimte is meestal een geluiddemper op het rooster vereist.

B.3.2 Gehoorbeschermingsmiddelen

Er is een groot aantal gehoorbeschermingsmiddelen in de handel (zie figuur A.3.4), elk met zijn eigen voor- en nadelen (zie figuur B.3.2). Bij de selectie van gehoorbeschermingsmiddelen dienen de volgende aspecten een rol te spelen:

- *vereiste geluidreductie:*

Enerzijds moet de geluidreductie genoeg zijn om voldoende tegen gehoorbeschadiging te beschermen, anderzijds moet deze ook niet te groot zijn, met name om het verstaan van anderen en het waarnemen van veiligheidssignalen niet te sterk te belemmeren. Daarom kan het resterend gemiddeld geluidniveau bij het dragen van gehoordoppen e.d. het beste tussen 70 en 80 dB(A) zijn. Als de benodigde reductie voor verschillende arbeidsplaatsen voor verschillende werkzaamheden sterk uiteen loopt, zijn meerdere types naast elkaar nodig.

- *productgegevens geluidreductie:*

De door de leverancier opgegeven geluidreductie blijkt in de praktijk meestal niet haalbaar. Veiligheidshalve kan men daarom beter uitgaan van de opgegeven reductie minus twee maal de opgegeven spreiding. Bij onzorgvuldig gebruik en het dragen van een bril onder een kap kan de reductie zelfs teruglopen tot praktisch nihil. De geluidreductie van gehoorapparaten is door de bank genomen beter dan van doppen en rolletjes. Als een brildrager echter een gehoorapparaat draagt, kan de geluidreductie van de kap zo sterk verslechteren, dat doppen e.d. duidelijk betere bescherming bieden.

Figuur B.3.1: De effectieve geluidreductie voor het gemiddeld geluidniveau over de werkdag, als de verblijfstijd in het lawaai beperkt wordt

Verblijfstijd (in % van oorspronkelijk)	Effectieve geluidreductie (in dB(A))
80 %	1
60 %	2
40 %	4
25 %	9
10 %	10
5 %	13
1 %	20

B.3 Maatregelen bij de mens

Figuur B.3.2: Enige algemene kenmerken van de verschillende typen gehoorbeschermingsmiddelen

Beoordelingsaspect	type gehoorbeschermer		
	dopjes	rolletjes	kappen
effectieve geluidreductie in dB(A)	0 tot 15 dB(A), ****	0 tot 15 dB(A) ****	10 tot 25 dB(A) ****
geschikt voor bril dragers combinatie met lashelm aanduwkracht hygiëne: eenmalig gebruik meermalig gebruik transpireren	goed goed goed matig slecht goed	goed goed goed matig slecht goed	matig* afh.v.type** matig tot slecht*** goed goed slecht
kosten per stuk: —eenmalig gebruik —meermalig gebruik —prijs per draagdag	f 0,25 tot f 0,75 f 2,— f 0,20 tot f 1,—	f 0,25 tot f 0,75 f 2,— f 0,20 tot f 1,—	n.v.t. f 20,— tot f 40,— f 0,15 tot f 0,25

- * = geluidreductie wordt aanzienlijk slechter
- ** = soms te weinig ruimte voor de kap
- *** = afhankelijk van de veerkracht van de dop
- **** = bij onzorgvuldig gebruik daalt de effectieve geluidreductie zeer sterk: bij doppen en rolletjes kan die dan zelfs nihil zijn. Bij laagfrequent geluid is de bescherming meestal het slechtste.

In het algemeen is het gunstig om gehoorbeschermingsmiddelen toe te passen waarvan de spreiding van de geluidreductie — zoals opgegeven door de leverancier — gering is. Dan is het risico van of te veel of te weinig geluidreductie beter in de hand te houden.

• **gebruiksfrequentie:**

Als de gehoorbeschermingsmiddelen geregeld op- en afgezet moeten worden (bv. een onderhoudsmonteur, of werk in een lawaaige ruimte vanuit een controlekamer) verdienen gehoorkappen de voorkeur. Deze zijn veel sneller goed te plaatsen.

• **draagcomfort en gebruiksgemak:**

Of een bepaald type gehoorbeschermingsmiddelen al dan niet hinderlijk is bij het dragen of lastig om te gebruiken verschilt sterk van mens tot mens, van situatie tot situatie en van type tot type: zo is bij gehoorkappen een veel gehoorde klacht zweetvorming onder de kap, vooral in warmere werksituaties. Bij doppen en rolletjes klaagt men vaak over irritatie in de gehoorgang. Dit is een reden om een groot aantal typen uit te proberen en zonodig geval meerdere typen naast elkaar ter beschikking te stellen. Als een slecht draagcomfort of gebruiksgemak er namelijk toe leidt dat men de gehoorbeschermingsdelen slechts een beperkt deel van de dag gebruikt, neemt de bescherming tegen geluid aanzienlijk af: zie figuur B.3.3.

Figuur B.3.3: Maximaal te bereiken geluidreductie met gehoorbeschermingsmiddelen, als ze slechts een deel van de dag worden gebruikt

Deel van de dag dat ze niet worden gebruikt (in %)	Maximale bereikbare geluidreductie in dB(A)
5%	13
10%	10
25%	6
50%	3

B.4. Meten van geluid

B.4.1 Algemene aspecten

B.4.1.1 Apparatuur

Bij de selectie van geschikte meetapparatuur spelen de volgende criteria een rol:

- *klasse:*

Voor het meten van impulsachtig geluid (bv. het richten met hamers) en zeer hoogfrequent geluid (bv. ontsnappende perslucht) moeten aan de meetapparatuur bijzondere eisen worden gesteld. Een vereiste hiervoor is, dat de apparatuur voldoet aan IEC-ontwerpnorm 651, klasse I, ofwel dat het een zgn. "klasse I apparatuur" betreft. De meest geavanceerde geluidniveaumeters voldoen hieraan, de meest dosismeters niet.

- *andere criteria*

Afhankelijk van het uiteindelijk gebruik zijn vooral de volgende selectiecriteria van belang:

- *explosieveilgheid:*

In vele procesachtige bedrijfsruimten waar gassen of veel stof in de lucht voorkomen en is een vereiste, dat de meetapparatuur explosieveilig is. De meeste instrumenten zijn dit niet, sommige zijn wel tegen hoge meerkosten in een explosieveilige uitvoering te koop;

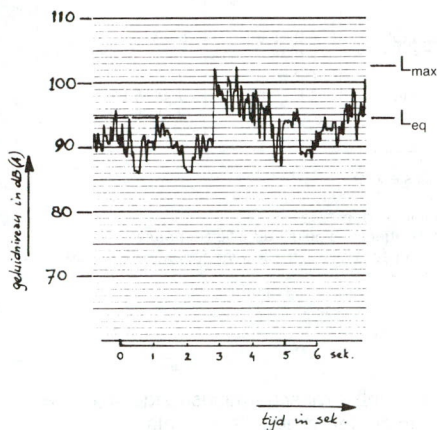
- *bestendigheid tegen vocht:*

Vooral apparatuur met een zgn. condensormicrofoon is slecht bestand tegen vocht.

- *L_{eq} -stand, L_{max} -stand, e.d.:*

Alleen de meer geavanceerde geluidniveaumeters hebben meerdere standen om bv. het gemiddelde (L_{eq}) en het maximale (L_{max}) geluidniveau af te lezen (zie figuur B.4.1). Dosismeters hebben over het algemeen veel minder afleesstanden: wel voor het gemiddeld niveau, vaak niet voor het maximale of het momentane niveau.

Figuur B.4.1: Voorbeeld van het verloop van het geluidniveau als functie van de tijd, met bijbehorende geluidtechnische termen



B.4.1.2 Gemiddelde geluidniveaus meten

Hier zal kort worden ingegaan op de mogelijkheden om het gemiddelde geluidniveau te meten:

Om het gemiddelde geluidniveau te kunnen meten moet het meetinstrument beschikken over een integrator, ofwel een zgn. L_{eq} -stand. Als de meter hier niet over beschikt moet het geluid worden opgenomen met een bandrecorder en moet na afloop met speciale apparatuur het gemiddelde niveau worden bepaald. Eventueel kan dan een raming van het gemiddeld geluidniveau worden gemaakt door een indicatieve meting (zie kanttekening 3).

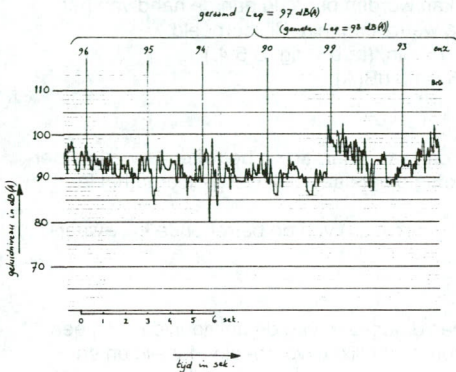
- ★ *Kanttekingen:*

1. *Continu geluid*

Voor continu geluid is het gemiddeld geluidniveau praktisch gelijk aan het momentane geluidniveau. Een speciale L_{eq} -stand is dan niet nodig. Om de afleesnauwkeurigheid te vergroten moet de meter dan afgelezen worden in de stand "slow". In de praktijk kan het gemiddelde geluidniveau met de hand worden afgelezen als de fluctuaties niet groter zijn dan 5 dB(A). Bij enigszins regelmatige fluctuaties tot 10 dB(A) kan men het gemiddelde afschatten door $\frac{2}{3}$ van de fluctuatie te nemen boven de laagste waarde.

B.4 Meten van geluid

Figuur B.4.2: Voorbeeld van een indicatieve raming van het gemiddeld geluidniveau



Kanttekeningen:

- * in de meterstand slow is de raming nauwkeuriger dan in de meterstand 'F'
- * hoe meer afgelezen waarden, des te groter is de nauwkeurigheid; hoe sterker fluctuerend geluid, des te meer afgelezen waarden vereist.

Figuur B.4.3: Voornaamste gebruiksaspecten van de grootheden uit het meet- en rekenvoorschrift voor lawaai op de arbeidsplaats

Grootheid	Gebruik
L_{Aeqw}	—primaire grootheid waarop de situatie beoordeeld wordt, o.a. voor het beschikbaar stellen en eventueel verplicht dragen van gehoorbeschermingsmiddelen
$L_{EX,t}$	—beroep op redelijkerwijs-clausule —beoordeling van de prioriteit van maatregelen —beoordeling noodzaak van audiometrie
$L_{EX,T}$	—beoordeling van het effect van maatregelen

2. Dosimeters

Geluidsdosimeters bepalen uit zichzelf al het gemiddeld niveau.

3. Indicatieve meting

Om bij fluctuerend geluid een indicatie te krijgen van het gemiddeld geluidniveau (zonder een integrerende geluidmeter) kan men als volgt te werk gaan:

- Plaats de meter (zo mogelijk) in de stand "slow".
- Leg de hand op de uitlezing.
- Haal geregeld de hand weg en noteer het niveau, dat op dat moment afgelezen wordt (dus de eerste indruk, niet wachten tot de aflezing weer verandert).
- Herhaal dit een groot aantal keren (tenminste 20 keer) — hand erop, aflezen, hand erop, etc. (zie figuur B.4.2).
- Bereken na afloop het gemiddelde geluidniveau van de grote serie afgelezen waarden met behulp van §B.5.3.

B.4.1.3 Maximale geluidniveau meten

Het maximale geluidniveau is per definitie de maximaal afgelezen waarde op het meetinstrument in de meterstand "F" (fast).

* Kanttekeningen:

—In andere meterstanden wordt vaak een verschillende meetwaarde afgelezen. Daarom is het erg belangrijk dat de meter in de stand "F" wordt afgelezen. Geluidsdosimeters zijn meestal ongeschikt om het maximale geluidniveau te bepalen. Vaak geven ze alleen aan of de geluidspiek een bepaalde waarde overschreden heeft (bv. 115 dB(A)), zonder precies niveau.

B.4.2 Meet- en rekenvoorschrift voor lawaai op de arbeidsplaats

B.4.2.1 Grootheden

L_{Aeqw} :

Om op een eenduidige wijze de geluidssituatie op de arbeidsplaats vast te leggen heeft de overheid een meet- en rekenvoorschrift voor lawaai op de arbeidsplaats uitgegeven (rapport LA-HR-07-01). Deze methode maakt het mogelijk om op een systematische wijze de geluidssituatie in een bedrijf in kaart te brengen. In het kort zal hier de terminologie, die bij deze methode gebruikt wordt, worden toegelicht (zie figuur B.4.3):

het gemiddelde geluidniveau gedurende een werkzaamheid. Hierbij wordt onder een werkzaamheid verstaan:

- het uitvoeren van een reeks samenhangende handelingen
- het bedienen van een machine tijdens een bewerking
- het werken in een bepaalde omgeving

De duur van een werkzaamheid moet minstens 10 minuten bedragen. Het zal duidelijk zijn, dat de definitie niet volledig strikt is en dat ter plaatse steeds een goed hanteerbare opsplitsing in werkzaamheden moet plaatsvinden.

$L_{EX,t}$:

de bijdrage van een werkzaamheid aan het gemiddelde geluidniveau over de werkdag. Het $L_{EX,t}$ kan worden bepaald aan de hand van het L_{Aeqw} en de tijdsduur van de werkzaamheid. Bijvoorbeeld:
 $L_{Aeqw} = 80 \text{ dB(A)}$, tijdsduur 15 min. (m.b.v. fig. B.5.4.)
 $L_{EX,t} = L_{Aeqw} - K_1 = 80 - 15 = 65 \text{ dB(A)}$

$-L_{EX,T}$:

het totale gemiddelde geluidniveau waaraan de betreffende werknemer gedurende de 8-urige werkdag blootstaat (ook wel genoemd het lawaai-expositieniveau).
Het $L_{EX,T}$ is de sommatie (logaritmisch) van de betreffende $L_{EX,t}$ -waarden.

Voorbeeld:

In figuur B.4.4 is een voorbeeld gegeven van de geluidniveaus bij een bepaalde functie. Uit dit voorbeeld blijkt bijvoorbeeld, dat slijpen en richten de grootste bijdrage leveren aan het gemiddelde geluidniveau over de gehele dag ($L_{EX,T}$): ze hebben de hoogste $L_{EX,t}$ -waarden.

Figuur B.4.4: Voorbeeld van de geluidniveaus bij een bepaalde functie

werkzaamheid	tijdsduur (in uren)	L_{Aeqw} (in dB(A))	$L_{EX,t}(1)$ (in dB(A))
lassen	1	84	75
slijpen	2	89	83
richten	1	91	82
rest	4	72	69
$\Sigma = 8$		$L_{EX,T}(2)$	$= 86$

- (1) $L_{EX,t}$ volgt uit L_{Aeqw} en de tijdsduur met behulp van figuur B.5.4, bv. 1 uur lassen: $L_{EX,t}$ is 6 dB(A) lager dan L_{Aeqw}
(2) $L_{EX,T}$ is de sommatie van de $L_{EX,t}$ -waarden (logaritmisch) met behulp van §B.5.2

B.4.2.2 Beoordeling

• Globaal onderzoek

Het doel van een globale beoordeling is om vast te stellen of al dan niet gemiddelde geluidniveaus boven 80 dB(A) voorkomen. Per ruimte wordt dan bij de lawaaiigste werkzaamheid het L_{Aeqw} bepaald: is dit beneden 80 dB(A), dan is duidelijk, dat er geen kans op gehoorschade in die ruimte bestaat. Als dit boven 80 dB(A) is, moet een uitgebreid onderzoek uitgevoerd worden.

• Uitgebreid onderzoek

Als uit een globaal onderzoek blijkt, dat in een afdeling tenminste bij één werkzaamheid een gemiddeld geluidniveau boven 80 dB(A) optreedt, is een uitgebreid onderzoek vereist. De uitvoering van een dergelijk onderzoek dient in principe overgelaten te worden aan geluidtechnisch geschoolde mensen. Hier wordt daarom alleen ingegaan op zaken die voor de interpretatie van de resultaten van belang zijn. Zo'n analyse bestaat uit de volgende stappen:
—werkzaamheden analyse: welke werkzaamheden verricht iemand op een dag en hoe lang duurt elk van deze werkzaamheden (gemiddeld over een jaar);
—bepaling geluidniveau per werkzaamheden (L_{Aeqw}): per werkzaamheid wordt het gemiddeld geluidniveau tijdens dat werk bepaald;
—bepaling gemiddeld geluidniveau over de werkdag; dit wordt berekend uit de voorgaande gegevens (zie figuur B.4.4).

Aan een dergelijk overzicht kunnen de volgende gegevens worden ontleend:

L_{Aeqw} :

—Bij werkzaamheden met L_{Aeqw} -waarden boven 90 dB(A) moeten gehoorbeschermingsmiddelen worden gedragen, bij L_{Aeqw} -waarden boven 80 dB(A) moeten ze ter beschikking staan; dit moet bij de

B.4 Meten van geluid

betreffende arbeidsplaatsen duidelijk aangegeven zijn en via goede voorlichting aan de werknemers duidelijk zijn gemaakt.

—Werkzaamheden met een L_{Aeqw} -waarden boven 85 dB(A) moeten in principe aangepakt worden zodat het niveau tot beneden 85 dB(A) daalt (zie §A.4.1.2). Als de werkzaamheden echter maar kort duren en dientengevolge het gemiddelde niveau over de hele werkdag (de $L_{EX,T}$ -waarde) beneden de 85 dB (A) blijft, kan voor dure of anderszins moeilijke maatregelen een beroep worden gedaan op de redelijkerwijze clause om af te zien van die maatregelen (zie §A.4.2.).

$L_{EX,i}$:

—Werkzaamheden met de grootste $L_{EX,i}$ -waarde zijn het meest bepalend voor het $L_{EX,T}$ (dus voor de werkelijke geluidblootstelling). In het algemeen is het daarom het meest efficiënt bij lawaai bestrijding die werkzaamheden het eerst aan te pakken.

$L_{EX,T}$:

1. Bij $L_{EX,T}$ -waarden boven 80 dB(A) loopt men kans op den duur gehoorschade op te lopen.
2. Het effect van maatregelen moet uiteindelijk steeds vertaald worden in het effect op de $L_{EX,T}$ -waarde.

Om zinnig te kunnen praten over mogelijk te treffen geluidwerende maatregelen en hun effect moet een overzicht voorhanden zijn als de kolom met $L_{EX,i}$ -waarden in figuur B.4.4: deze tabel geeft het relatieve belang aan van de verschillende werkzaamheden voor het gemiddeld geluidniveau over de werkdag.

B.4.2.3 Uitvoering van de metingen

Om op een verantwoorde wijze geluidmetingen op de arbeidsplaats uit te voeren voor een beoordeling van de kans op gehoorschade zijn de volgende zaken van belang:

- *keuze van het meetinstrument:*

In principe zijn zowel geluidniveaumeters als geavanceerde geluidsdosimeters geschikt voor de in de vorige paragraaf beschreven metingen (zie ook §B.4.1), met de volgende kanttekening:

—voor sterk hoogfrequent of sterk impulsachtig geluid (bv. slijpen, snijbranden, hamerslagen op metaal) moet het instrument voldoen aan de specificaties van klasse I, zie §B.4.1.1;

—dosimeters mogen alleen worden gebruikt indien de meting continu bewaakt wordt, om te voorkomen dat de meting beïnvloed wordt door ongewenste effecten.

- *plaats van de microfoon:*

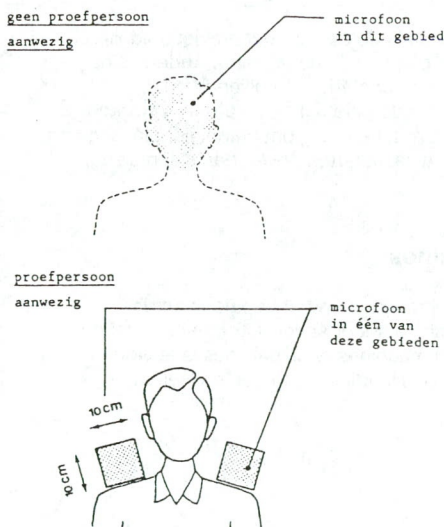
De microfoon dient in principe zo dicht mogelijk bij het oor te worden gehouden (zie figuur B.4.5):

—door de microfoon op de schouder van de proefpersoon te bevestigen;

—of het meetinstrument inclusief microfoon wordt door de uitvoerder van de meting vastgehouden bij het oor;

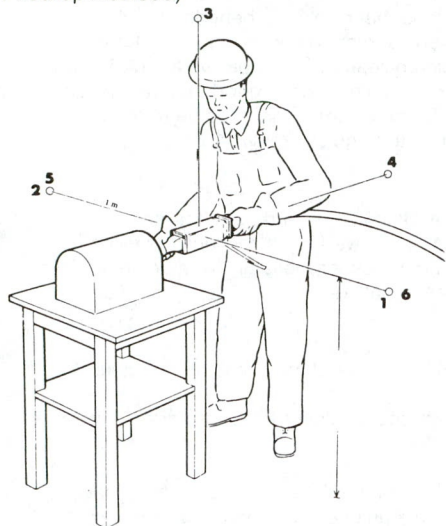
—of het meetinstrument inclusief microfoon wordt op een statief geplaatst.

Figuur B.4.5: Plaats van de microfoon voor meting van de geluidniveaus op de arbeidsplaats

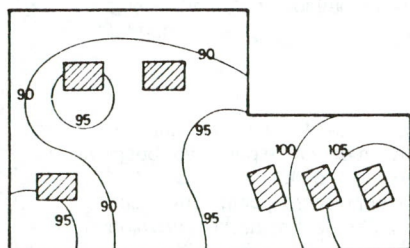


B.4 Meten van geluid

Figuur B.4.6: Voorbeeld van een eenduidige formulering van de meetplaats (hier bij Pneurop methode)



Figuur B.4.8: Voorbeeld van een lawaaikaart. Hierbij zijn de plaatsen met een zelfde geluidniveau met elkaar verbonden door lijnen



De plaats van de microfoon komt erg kritisch als de geluidbron dichtbij is, dus bv. als het eigen gereedschap de voornaamste geluidbron is. Als de geluidbron op grotere afstand is (tenminste enige meters) wordt de plaats van de microfoon minder kritisch.

- **meetduur:**

Het belangrijkste voor de meetduur is, dat men in principe zo lang moet meten, dat men er behoorlijk zeker van kan zijn, dat het afgelezen gemiddeld geluidniveau niet anders zou zijn als men langer zou meten. Bij een continu geluidniveau (bv. bij een electromotor) kan met een korte meetduur worden volstaan (minimaal een minuut). Bij wisselende geluidniveaus (bv. in werkplaatsen) zijn langere meetperiodes vereist: —als er een werkcyclus te herkennen is, enige cycli: —als er geen werkcyclus te herkennen is, tenminste 10 minuten.

- **alle relevante geluidbronnen meten.**

Een veel gemaakte fout is dat men een of meer geluidbronnen bij het meten over het hoofd ziet en daarmee een te laag gemiddeld geluidniveau vaststelt (bijvoorbeeld bij montagewerk, het met de hamer plaatsen van slecht passende onderdelen). Met dosimeters loopt men dit risico niet.

B.4.2.4 Lawaaikaarten

Soms worden de resultaten van een geluidtechnisch onderzoek weergegeven in de vorm van een zgn. lawaaikaart. Hierbij is in de plattegrond van de afdeling weergegeven hoe hoog het gemiddeld geluidniveau op de verschillende plaatsen is. Een veel gehanteerde vorm is weergegeven in figuur B.4.8. De lijnen zijn zogenaamde contouren, die plaatsen met een zelfde geluidniveau met elkaar verbinden.

Kanttekeningen:

—lawaaikaarten zijn niet zinvol als de geluidbronnen niet duidelijk gekoppeld zijn aan bepaalde plaatsen in de afdeling. Anders is de lawaaikaart per dag of zelfs per uur sterk verschillend; —als werknemers op verschillende plaatsen in de afdeling werken, is aanvullend rekenwerk (en informatie) nodig om de geluidbelasting van de werknemers te bepalen. Lawaaikaarten geven dan slechts zeer beperkte informatie.

B.4.3 Meten van machines

In deze paragraaf wordt kort ingegaan op het bepalen van de geluidproductie van een machine. Meer specialistische informatie over het meten van het geluid van machines en installaties is te vinden in de overheidsuitgave IL-HR-13-01 "Handleiding Meten en Rekenen Industrielawaai".

B.4 Meten van geluid

Figuur B.4.7: Overzicht van enige algemene meetmethodes voor het meten van het geluid van machines

norm	omschrijving
DIN 45.635	norm voor het meten van de geluidproductie van machines, zowel binnen als buiten bedrijfsruimte. Per type geluidbron een apart deel.
ISO 2151/1972	meetmethode voor het geluid van elektrische machines
ISO/DIS 3989/1	meetmethode voor de bepaling van geluidniveau rondom compressoren (alleen buiten), op 1 en op 7 meter afstand bij belast en onbelast draaien
ISO/DIS 3989/II	meetmethode voor de bepaling van geluidniveau rondom compressoren (dichtbij), zowel bij belast als bij onbelast draaien, zowel buiten als in speciale ruimten.
PNEUROP-1969	voorschrift voor het meten van geluidniveau t.g.v. pneumatisch gereedschap en machines. Afhankelijk van het soort gereedschap of machine meestal op 1 meter uit het hart tijdens belast gebruik
ISO 3746	meetmethode voor de bepaling van de geluidproductie van geluidbronnen, een "engineering"-methode
DIN 45632	norm voor het meten van de geluidniveau t.g.v. aandrijvingen
VDI 2159	meetmethode voor het meten van geluidniveau t.g.v. smeedpersen
VDI 2564, blad 1	meetmethode voor het meten van geluidniveau bij machines voor metaalbewerking
ISO 3744	meetmethode voor het meten van de geluidproductie van machines

B.4.3.1 Geluidspecificaties van machines e.d.

Veel leveranciers geven de geluidproductie van hun machines op conform een standaard meetvoorschrift, zie figuur B.4.7. Omdat dergelijke voorschriften weinig inzichtelijk zijn voor niet-akoestici is het voor de afnemer van belang dat dergelijke geluidspecificaties door de leverancier worden vertaald in specificaties, die in de uiteindelijke opstelling te controleren zijn, dus een geluidniveau in de uiteindelijke gebruikssituatie. Voor zaken die een rol spelen bij het eenduidig vastleggen hiervan wordt verwezen naar §A.1.3. In figuur B.4.9 wordt een voorbeeld gegeven van een dergelijke specificatie;

B.4.3.2 Het meten zelf

Voor het meten van het geluid van een machine/installatie e.d. zijn de volgende zaken van belang:

—*goede registratie van de situatie:*

Het gaat hierbij vooral om informatie die achteraf wellicht niet meer eenduidig te achterhalen is (zie figuur B.4.10):

- de bedrijfsconditie van de machine (bv. toerental, bewerkte materiaal etc.);
- de meetplaats;
- gebruikte meetinstrumenten;
- meterstand (bv. slow, fast, e.d.);
- datum en tijd;
- verdere bijzonderheden van de situatie (bv rammelende zijplaten versleten beitels, e.d.).

—*zo mogelijk corrigeren voor stoorgeluid:*

- bij voorkeur door te meten op een moment dat alle achtergrondgeluid uitgeschakeld is bv. in een pauze of buiten werktijd;
- of anders door eerst met de machine aan te meten en vervolgens met de machine uitgeschakeld: hoe met deze gegevens de bijdrage van de machine kan worden uitgerekend wordt toegelicht in §B.5.4.

—*lang genoeg meten:*

Hiervoor geldt hetzelfde als voor het meten op de arbeidsplaats: in principe zo lang, dat het geen effect meer op de meetwaarde heeft als langer gemeten zou worden.

- bij tamelijk continu geluid : tenminste 1 minuut
- bij fluctuerend geluid : tenminste enige cycli van het apparaat of als die niet te herkennen zijn tenminste 10 minuten.

Figuur B.4.9 Geluidspecificatie formulier voor apparatuur

G e g e v e n s a f n e m e r	Firma:			Opgesteld door:	
	Apparaat:			Datum:	
	Richtlijnen voor geluidproductie				
	Bedrijfsconditie	Geluidniveau in dB(A)	Afstand (in meters)	Meetplaats (zie situatie- schets)	Opmerkingen
	Situatieschets (zie evt. bijlage)				
	Specificaties van wat te doen bij niet voldoen aan garantie: o.a. —binnen hoeveel tijd moeten maatregelen getroffen zijn —uitvoering werkzaamheden al dan niet binnen werktijd —regeling t.a.v. eventueel produktieverlies —betalingsregeling —als ook na maatregelen niet aan specificatie wordt voldaan..... —maatregelen steeds ter goedkeuring van afnemer				
G e g e v e n s l e v e r a n c i e r	Leverancier: Behandeld door: Datum:		Specificaties van apparaat: merk: type: eventuele speciale uitvoering: eventuele speciale eisen t.a.v. opstelling:		
	Specificaties van geluidproductie				
	Bedrijfsconditie	Geluidniveau in dB(A)	Afstand (in meters)	Meetplaats (zie situatie- schets)	Opmerkingen
	Indien de werkelijke geluidniveau hoger blijken te zijn dan hierboven is opgegeven, zullen eventueel benodigde extra maatregelen ten laste komen van de leverancier. De maatregelen zijn steeds ter goedkeuring van de afnemer. De specificaties gelden bij normaal gebruik en onderhoud tot maanden/jaar na in gebruikname.				

Figuur B.4.10: Voorbeeld van een standaardformulier voor zelf uit te voeren geluidmetingen aan machines

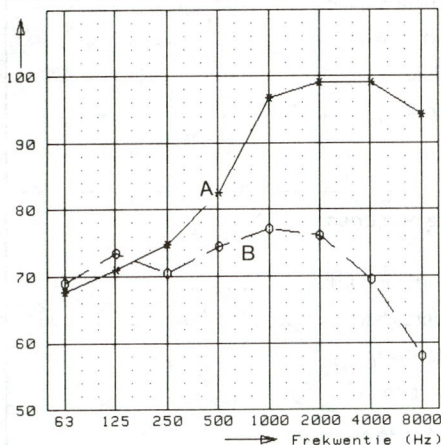
Algemene gegevens Firma: Lokatie: Datum:Tijd: Opgesteld door:		Meetomstandigheden Bijlage 1: plattegrond Meetafstand: Meethoogte: Intekenen in bijlage 1	
Gemeten object Beschrijving: Merk: Type: Hoofdafmetingen: Bedrijfscondities: —vermogen: —toerental: —druk:		Bij binnenmetingen Afmetingen ruimte: Beschrijving ruimte: —materiaal wanden: —materiaal plafond: —materiaal vloer: —inrichting:	
Geluidapparatuur Merk: Type: Opmerking:		Geluidbelaste personen Aantal (per werkperiode): Gemiddelde verblijfstijd: uur Gehoorbescherming: —aanwezig: ja/nee —merk en type: evt.	
Geluidniveaus			
Meetplaats (bijlage 1)	Bedrijfsconditie (evt. bijlage 2)	Geluidniveau (in dB(A))	Kanttekeningen/opmerkingen
Opmerkingen:			

B.5. Rekenen met geluid

Figuur B.5.1: Voorbeelden van een geluidsspectrum

A: een slijpschijf: veel hoogfrequent geluid (met name 2000 tot 8000 Hz)
B: een heftruck: veel middenfrequent geluid (met name 250 en 500 Hz)

Geluidniveau in dB, A-gewogen



Figuur B.5.2 Hulpmiddel bij het optellen van geluidsniveaus

L_1 en L_2 , als $L_1 > L_2$

$$L_{\text{totaal}} = L_1 + K_2$$

Bv: $L_1 = 80 \text{ dB(A)}$
 $L_2 = 70 \text{ dB(A)}$ } verschil 10 dB(A)

dus: $K_2 = 0,41 \text{ dB(A)}$

$$L_{\text{totaal}} = L_1 + K_2 = 80 + 0,41 = 80,41 \text{ dB(A)}$$

Verschil tussen L_1 en L_2 (in dB(A))	correctiefactor K_2 in dB(A)
0	3,0
0,5	2,8
1	2,5
2	2,1
3	1,8
4	1,5
5	1,2
6	1,0
7	0,79
8	0,64
9	0,51
10	0,41
15	0,14
20	0,04
30	0,00

B.5.1 Grootheden

Voor het rekenen met geluid zoals omschreven is in de volgende paragrafen zijn de volgende grootheden van belang:

- L_p : het geluidniveau:

Dit is niets meer dan het geluidniveau op een bepaald moment zoals afgelezen kan worden op een geluidniveau-meter, uitgedrukt in decibel A (afgekort tot dB(A)).

Bij een continue geluid (zoals bv. een transformator) is dit niveau weinig afhankelijk van de tijd, in een constructiewerkplaats daarentegen is het niveau op ieder moment weer verschillend.

Let wel:

- een niveau in dB of dB(lin) is wezenlijk verschillend van een niveau in dB(A). Omrekenen is alleen mogelijk als het geluidsspectrum bekend is;
- elk geluidniveau is plaatsafhankelijk. Van elk niveau moet dus eenduidig vaststaan waar het geluid is gemeten.

- L_{eq} : het gemiddelde geluidniveau:

Het gemiddeld geluidniveau over een bepaalde periode, bijvoorbeeld een werkzaamheid of een gehele 8-urige werkdag.

Bij een gemiddeld geluidniveau L_{eq} moet steeds vermeld worden over welke periode dit het gemiddelde geluidniveau is, bv.:

$L_{Aeq,8 \text{ uur}}$: het gemiddelde over de 8-urige werkdag

$L_{Aeq,w}$: het gemiddelde over een werkzaamheid

Hoewel **niet** nodig voor het rekenen met geluid zoals omschreven in de volgende paragrafen is een veel voorkomende grootheid:

- Geluidsspectrum:

Een geluidsspectrum geeft aan hoe het geluid is opgebouwd uit de verschillende frequenties, bv. of het geluid veel hoog- of laagfrequent geluid bevat (zie figuur B.5.1). Bij het nauwgezet uitwerken van maatregelen is dit essentiële informatie en is alleen het niveau in dB(A) onvoldoende.

B.5.2 Optellen van geluidbronnen

Als van twee geluidbronnen afzonderlijk bekend is, wat het geluidniveau is op een bepaalde plaats (bijv. door dit afzonderlijk te meten) kunnen m.b.v. figuur B.5.2. de niveaus bij elkaar opgeteld worden. Dit is in feite een snellere — maar minder nauwkeurige — methode als toegelicht in §B.5.3 (zie figuur B.5.3).

Voorbeeld:

gegeven: bijdrage van geluidbron = 82 dB(A)

achtergrondniveau = 77 dB(A)

Wat is de som?

verschil is 5 dB(A)

correctiefactor K_2 (zie figuur B.5.2) = 1,2 dB(A)

totaalniveau is $82 + 1,2 = 83,2 \text{ dB(A)}$

B.5 Rekenen met geluid

Figuur B.5.3: Hulpmiddel bij het optellen van geluidniveaus en bij bepalen van het tijdgemiddelde van een geluidniveau

geluidniveau in dB(A)	score	geluidniveau in dB(A)	score	geluidniveau in dB(A)	score	geluidniveau in dB(A)	score
40	10	63	$20 \cdot 10^2$	86	$40 \cdot 10^4$	109	$80 \cdot 10^6$
41	13	64	$25 \cdot 10^2$	87	$50 \cdot 10^4$	110	$10 \cdot 10^7$
42	15	65	$30 \cdot 10^2$	88	$60 \cdot 10^4$	111	$13 \cdot 10^7$
43	20	66	$40 \cdot 10^2$	89	$80 \cdot 10^4$	112	$15 \cdot 10^7$
44	25	67	$50 \cdot 10^2$	90	$10 \cdot 10^5$	113	$20 \cdot 10^7$
45	30	68	$60 \cdot 10^2$	91	$13 \cdot 10^5$	114	$25 \cdot 10^7$
46	40	69	$80 \cdot 10^2$	92	$15 \cdot 10^5$	115	$30 \cdot 10^7$
47	50	70	$10 \cdot 10^3$	93	$20 \cdot 10^5$	116	$40 \cdot 10^7$
48	60	71	$13 \cdot 10^3$	94	$25 \cdot 10^5$	117	$50 \cdot 10^7$
49	80	72	$15 \cdot 10^3$	95	$30 \cdot 10^5$	118	$60 \cdot 10^7$
50	$10 \cdot 10^3$	73	$20 \cdot 10^3$	96	$40 \cdot 10^5$	119	$80 \cdot 10^7$
51	$13 \cdot 10^3$	74	$25 \cdot 10^3$	97	$50 \cdot 10^5$	120	$10 \cdot 10^8$
52	$15 \cdot 10^3$	75	$30 \cdot 10^3$	98	$60 \cdot 10^5$	121	$13 \cdot 10^8$
53	$20 \cdot 10^3$	76	$40 \cdot 10^3$	99	$80 \cdot 10^5$	122	$15 \cdot 10^8$
54	$25 \cdot 10^3$	77	$50 \cdot 10^3$	100	$10 \cdot 10^6$	123	$20 \cdot 10^8$
55	$30 \cdot 10^3$	78	$60 \cdot 10^3$	101	$13 \cdot 10^6$	124	$25 \cdot 10^8$
56	$40 \cdot 10^3$	79	$80 \cdot 10^3$	102	$15 \cdot 10^6$	125	$30 \cdot 10^8$
57	$50 \cdot 10^3$	80	$10 \cdot 10^4$	103	$20 \cdot 10^6$	126	$40 \cdot 10^8$
58	$60 \cdot 10^3$	81	$13 \cdot 10^4$	104	$25 \cdot 10^6$	127	$50 \cdot 10^8$
59	$80 \cdot 10^3$	82	$15 \cdot 10^4$	105	$30 \cdot 10^6$	128	$60 \cdot 10^8$
60	$10 \cdot 10^4$	83	$20 \cdot 10^4$	106	$40 \cdot 10^6$	129	$80 \cdot 10^8$
61	$13 \cdot 10^4$	84	$25 \cdot 10^4$	107	$50 \cdot 10^6$	130	$10 \cdot 10^9$
62	$15 \cdot 10^4$	85	$30 \cdot 10^4$	108	60.		

Optellen:

1. vertaal de geluidniveaus in scores
2. tel de scores bij elkaar op
3. vertaal de totaalscore (2) in een geluidniveau

Tijdgemiddelde:

1. vertaal de geluidniveau in een score
2. bepaal het tijdsdeel dat het geluid duurt als deel van de totale tijd
3. vermenigvuldig de scores met het tijdsdeel: (1) x (2)
4. vertaal het resultaat (3) in een geluidniveau

B.5.3 Gemiddelde geluidniveaus berekenen

Vaak kan men niet het gemiddeld geluidniveau over de werkdag meten ($L_{EX,T}$). Dan is het zaak dit uit te rekenen aan de hand van gemiddelde geluidniveaus tijdens werkzaamheden ($L_{Aeq,w}$).

Hiervoor worden hier twee methodes besproken:

• methode 1

Dit is van de twee de nauwkeurigste methode, maar vraagt wat meer rekenwerk. Men gaat als volgt te werk:

1. Verdeel de totale tijd in tijdperiodes waarover het gemiddeld niveau bekend is. (bijv. werkzaamheden).
2. Druk elk tijdsdeel uit in een percentage van de totale tijd.
3. Zet elk geluidniveau met behulp van figuur B.5.3 om in een score.
4. Vermenigvuldig voor elk tijdsdeel het tijdspercentage (2) met de score (3): dit geeft een gewogen score.
5. Sommeer alle gewogen scores: dit geeft de totaalscore.
6. Vertaal de totaal score m.b.v. figuur B.5.3 in een geluidniveau. Dit is het gemiddeld geluidniveau.

★ Kanttekening:

—Als de gewogen score (4) wordt omgezet in een geluidniveau krijgt men de bijdrage van het betreffende tijdsdeel aan het totaalniveau. Als het tijdsdeel een volledige werkzaamheid omvat en de totale tijd 8 uur is (c.q. een werkdag) heeft men het zgn. $L_{EX,t}$ van deze werkzaamheid.

Het totale gemiddelde geluidniveau (de som van de $L_{EX,t}$ -waardes is dan het $L_{EX,T}$.

Voorbeeld:

(1) Tijd	(3) $L_{Aeq,w}$	(4) Tijddelen [(1)/(2)]	(5) Scores [(3) m.b.v. fig. B.5.2]	(6) Gewogen scores [(4)x(5)]	(7) $L_{Aeq,t}$ [(6) m.b.v. fig. B.5.2]
1,5 uur	89 dB(A)	0,19	80.104	150.10 ³	82 dB(A)
1 uur	70 dB(A)	0,13	10.10 ³	1.3.10 ³	61 dB(A)
5,5 uur	75 dB(A)	0,68	30.10 ³	20.4.10 ³	74 dB(A)
Totaal(2) [Σ(1)]	8 uur		Totale score (8) [Σ(6)]	172.10 ³	$L_{Aeq,T} =$ 82,5 dB(A)

gemiddeld geluidniveau over de werkdag ($L_{Aeq,T}$) = 82,5 dB(A)
[(8) m.b.v. figuur B.5.3. of Σ(7) m.b.v. figuur B.5.2]

• methode 2

Een snellere, maar minder nauwkeurige methode gaat als volgt. Als voor verschillende dagdelen het geluidniveau op de arbeidsplaats bekend is (bijv. tijdens slijpen, uitlijnen, pauze) kan m.b.v. figuren B.5.2 en B.5.4 het gemiddeld geluidniveau worden geraamd.

Figuur B.5.4

Hulpmiddel bij het bepalen van L_{Aeq} indien het niveau L_{Ap} slechts een gedeelte van de beoordelingsstijd optreedt. Het tijdsgewogen gemiddelde is dan:

$$L_{Aeq} = L_{Ap} + K_1$$

bv: $L_{Ap} = 88 \text{ dB(A)}$, 10 min/dag (= 2% van de werkdag)

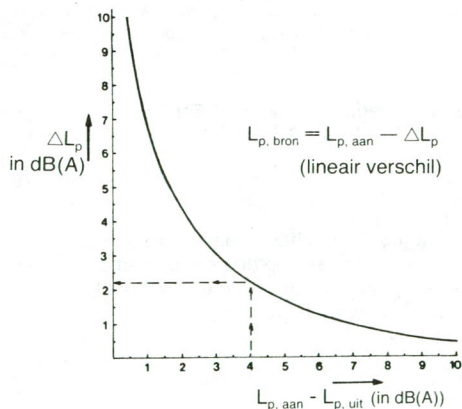
$$K_1 = -17 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq} (8 \text{ uur}) = L_{Ap} + K_1 = 88 - 17 = 71 \text{ dB(A)}$$

Gedeelte van beoordelingsperiode in %	correctiefactor K_1 in dB(A)
100	— 0
90	— 0,5
80	— 1,0
70	— 1,5
60	— 2,2
50	— 3,0
40	— 4,0
30	— 5,0
25	— 6,0
20	— 7,0
15	— 8,0
10	— 10,0
7,5	— 11,0
5	— 13,0
3	— 15,0
2	— 17,0
1,5	— 18,0
1	— 20,0
0,75	— 21,0
0,5	— 23,0
0,3	— 25,0
0,2	— 27,0

Figuur B.5.5

Figuur om de bijdrage van een geluidbron te bepalen uit meting van de bron plus stoorgeluid en meting van het stoorgeluid alleen

**Voorbeeld:**

Gegeven: 5 minuten slijpen : 95 dB(A)

24 minuten montagewerk : 82 dB(A)

1 minuut richten : 100 dB(A)

Wat is het gemiddeld niveau over 30 minuten?

—slijpen:

5 minuten = 17% van tijd, correctiefactor $K_1 = 8 \text{ dB(A)}$ (fig. B.5.4)

bijdrage aan totaalniveau: $95 - 8 = 87 \text{ dB(A)}$

—montage:

24 minuten = 80% van tijd, correctiefactor $K_1 = 1 \text{ dB(A)}$ (fig. B.5.4)

bijdrage aan totaalniveau: $82 - 1 = 81 \text{ dB(A)}$

—richten:

1 minuut = 3% van tijd, correctiefactor $K_1 = 15 \text{ dB(A)}$ (fig. B.5.4)

bijdrage aan totaalniveau: $100 - 15 = 85 \text{ dB(A)}$

Totaalniveau over 30 minuten (optellen m.b.v. figuur B.5.2):

$$\begin{array}{rcl}
 \text{—slijpen } 87 & & \\
 + & & \\
 \text{—montage } 81 & \left. \vphantom{\begin{array}{l} 87 \\ + \\ 81 \end{array}} \right\} = 88 & \\
 + & & \\
 \text{—richten } 85 & \left. \vphantom{\begin{array}{l} 88 \\ + \\ 85 \end{array}} \right\} = 89,8 \text{ dB(A)}
 \end{array}$$

B.5.4 Elimineren van stoorgeluid

Als op een meetplaats eerst gemeten is met alle geluidbronnen aan (niveau $L_{p, \text{aan}}$) en vervolgens met een belangrijke bron uit (niveau $L_{p, \text{uit}}$) kan m.b.v. figuren B.5.5 worden berekend wat de bijdrage is van alleen de betreffende belangrijke geluidbronnen

Dit is een nuttige methode in bedrijfsruimten, waar een groot aantal geluidbronnen aanwezig is, als men wil weten hoe belangrijk een bepaalde geluidbron is (bijv. omdat men maatregelen overweegt aan die geluidbron).

★ Kanttekening:

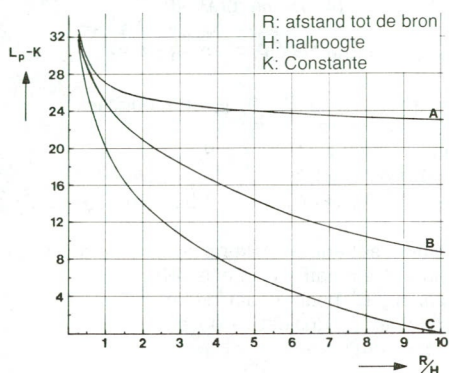
Als het verschil tussen beide meetwaarden ($L_{p, \text{aan}}$ en $L_{p, \text{uit}}$) gering is, is een schatting van de bijdrage van de betreffende geluidbron op deze manier onnauwkeurig. Bij praktisch constant geluid kan tot een verschil van ca. 1 dB(A) nog redelijk nauwkeurig worden gemeten, bij fluctuerend geluid moet het verschil tenminste 3 dB(A) zijn.

Een mogelijkheid om de bijdrage van de geluidbron dan wel af te schatten is:

—of (bij voorkeur) meer geluidbronnen uit te schakelen en zo bij een lager achtergrondniveau te meten (bijv. in pauzes, of buiten werktijd);

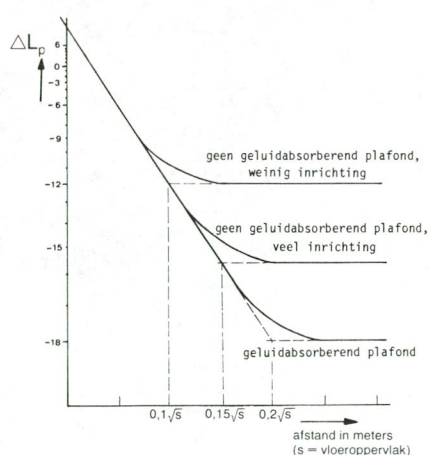
—of anders door dichterbij de bron te meten (en daardoor de invloed van stoorgeluid te verminderen) en vervolgens te extrapoleren: zie §B.5.5. Dit is echter een beduidend minder nauwkeurige methode en een die meer geluidtechnische deskundigheid vereist.

Figuur B.5.6
Geluiduitbreiding voor compacte
geluidbronnen in relatief platte industriële
hallen



A: lege ruimte, zonder geluidabsorberend plafond
B: ingerichte ruimte, zonder geluidabsorberend plafond
C: ingerichte ruimte, met geluidabsorberend plafond

Figuur B.5.7
Geluiduitbreiding voor compacte
geluidbronnen in kleinere ruimten (kantoren
e.d.)



B.5.5 Extrapoleren

Soms is het niet goed mogelijk de geluidbijdrage van een geluidbron te bepalen op de beoordelingsplaats. Dit is bijvoorbeeld het geval als een nieuwe geluidbron wordt bijgeplaatst (en de geluidspecificatie op een ander plaats geldt dan die waarin men nu geïnteresseerd is), maar ook als erg veel stoorgeluid aanwezig is.

Dan rest slechts de mogelijkheid om te extrapoleren.

De aanpak bij extrapoleren is als volgt:

1. geluidniveau t.g.v. de geluidbron bepalen dichtbij de bron.
2. geluidniveau extrapoleren naar verdere afstand.

De geluidbijdrage dichtbij de geluidbron kan op verschillende manieren bepaald worden:

- op basis van geluidgegevens van de leverancier (bij nieuwe machines);
- door te meten (zie ook §B.5.4).

Een globale raming voor grote industriële ruimten kan worden gemaakt aan de hand van figuur B.5.6. Voor kleinere ruimten (waarbij de hoogte van de ruimte in dezelfde orde van grootte is als de lengte en breedte) kan figuur B.5.7 worden gebruikt.

* Kanttekeningen:

1. Extrapoleren is in principe een zeer specialistische zaak, vooral door het grote aantal bepalende factoren. De nauwkeurigheid van een raming op de hier aangegeven manier is daarom ook beperkt.
 2. De onnauwkeurigheid van ramingen blijft beperkt als:
 - afstandsverschillen waarover geëxtrapoleerd wordt zo beperkt mogelijk blijven;
 - de geluidbron niet zeer hoog- of laagfrequent geluid produceert;
 - de geluidbron naar alle kanten gelijk geluid afstraalt (en in ieder geval niet in andere richtingen meer dan in de extrapolatierichting);
 - er niet duidelijk afschermd machines e.d. in de ruimte staan.
- Deze moeten dan extra in rekening worden gebracht (zie §B.2.4).

B.5.6 Netto effect van maatregelen

Het effect van een maatregel kan op twee manieren worden uitgedrukt:

- de reductie van het geluid van de betreffende geluidbron;
- de reductie van het totale geluidniveau op de arbeidsplaats, dus inclusief het aanwezige stoorgeluid.

Waar het uiteindelijk om gaat is het laatste, en het moge duidelijk zijn:

Hoe hoger het stoorgeluid, des te minder is het effect van een maatregel aan de bron

Als bekend is (bijv. door metingen, zie §B.4.3) wat op een bepaalde plaats de bijdrage van een geluidbron is en wat het achtergrondniveau is, kan worden uitgerekend wat het netto effect van de maatregel is.

B.5 Rekenen met geluid

Voorbeeld:

Bijdrage van de bron = 80 dB(A)

Achtergrondniveau = 77 dB(A)

totaal niveau = 81,8 dB(A) (m.b.v. figuur B.5.2)

Gezocht netto effect bij een bronreductie van 5, 10 en 15 dB(A):

bronreductie	totaal niveau (zie figuur B.5.2)	netto reductie
5 dB(A)	$(80 - 5) + 77 = 79,1$ dB(A)	2,7 dB(A)
10 dB(A)	$(80 - 10) + 77 = 77,8$ dB(A)	4 dB(A)
15 dB(A)	$(80 - 15) + 77 = 77,3$ dB(A)	4,5 dB(A)

Als bovendien de kosten van maatregelen bekend zijn kan op deze manier worden beoordeeld welke maatregel onevenredig duur is vergeleken met het netto effect. Dit houdt in dat in een andere omgeving — bij een lager achtergrondniveau — deze kosten-effectafweging anders kan uitvallen.

B.5.7 Geluidvermoggenniveau omrekenen in geluid(druk)niveau

Het geluidvermoggenniveau (c.q. de bronsterkte) van een bron — vaak weergegeven met het symbool L_w — is wezenlijk verschillend van het geluid(druk)niveau (L_p) en mag daar niet meer worden verward.

Geluidvermoggenniveau: —informatie over de geluidbron
 —maat voor de hoeveelheid uitgestraald geluid
 —niet afhankelijk van de meetplaats
 —niet afhankelijk van de ruimte
 —niet direct te meten, alleen te berekenen.

Geluidniveau —informatie over de geluidsituatie op de beoordelingsplaats
 —meetwaarde afgelezen op een geluidniveau-meter
 —afhankelijk van meetplaatsen en -ruimte.

Het bepalen van het geluidvermoggenniveau is over het algemeen specialistisch werk. Omdat veel geluidgegevens van geluidbronnen (machines e.d.) door leveranciers worden uitgedrukt in het geluidvermoggenniveau is in figuur B.5.8. ter indicatie aangegeven hoe voor compacte geluidbronnen het geluidniveau kan worden geraamd op basis van het geluidvermoggenniveau.

Figuur B.5.8: Indicatieve tabel voor het omrekenen van het geluidvermogen (niveau) in een geluid(druk)niveau

	Meetafstand (in meters)	
	1	2
$C = L_w - L_p^*$ (in dB(A))		
—geen achterwand of veel voorwerpen in de buurt	8 tot 10	14 tot 16
—achterwand en/of veel voorwerpen in de buurt	7 tot 9	12 tot 15
Aannames: —bronafmetingen kleiner dan $\frac{2}{3}$ van de meetafstand; —bron maximaal 1,5 meter boven de vloer; —halhoogte tenminste 4 meter; —bron straalt naar alle kanten gelijk geluid af.		

* L_w = geluidvermoggenniveau
 L_p = geluid(druk)niveau

B.6. Praktijkvoorbeelden

Figuur B.6.1: Slijpwerkzaamheden



Figuur B.6.2: Berekening van het gemiddeld geluidniveau (L_{AeqW}) tijdens het slijpen

werkzaamheden	L_p (in dB(A))	tijd	gemiddeld niveau (in dB(A)) 1]
slijpen	99	40%	$99 - 4 = 95$
rest	82	60%	$82 - 2,2 = 79,8$
$L_{AeqW} 2] = 95 + 79,8 = 95,1 \text{ dB(A)}$			

1] m.b.v. figuur B.5.4

2] m.b.v. figuur B.5.2

Figuur B.6.3: Geluidniveaus in dB(A) bij het slijpen met oude resp. nieuwe werktollen

	leegloop	tijdens slijpen	uitlopen (piekniveau)	gemiddeld over werk
oude slijptol	86	96	108	93
nieuwe slijptol	75	94	98	91

B.6.1 Aanschaf geluidarm gereedschap

Situatie

In een constructiewerkplaats was men toe aan nieuwe slijptollen (zie figuur B.6.1). Nu had men in een advertentie gelezen:

"de nieuwe generatie slijptollen:

...bijzonder geluidarm

...minder dan 80 dB(A) op de arbeidsplaats".

Dit was aanleiding voor het bedrijf om dit nader uit te zoeken.

Onderzoek

a. *is het hier nodig zo stil mogelijke slijptollen aan te schaffen?*

Om deze vraag te beantwoorden zijn geluidmetingen uitgevoerd in de huidige situatie met de volgende resultaten:

—tijdens het slijpen (bij het oor van de betrokkene): 99 dB(A);

—achtergrondniveau (gemiddeld): 82 dB(A).

Nu kan worden uitgerekend wat het gemiddeld niveau tijdens het slijpen is: het zgn. L_{AeqW} (zie par. B.4.2.1). Hiervoor moet een aanname worden gedaan hoe lang effectief geslepen wordt (aanname hier 40%) en hoeveel tijd nodig is voor stillere aanvullende werkzaamheden; zie figuur B.6.2.

Omdat het L_{AeqW} boven 85 dB(A) is moeten conform de wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats (zie figuur A.4.5) maatregelen worden getroffen om het geluid te bestrijden, zo mogelijk bij de bron. Stillere slijptollen zijn dus nodig.

b. *Zijn de genoemde slijptollen werkelijk geluidarm?*

De enige, eenvoudige en tegelijk betrouwbare manier om te bepalen of de slijptollen geluidarm zijn is om in de eigen gebruikssituatie het geluid ervan te meten, bijvoorbeeld tijdens een demonstratie door de leverancier.

De resultaten zijn samengevat in figuur B.6.3.

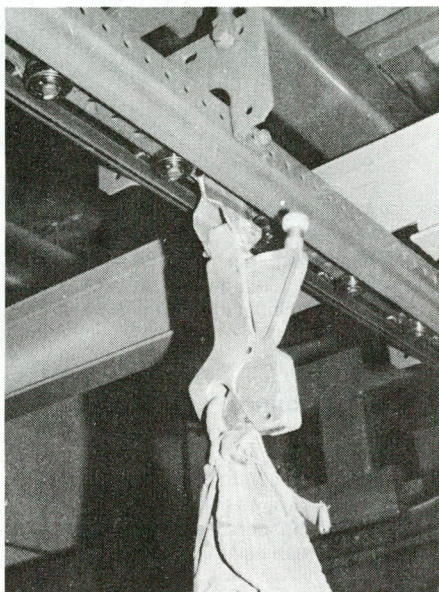
De enige goede vergelijkingsmaat is het gemiddeld geluidniveau over het gehele slijpwerk (laatste kolom in figuur B.6.3), dus inclusief het bijbehorende leegloopgeluid, uitloopgeluid en het slijpen zelf.

Soortgelijke metingen zijn hier met meer typen slijptollen uitgevoerd, zodat bij de beslissing tot aankoop van alle mogelijk geschikte types ook de geluidgegevens beschikbaar waren.

De conclusies in dit geval luiden:

- ★ de slijptol is daadwerkelijk stiller maar lang niet zoveel als in de advertentie werd gesuggereerd.
- ★ ook met de nieuwe slijptol zijn nog extra geluidreducerende maatregelen nodig: bv. afscherming ten opzichte van de omgeving, of demping van het werkstuk (zie §B.1.3.6).

Figuur B.6.4: Detail van de kettingbaan, waarmee zakken worden getransporteerd aan haken



B.6.2 Vervanging van een lawaaiige installatie

Situatie

In een overslagbedrijf stond men op het punt de kettingbaan te vervangen. De vraag was nu hoe groot de geluidreductie zou zijn als gekozen wordt voor een geluidarme uitvoering (zie figuur B.6.4), vooral omdat in de toekomst 2 banen parallel worden aangelegd.

Vragen die beantwoord moeten worden zijn:

- hoeveel is de baan zelf stiller;
- hoeveel effect heeft dit op het totale niveau;
- wat is het effect bij 2 parallelle banen.

Onderzoek

a. Hoeveel is de baan zelf stiller?

Deze vraag is aan de leverancier gesteld, met een omschrijving van de gebruikssituatie. Het antwoord luidde dat de reductie tenminste 12 dB(A) zou bedragen. Omdat deze informatie essentieel is voor de beslissing om al dan niet een stillere uitvoering aan te schaffen is met de leverancier gelijktijdig afgesproken dat dit door hem voor aanschaf in een garantievorm wordt vastgelegd.

b. Hoeveel effect heeft dit op het totale niveau?

Gemeten is in de huidige situatie op een twintigtal representatieve arbeidsplaatsen bij twee situaties:

- met alles aan, dus tijdens normale productie;
- buiten werktijd met alleen de kettingbaan aan.

Per arbeidsplaats kan nu worden berekend wat de totale geluidreductie is bij een stillere kettingbaan, zoals uitgewerkt in figuur B.6.5 voor twee typerende plaatsen: één dichtbij de baan (A) en één op grotere afstand (B).

Uit de resultaten blijkt de netto geluidreductie per arbeidsplaats: in dit geval globaal 4 dB(A) reductie dichtbij de baan en 1 dB(A) op grotere afstand.

c. Wat is het effect bij 2 parallelle banen?

Met de gegevens uit figuur B.6.5 kan nu ook worden afgeleid wat het effect is bij 2 parallelle banen, zie figuur B.6.6.

Hieruit blijkt dat bij 2 parallelle banen het effect van een stillere ketting duidelijk groter is: dichtbij de baan een reductie van ca. 5,5 dB(A) en op grotere afstand ca. 1,5 dB(A).

Figuur B.6.5: Geluidniveaus op de meetplaatsen A en B

meet- plaats	gemeten niveaus alles aan (1)	geluid (dB(A)) ketting aan (2)	achter grond- niveau* (3)=(1)-(2)	stillere ketting- baan (4)=(2)-12	alles aan met stillere ketting** (5)=(3)+(4)	netto reductie (6)=(5)-(1)
A	81	79	76,7	67	77,1	-3,9
B	79	72	78	60	78,1	-0,9

* m.b.v. figuur B.5.5

** m.b.v. figuur B.5.2.

B.6 Praktijkvoorbeelden

Figuur B.6.6: Geluidniveau op meetplaatsen A en B bij twee parallelle banen (zie ook figuur B.6.5).

meet plaats	normale banen		stille banen		effect stillere baan (11)=(10)-(8)
	2 banen** (7)=(2)+(2)	totale niveau (8)=(7)+(3)**	2 banen** (9)=(4)+(4)	totale niveau (10)=(9)+(3)**	
A	82	83,1	70	77,5	-5,6
B	75	79,8	63	78,1	-1,7

** optellen m.b.v. figuur B.5.2.

d. Zijn maatregelen nodig?

Omdat de niveaus beneden 85 dB(A) zijn is er geen wettelijke verplichting om maatregelen te treffen (zie figuur A.4.5). Dit wil echter niet zeggen dat maatregelen niet gewenst zijn, m.n. als er sprake is van hinder. Dit is ook de intentie van artikel 3 van de arbowet (zie par. A.4.2.1): dat de werkgever zo veel mogelijk hinder in de arbeidssituatie moet voorkomen.

B.6.3 Plaatsing van een verblijfspcabine

Situatie

In een graanverwerkend bedrijf heerste in de centrale productieruimte een halniveau van 88 dB(A). Nu wordt overwogen of het zin heeft een verblijfspcabine te plaatsen voor het bedieningspersoneel. Men twijfelde hieraan omdat de betrokken werknemers toch nog 30% van de tijd in de hal moesten zijn bij de machines.

Onderzoek

a. Hoeveel helpt die cabine?

Aangenomen mag worden, dat het niveau in de cabine maximaal gelijk is aan de streefwaarde van 55 dB(A) (zie figuur A.4.9).

Dan kan het gemiddeld geluidniveau als volgt worden geraamd:

Niveau	Deel van dag	Bijdrage*
55 dB(A)	70%	$55 - 1 = 54 \text{ dB(A)}$
88 dB(A)	30%	$88 - 5 = 83 \text{ dB(A)}$
		Totaal $54 + 83 = 83 \text{ dB(A)}$

* m.b.v. figuur B.5.4

** m.b.v. figuur B.5.2.

b. Is het effect van een cabine afdoende?

De globale raming leerde dat het gemiddeld niveau daalt tot 83 dB(A) dus tot beneden de wettelijke grenswaarde van 85 dB(A). Omdat het niveau in de hal nog wel boven 85 dB(A) is, moet echter eerst vast staan, dat redelijkerwijs geen mogelijkheden bestaan om het halniveau tot beneden 85 dB(A) terug te brengen door maatregelen direct aan de machines. Als dit namelijk mogelijk is, verdient dit de voorkeur boven een cabine. In deze situatie bleek dit na een nauwgezette afweging niet mogelijk. Wettelijk is de werkgever verplicht om voor het verblijf in de ruimte zelf gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking te stellen. Omdat het niveau beneden 90 dB(A) is, zijn de werknemers niet verplicht deze te gebruiken. Het is wel aan te raden.

B.6 Praktijkvoorbeelden

c. Welke eis moet aan de geluidisolatie van een cabine worden gesteld?

Voor het gemiddeld geluidniveau over de hele dag is een binnenniveau van ca. 65 dB(A) laag genoeg, omdat dan het niveau in de hal nog steeds bepalend is. Uit het oogpunt van hinder gelden echter strengere richtlijnen/streefwaarden:

- er moet normaal kunnen worden gepraat op 1 meter van elkaar: maximaal toelaatbaar niveau ca. 65 dB(A) (zie figuur A.4.7).
- er moet normaal kunnen worden getelefoneerd: maximaal toelaatbaar niveau 72 dB(A) (zie figuur A.4.6).

- hinder moet zoveel mogelijk worden voorkomen. De streefwaarde is dan maximaal 55 dB(A) (zie figuur A.4.9).

Hieruit blijkt, dat het na te streven binnenniveau 55 dB(A) is en in ieder geval niet hoger dan 65 dB(A) mag zijn. De cabine moet het niveau derhalve met 33 dB(A) reduceren.

Met deze informatie achter de hand is contact gezocht met mogelijke leveranciers (zie "Adressen") om een offerte uit te brengen. De geluidtechnische voorwaarde, die hierbij werd gesteld, was een tussenvoegdemping van 33 dB(A), (zie §B.2.3).

Uit figuur B.2.6 blijkt, dat hiervoor een zware enkelschalige omkasting (ca. 100 kg/m²) of dubbelschalige omkasting (tenminste 5 kg/m² per schaal) is vereist.

B.6.4 Bijplaatsen van een lawaaiige machine

Situatie

In een montage afdeling is men van plan een nieuwe trilvoerder bij te plaatsen. Omdat bekend is, dat over het algemeen trilvoeders lawaaiig kunnen zijn, wil men vooraf weten welke invloed dit heeft op het gemiddeld geluidniveau op de arbeidsplaatsen.

Onderzoek

a. Hoe lawaaiig is de trilvoeder?

Deze vraag is voorgelegd aan de leverancier. De eerste informatie leerde dat het geluidniveau op 1 meter 73 dB(A) is. Omdat dit betrekking heeft op het relatief stille leegloopgeluid heeft men de vraag vervolgens nader uitgewerkt aan de hand van figuur B.4.9: het geluidniveau bij het verwerken van meegezonden metalen plaatjes. Toen luidde de informatie dat het geluidniveau voor die situatie ca. 91 dB(A) op 2 meter zal zijn.

b. Hoe is de huidige geluidssituatie in de afdeling?

Uit geregelde geluidmetingen in de afdeling is bekend welke geluidniveaus in de afdeling optreden. Voor drie kenmerkende arbeidsplaatsen wordt dit hieronder nader uitgewerkt:

Meetplaats	Afstand tot trilvoeders (in m)	Huidig gemiddeld geluidniveau
A	3	83
B	8	86
C	20	83

B.6 Praktijkvoorbeelden

c. Hoe groot is het effect van de trilvoeder op de geluidssituatie?

Met behulp van figuur B.5.6 wordt geraamd welke bijdrage de trilvoeder gaat leveren aan het geluidniveau. Uitgangspunt is een halhoogte van 5 meter, en een ingerichte hal zonder absorberend plafond (dus curve B in figuur B.5.6).

Bijvoorbeeld voor meetplaats B:

Uitbreiding van 2 meter ($0,4 \times$ halhoogte) naar 8 m ($1,6 \times$ halhoogte),
reductie: $32 - 22 \text{ dB} = 10 \text{ dB}$.

Dus de bijdrage van de trilvoeder op meetplaats B is $91 - 10 = 81 \text{ dB(A)}$. Door nu de geluidbijdrage van de trilvoeder op te tellen bij het reeds bestaande gemiddeld niveau vindt men het geluidniveau na bijplaatsen van de trilvoeder:

meetplaats	huidig gemid. geluidniveau in dB(A) (1)	bijdrage v.d. trilvoeder in dB(A) (2)	geluidniveau met trilvoeder (3) = (1) + (2)*	toename geluidniveau in dB(A)
A	83	87	88,5	5,5
B	86	81	87,2	1,2
C	83	75	83,6	0,6

*m.b.v. figuur B.5.2

d. Hoe luidt de beoordeling van de geluidbijdrage van de trilvoeder?

Uit de berekeningen blijkt, dat vooral dichtbij de trilvoeder (plaats A) een aanzienlijke verhoging van het geluidniveau is te verwachten, tot waarden boven 85 dB(A) . Volgens de nieuwe wettelijke bepaling voor lawaai op de arbeidsplaats (zie figuur A.4.5), moet men daarom maatregelen treffen om het geluidniveau omlaag te brengen: dus zo mogelijk een stillere uitvoering (overleg met de leveranciers), anders zo mogelijk omkassen of afschermen. Als dit redelijkerwijs niet mogelijk is, moet men proberen het aantal mensen dat blootstaat aan dit geluid zoveel mogelijk terug te dringen, met name door wijziging van de lay-out. In ieder geval moeten de werknemers net als in de huidige situatie de beschikking hebben over gehoorbeschermingsmiddelen. Omdat het geluidniveau beneden 90 dB(A) zijn ze niet strikt verplicht de gehoorbeschermingsmiddelen te dragen.

B.6.5 Beoordeling van een geluidssituatie

Situatie

Een geluidonderzoek heeft opgeleverd welke geluidniveaus optreden op de arbeidsplaats (zie figuur B.6.7). De vraag is nu echter wat voor conclusie aan deze geluidniveaus moeten worden verbonden:

- loopt met kans op gehoorschade?
- moeten gehoorbeschermingsmiddelen beschikbaar worden gesteld?
- moeten gehoorbeschermingsmiddelen worden gedragen?
- zijn geluidreducerende maatregelen vereist?

Figuur B.6.7: Vereenvoudigde weergave van de resultaten van geluidmetingen

Functie: lasser

Werkzaamheid	L_{Aeqw}	$L_{EX,I}$
Lassen	78	74
Bikken	90	78
Rest	72	70
$L_{EX,T} =$		84

Functie: monteur

Werkzaamheid	L_{Aeqw}	$L_{EX,I}$
voormontage	84	83
eindmontage	84	77
$L_{EX,T} =$		84

Onderzoek

Loopt men kans op gehoorschade?

Men loopt kans op gehoorschade als men gemiddeld over de werkdag blootstaat aan een gemiddeld geluidniveau $L_{EX,T}$ boven 80 dB(A) (zie figuur A.4.4).

Dat is hier het geval voor de monteur, niet voor de lasser.

Moeten gehoorbeschermingsmiddelen ter beschikking worden gesteld?

Gehoorschermingsmiddelen moeten ter beschikking worden gesteld bij werkzaamheden waarbij men blootstaat aan een gemiddeld geluidniveau (L_{Aeqw}) boven 80 dB(A) (zie figuur A.4.8). Dus hier bij het bikken (dus voor de lasser), en de montagewerkzaamheden (en voor de monteur).

Moeten gehoorbeschermingsmiddelen worden gedragen?

Gehoorschermingsmiddelen moeten worden gedragen tijdens werkzaamheden waarbij het gemiddeld geluidniveau (L_{Aeqw}) boven 90 dB(A) is (zie figuur A.4.5). Dat is hier alleen het beval bij het bikken (dus voor de lasser).

Zijn geluidreducerende maatregelen vereist?

Maatregelen zijn vereist voor werkzaamheden, waarbij het gemiddeld geluidniveau boven 85 dB(A) is. Dus hier alleen voor het bikken (dus voor de lasser).

Bespreking

In dit gefingeerde voorbeeld treden tegenstrijdigheden op in de beoordeling:

De lasser

Hij loopt geen kans op gehoorschade. Toch moet hij een deel van de dag gehoorbeschermingsmiddelen dragen (tijdens het bikken). Bovendien zijn er geluidreducerende maatregelen nodig.

De monteur

Hij loopt kans op gehoorschade. Toch hoeft hij geen gehoorbeschermingsmiddelen te dragen. Ook zijn er geen geluidreducerende maatregelen nodig.

In een dergelijke situatie kan men echter een beroep doen op het redelijkheidsbeginsel (zie figuur A.4.11). Als maatregelen bij het bikken niet eenvoudig zijn (of tamelijk duur), kan men een beroep doen op het redelijkheidsbeginsel om af te zien van maatregelen, zich beroepen op het feit, dat er feitelijk geen kans op gehoorschade is.

Adressen

A. Leveranciers e.d.

• Geluidisolerende omkastingen, cabines en schermen: 1)

Gerber	postbus 123	4140 AC	Leerdam	tel. 03451-16644
Acoustair	postbus 137	2700 AC	Zoetermeer	tel. 079-413141
Merford Techniek	postbus 317	4200 AH	Gorinchem	tel. 01830-35611
Helpman	postbus 44	9700 AA	Groningen	tel. 050-268100
Meyer	postbus 140	5060 AC	Oisterwijk	tel. 04242-84833
MCB	postbus 551	5600 AN	Eindhoven	tel. 040-151911
Asselbergs & Nachenius	postbus 3275	4800 DG	Breda	tel. 076-170888
Planol	Hurksestraat 26	5652 AL	Eindhoven	tel. 040-513644

1) Vaak ook door leverancier van te omkassen machine

• Geluidabsorberende plafonds: 2)

Espero	postbus 11060	3004 EB	Rotterdam	tel. 010-4375088
van Wijngaarden	Sluisjesdijk 38	3087 AH	Rotterdam	tel. 010-4281444
Robertson	postbus 93	1400 AB	Bussum	tel. 02159-44544
Planol	Hurksestraat 26	5652 AL	Eindhoven	tel. 040-513644
Meyer	postbus 140	5060 AC	Oisterwijk	tel. 04242-84833
Hunter Douglas	postbus 536	2400 AM	Alphen/Rijn	tel. 01720-34634

2) meer informatie: Bouwcentrum, postbus 299., 3000 AG Rotterdam, tel. 010-4309911 en in Arbo-jaarboek (uitgave van Veiligheidsinstituut)

Elceestaal	postbus 606	3300 AP	Dordrecht	tel. 078-170888
Gerber	postbus 123	4140 AC	Leerdam	tel. 03451-16644
Helpman	postbus 44	9700 AA	Groningen	tel. 050-268100

• Geluiddempers: 3)

Merford Techniek	postbus 317	4200 AH	Gorinchem	tel. 01830-35611
Meyer	postbus 140	5060 AC	Oisterwijk	tel. 04242-84833
Helpman	postbus 44	9700 AA	Groningen	tel. 050-368100
Gresel	Elementenweg 4	3201 LG	Spijkennisse	tel. 01880-19488

3) vaak ook door leverancier van te dempen machine

• Trillingsisolatoren:

Meyer	postbus 140	5060 AC	Oisterwijk	tel. 04242-84833
Gerber	postbus 123	4140 AC	Leerdam	tel. 03451-16644
Eriks	postbus 280	1800 BK	Alkmaar	tel. 072-141911

• Gehoorbeschermingsmiddelen:

Groeneveld	postbus 86	3300 AB	Dordrecht	tel. 078-181400
Van Bavel	postbus 33	4900 AA	Oosterhout	tel. 01620-27050
Safimex	postbus 278	3300 AG	Dordrecht	tel. 078-182333
Heybroek	postbus 555	1000 AN	Amsterdam	tel. 020-246973
MCB	postbus 551	5600 AN	Eindhoven	tel. 040-151911

• Speciale gereedschappen e.d.:

—Geluidgedempte slijpschijven:

Louis Reyners	postbus 3002	1000 AN	Amsterdam	tel. 020-368222
Flexovit	postbus 10	7150 AA	Eibergen	tel. 05454-71766

—Terugslagvrije hamers:

Overtoom	Tolhuislaan 47-85	3734 GK	Den Dolder	tel. 030-784641
Coops	Industrieweg 6A	9601 LJ	Hoogezaand	tel. 05980-92583
Smezo	postbus 183	6430 AD	Hoensbroek	tel. 045-211692

—Break-neck verbindingen:

Onkenhout & Onkenhout	postbus 66	1110 AB	Diemen	tel. 020-904040
-----------------------	------------	---------	--------	-----------------

—Lintzagen met wisselende tandvorm

Leering	postbus 49	7550 AA	Hengelo	tel. 074-420061
Ageha	postbus 172	1110 AD	Diemen	tel. 020-901011
Sandvik	postbus 248	3100 AE	Sciedam	tel. 010-4156600

Adressen

• Dependende materialen:

—Ontdreuningsmateriaal en sandwichpanelen:

Merford Techniek	postbus 317	4200 AH Gorinchem	tel. 01830-35611
Trelleborg	postbus 660	3800 AR Amersfoort	tel. 033-751954
Louis Reyners	postbus 3002	1000 AN Amsterdam	tel. 020-368222
Heybroek	postbus 555	1000 AN Amsterdam	tel. 020-246973
Pull BV	Utrechtsestr.weg 222	3911 TX Rhenen	tel. 08384-1001
Imbema	postbus 16	2000 AD Haarlem	tel. 023-172424

— Sandwichpanelen:

Pull BV	Utrechtsestr.weg 222	3911 TX Rhenen	tel. 08384-1001
---------	----------------------	----------------	-----------------

• Geluidmeetapparatuur:

Brüel & Kjaer	postbus 1205	3430 BE Nieuwegein	tel. 03402-39994
Deha	postbus 438	1400 AK Bussum	tel. 2159-33055
Meyvis	postbus 265	4600 AB Bergen op Z.	tel. 01640-36922
Groeneveld	postbus 86	3300 AB Dordrecht	tel. 078-181400

• Onafhankelijke adviesbureau:

Ir. v.d. Boom	Ruurloseweg 26	7255 DJ Hengelo	tel. 05753-2132
Bureau v. Dorsser	2e Sweelinckstr. 148	2517 HB Den Haag	tel. 070-638940
Lichtveld Buis & Partners BV	postbus 156	3500 AD Utrecht	tel. 030-311377
M+P	Visserstraat 50	1431 GJ Aalsmeer	tel. 02977-20651
Peutz & Associés	postbus 407	6500 AK Nijmegen	tel. 080-222157
TPD	postbus 155	2600 AD Delft	tel. 015-788020
DGMR	Surinamestraat 23	2585 GG Den Haag	tel. 070-614331
Caubergh-Huygen	postbus 408	6200 AL Maastricht	tel. 043-215007

B. Diversen

• Arbeidsinspecties:

Dir. Gen. v.d. Arbeid	postbus 69	2270 MA Voorburg	tel. 070-577477
	Balen v. Andelplein 2	2273 KH Voorburg	telex 32427 SOZA
			telefax 070-865446
	Leeuwendalersweg 21	1055 JE Amsterdam*	tel. 020-5812612
			telex 17168 SOZA
	Vismarktstraat 28	4811 WE Breda	tel. 076-223400
	postbus 90109, 4800 RA		telex 54729 SOZA
	T.G. Gibsonstraat 39	7411 RP Deventer	tel. 05700-14745
	postbus 5011, 7400 GC		telex 49423 SOZA
	Engelse Kamp 4	9722 AX Groningen	tel. 050-225880
	postbus 30016, 9700 RM		telex 77309 AIGR
	St. Servaasklooster 28	6211 TE Maastricht	tel. 043-219251
	postbus 300, 6200 AH		telex 56873 SOZA
	Florijnburg 41	3437 SR Nieuwegein	tel. 03402-94511
	postbus 7001, 3430 JA		telex 40345 SOZA
	V. Vollenhovenstr. 12	3016 BH Rotterdam	tel. 010-4365066
			telex 24721 SOZA
	Boerhaavelaan 3	2713 HA Zoetermeer	tel. 079-511611
			telex 32648 SOZA

• Instituten

Ned. Inst. voor Arbeids- omstandigheden	postbus 5665	1007 AR Amsterdam	tel. 020-5498611
Nederlands Norma- lisatie Instituut	postbus 5059	2600 GB Delft	tel. 015-611061

• Bibliotheek

TH Delft, Hoofd- bibliotheek	postbus 98	2600 MG Delft	tel. 015-789111
Veiligheidsinstituut	postbus 5665	1007 AR Amsterdam	tel. 020-5498611

Literatuur

- * Alster, M., "Geluidemissie van dieselmotoren en mogelijkheden tot vermindering", IL-HR-03-03. Uitgave van Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam, 1982.
- * Apple, J.M., "Plant lay-out and material handling". John Wiley & Sons, New York, 1978.
- * Berhault, J.P., e.a., "Geluidemissie van hydraulische componenten en systemen voor energie-overdracht en mogelijkheden tot vermindering", IL-HR-03-05. Uitgave van Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam, 1982.
- * Beumer, P.F.M., e.a., "Mogelijkheden tot geluidbestrijding bij intern transport, huidige stand van de techniek", LA-HR-02-06. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1985.
- * Bond van Materialenkennis, "Geluid en luchtverbruik van blaaspistolen". Zwijndrecht, 1982.
- * Botter, C.H., "Produktie management". Kluwer, Deventer, 1985.
- * Brackenhoff, H.E.A. e.a. "Handleiding Meten en Rekenen industrielawaai", IL-HR-13-01. Uitgave Ministerie VROM, Leidschendam, 1981.
- * Brakshoofden, F., e.a. "Advisering van persoonlijke gehoorbeschermingsmiddelen door Rijks Bedrijfsgezondheids- en Bedrijfsveiligheidsdienst (RBB)". Materialen, nr. 7, blz. 22-25, 1986.
- * Coplin, E.J., "Quiet Prime Movers — but at what price?". European Power News, september, blz. 8 - 9, 1986.
- * DHV, "Ergonomische aspecten van omkastingen en schermen", LA-HR-05-01. Concept-uitgave van Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1986.
- * Dolezalek, C.M., "Planung von Fabriksanlagen". Springer-Verlag, Berlin, 1973.
- * Eidt, A., "Methodik zur Planung von Fabrik Layouts unter besonderen Berücksichtigung des Lärms". Dissertatie, Technischen Universität Hannover, West-Duitsland, 1978.
- * Iping, P.J.M., e.a., "Geluidemissie van stookinstallaties en mogelijkheden tot vermindering", IL-HR-03-03. Uitgave Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam, 1982.
- * Koning, C.W., e.a., "Gehoorbeschermingsmiddelen in de praktijk", Uitgave Het Veiligheidsinstituut, Amsterdam, 1986
- * Meier, A. von, "Geluidemissie van ventilatoren en mogelijkheden tot vermindering", IL-HR-03-01. Uitgave Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam, 1981.
- * Muther, R., "Systematische lay-out planning". Uitgave EVO, Zoetermeer, 1979.
- * Noort, A.M. van, e.a., "Inventarisatie van geluidoorzaken en geluidverminderende maatregelen bij de machinale houtbewerking", LA-HR-02-03. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1984.
- * Rangelrooy, P. van, e.a., "Geluidemissie van verspanende bewerkingen in de metaalindustrie", LA-HR-02-11. Concept-uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1986.
- * Steenbrugge, B. van, "Inventarisatie basiskennis geluidarm installeren", LA-HR-03-01. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1985.
- * Straatsma, H., "Geluidemissie van compressoren en mogelijkheden tot vermindering", IL-HR-03-02. Uitgave Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Leidschendam, 1982.

- ★ Straatsma, H., "Geluid van grondverzet-, bouw- en wegebouwmachines", LA-HR-02-10. Concept-uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1986.
- ★ Tukker, J.C., "Geluid van elektrische machines", LA-HR-02-09. Concept-uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1986.
- ★ Tukker, J.C., e.a., "Meting en beoordeling van schadelijk lawaai op de arbeidsplaats", LA-HR-07-01. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1982.
- ★ Tukker, J.C., "Geluid van perslucht" LA-HR-02-02. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1984.
- ★ Tukker, J.C., "Lawaai en lawaai-beheersing van handgereedschap", LA-HR-02-04. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1984.
- ★ Tukker, J.C., e.a., "Inventarisatie geluidarm construeren" LA-HR-03-02. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1985.
- ★ Tukker, J.C., "Geluid van mechanische overbrengingen", LA-HR-02-08. Concept-uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1986.
- ★ Tukker, J.C., "Geluid van bewerkingen en machines in de metaalverwerkende industrie", LA-HR-02-12. Concept-uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1986.
- ★ Veld, J. in 't, "Organisatiestructuur en arbeidsplaats". Elsevier, Amsterdam, 1985.
- ★ Vos, P.H. de, "Stand van de lawaai-bestrijdingstechniek bij pijpleidingsystemen", LA-HR-02-05. Uitgave Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Voorburg, 1984

Trefwoordenregister

Aankoop van machines	12
Aansprakelijkheid	35
Absorberend plafond	15, 67
Adressen	95
Adviesbureaus	95
Afstand tot geluidbron	87
Audiometrie	27
Arbeidsinspectie	33, 34
Arbo-wet	32, 33
Bedrijfsgezondheidsdienst	38
Bestaande indeling	24
Bestaande machines	13
Bewerkingsvolgorde	26
Bouwmachines	56
Compressoren	62
Decibel, dB(A)	10
Dempers	63
Dieselmotoren	62
Dosimeter	29
Draaibanken	57
Extrapoleren	87
Factoranalyse	22
Garantiebepalingen	12
Gebruikstijd	13
Gehoorbescherming	27, 74
Gehooronderzoek	27
Gehoorschade	27, 34
Geluidarm construeren	11, 48
Geluidarm installeren	49
Geluid(druk)niveau	10, 76, 89
Geluidniveaumeter	29, 76
Geluidspecificaties	12
Geluidvermogen(niveau)	89
Gemiddeld geluidniveau berekenen	85
Grootste fout	45
Handgereedschap	52
Houtbewerkingsmachines	51
Indeling van ruimten	14 e.v.
Intern transport	54
Kenmerkende geluidniveaus	10
Klinken	58
Knelpunten analyse	24
Kosten van maatregelen	29
L_{Aeqw}	77
Lassen	58
Lawaaibestrijding: vogelvlucht	8
Lay-out van ruimten	18 e.v.
Leveranciers	95
$L_{EX,t}$	78
$L_{EX,T}$	78
Literatuur	97
Meetapparatuur	29, 76
Meetvoorschrift	77
Meten van geluid	76 e.v.
Muther-diagram	20
Netto effect van maatregelen	87

Trefwoordenregister

Nieuwe machines	11
Normen en richtlijnen	31
Omkastingen	13, 69
Onderhoud	13
Ondernemingsraad	33
Optellen van geluidniveaus	84
Organisatie van lawaaibestrijding	37
Overbrenging	55
Perslucht	49
Pijpleidingsysteem	53
Pneumatisch gereedschap	49, 52
Praktijkvoorbeelden	89 e.v.
Redelijkheidsbeginsel	35
Rekenen met geluid	84 e.v.
Relatie-diagram	20
Ruimte, invloed op geluid	15
Scheren	16, 60, 71
Slijpen	52
Stand van techniek	47
Stille onderdelen	13, 45
Stoorgeluid elimineren	86
Subsidies	42
Systematische Layout Planning	18
Trillingsdemping	65
Ventilatoren	61
Verspanende machines	57
Werkorganisatie	26, 74
Wettelijke bepaling	31 e.v.