

Ser. 4  
S 57-2

2<sup>e</sup> ed.

## Lawaai op de arbeidsplaats

Inventarisatie-onderzoek met  
betrekking tot de optredende  
geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in  
de zuivelindustrie

Nederlands Instituut voor Arbeidsomstandigheden



\*NIA0076856\*

---

Directoraat-Generaal van de Arbeid



S 57-2

gec. 15/8  
4/4

# Lawaai op de arbeidsplaats

## Inventarisatie-onderzoek met betrekking tot de optredende geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in de zuivelindustrie

Nederlands Instituut voor  
Arbeidsomstandigheden NIA  
bibliotheek-documentatie-informatie  
De Boelelaan 32, Amsterdam-Buitenveldert

stamb.nr.  
plaats *Der. 4, 957-2 (2<sup>e</sup> oec.)*  
datum *11 MEI 1989*

Onderzoekprogramma interdepartementale commissie geluidhinder ICG

**LA-HR-02-16**

Een onderzoek uitgevoerd in opdracht van het Directoraat-Generaal van de Arbeid door Adviesbureau Peutz & Associates BV.

**Begeleidingscommissie:**

ir. H. Straatsma, voorzitter	SZW/DGA
ing. P.L.H. Schuurmann, secretaris	SZW/DGA
drs. I.A. Bos	VROM/G
ir. R.M.P. van Gennip	Noord-Nederland
ing. A.L.M. Koop	SZW/DGA
ing. J.J. Matser	TPD-TNO
ir. G.J.M. Wolbers	NIZO

## **Samenvatting**

Dit rapport is de neerslag van een onderzoek naar geluid in de zuivelindustrie. Het onderzoek is gericht op het aangeven van de stand van de techniek op het gebied van lawaaibestrijding en het aangeven van technische mogelijkheden tot het reduceren van geluid van lawaaiige machines en apparaten. Tevens wordt een overzicht gegeven van aandachtspunten die van belang zijn bij het aanschaffen van nieuwe machines en apparatuur.

Na een algemene beschrijving van de zuivelindustrie wordt een beschrijving gegeven van veel voorkomende lawaaiige machines en installaties, met speciale aandacht voor de geluidbronnen. Dan volgt een kort overzicht van normen, grenswaarden en richtlijnen en een beknopte beschrijving van een aanbevolen standaard-meetmethode. Vervolgens wordt uitgebreid ingegaan op de geluidniveaus op de arbeidsplaats bij de eerder beschreven machines en installaties, gevolgd door een beschrijving van mogelijke geluidreducerende voorzieningen. Het rapport wordt afgesloten met een korte beschouwing over de kosten van akoestische voorzieningen.

## **Summary**

This report is the result of an investigation into noise produced in the dairy industry. The investigation is aimed at indicating the state of technology in reducing noise pollution as well as showing the technical possibilities for reducing sound produced by noisy machines and apparatuses. An overview of points requiring attention during the acquisition of new machines and apparatuses is also given.

After a general description of the dairy industry a description is given of the many noisy machines and installations with special attention to the sources of sound. This is followed by a short overview of the norms, limiting values and guidelines and a short description of a recommended standard-measuring method. After this the sound levels in the working environment around the above-mentioned machines and installations are extensively discussed, followed by a description of possible sound-reducing provisions. The report is concluded with a short description of the costs of acoustic provisions.

## Résumé

Ce rapport reflète les résultats d'une étude effectuée sur le bruit dans l'industrie laitière. Cette étude vise à décrire l'état de la situation dans le domaine de la technique de l'isolation acoustique et à indiquer les possibilités techniques pour réduire les nuisances de machines et appareils bruyants. En outre, on y résume les points importants auxquels il faut faire attention lors de l'achat de nouveaux appareils et machines. Après une description générale de l'industrie laitière, on fait l'inventaire des machines et installations bruyantes les plus utilisées en consacrant une attention particulière aux sources sonores de celles-ci. Suit alors un bref aperçu des normes, valeurs limite et directives ainsi qu'une courte description d'une méthode de mesure standards recommandée. Ensuite le niveau acoustique des places de travail auprès des machines et appareils ci-dessus décrits est étudié de façon approfondie et des solutions réduisant les nuisances acoustiques sont proposées. Le rapport se termine par quelques considérations sur les coûts des aménagements acoustiques.

## Zusammenfassung

Dieser Bericht enthält die Ergebnisse einer Untersuchung über Lärm in der Milchwirtschaft. Die Untersuchung zielt darauf hin, den Stand der Technik im Bereich der Lärmbekämpfung zu ermitteln sowie die technischen Möglichkeiten zur Verminderung des Lärms geräuscherregender Maschinen und Apparate an zu geben. Gleichzeitig werden die Schwerpunkte aufgezählt, die bei der Anschaffung neuer Maschinen und Apparate wichtig sind. Auf eine allgemeine Darlegung der Milchwirtschaft folgt eine Beschreibung viel verwendeter geräuscherregender Maschinen und Anlagen, wobei den Lärmquellen besondere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Danach kommt eine kurze Übersicht über Normen, Grenzwerte und Richtlinien und eine kurzgefaßte Beschreibung der empfohlenen Standardmeßmethode. Anschließend werden die Geräuschpegel am Arbeitsplatz bei den früher beschriebenen Maschinen und Anlagen behandelt, wonach eine Beschreibung möglicher lärmvermindernder Vorkehrungen folgt. Der Bericht schließt mit einer kurzen Betrachtung über die Kosten akustischer Vorkehrungen.

Opdrachtgever: Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid,  
Directoraat-Generaal van de Arbeid,  
Voorburg

Betreft: Inventarisatie-onderzoek met betrekking tot de op-  
tredende geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in de  
zuivelindustrie.

Rapportnummer: R 415-2

Datum: 29 april 1988

Ref.: RB/CvdH5/R 415

SAMENVATTING

Onderzoek is verricht naar de optredende geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in de zuivelindustrie.

In tabel I is van de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen een samenvattend overzicht gegeven.

Tevens zijn de mogelijkheden ten aanzien van geluidreducerende voorzieningen aan en ten behoeve van de diverse machines en installaties onderzocht, alsmede de daarmee gepaard gaande kosten.

**Tabel I: Overzicht geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in de zuivel-industrie.**

Betreft	Geluidniveau in dB(A)			
	70	80	90	100
centrifuges, pasteurs en homogenisatoren			■	
krattenlegers flessen		■	■	
spoelmachines flessen			■	
vul/sluit en krattenvullers flessen			■	
sterilisatietorens flessen			■	
vorm-,vul- en sluitmachines karton			■	
vorm-,vul- en sluitmachines bekers			■	
vorm-,vul- en sluitmachines plastic flessen			■	
vul-/sluitmachines gesuikerde blik			■	
vul-/sluitmachines ongesuikerde blik			■	
discontinu sterilisatie			■	
continu sterilisatie			■	
etiketteren blik		■	■	
blikvul- en sluitlijn poeder			■	
verpakken poeder in zakken		■	■	
stempelmachines				■
palletiseermachines		■	■	
depalletiseermachines		■	■	
roll-in containers		■	■	
boterkanonnen			■	
boterkarns			■	
boter kleinverpakking			■	
boter grootverpakking			■	
wrongelbereiding en kaasvaten vullen		■	■	
kaaspakhuis		■	■	
folie-inpak kaas		■	■	
dozenvullen boter			■	
dozenvullen blik			■	
dozenvullen flessen			■	
dozenvullen karton en bekers			■	
blikfabricage		■	■	



INHOUDPAGINA

1. INLEIDING	10
1.1. Doelstelling van het onderzoek	10
1.2. Opzet onderzoek	10
2. ALGEMENE BESCHRIJVING ZUIVELINDUSTRIE	13
2.1. Melkontvangst en -bewerking	14
2.2. Consumptiemelkfabrieken	15
2.3. Boterfabrieken	18
2.4. Kaasfabrieken	20
2.5. Condensfabrieken	22
2.6. Poederfabrieken	24
3. BESCHRIJVING MACHINES EN INSTALLATIES, GELUIDBRONNEN	26
3.1. Centrifuges	28
3.2. Homogenisatoren	32
3.3. Pasteurs	34
3.4. Flessenlijnen	35
3.4.1. Krattentransport	36
3.4.2. Krattenlegers	36
3.4.3. Krattenwassers	37
3.4.4. Flessentransport	38
3.4.5. Flessenspoel- en flessenvulsluitmachines	39
3.4.6. Krattenvullers	42
3.4.7. Krattenstapelaars	43
3.4.8. Sterilisatietorens	44
3.4.9. Etiketteermachines	45
3.5. Vorm-, vul- en sluitmachines	45
3.5.1. Karton	46
3.5.2. Bekers	49
3.5.3. Plastic flessen	50
3.5.4. Krattenvullers en krattenstapelaars	51

3.6. Bliklijnen	53
3.6.1. Gecondenseerde melk	53
3.6.1.1. Bliktransport	
3.6.1.2. Blikvul- en sluitmachines	
3.6.1.3. Sterilisatie	
3.6.1.3.1. Continu	
3.6.1.3.2. Discontinu	
3.6.1.4. Etiketteren	
3.6.2. Poeder	60
3.6.2.1. Bliktransport	
3.6.2.2. Lepeltjestrillers	
3.6.2.3. Blikvulmachines	
3.6.2.4. Vacumeertoestellen	
3.6.2.5. Bliksluitmachines	
3.6.3. Boterolie	65
3.6.4. Stempelmachines	66
3.7. Palletiseer- en depalletiseermachines	67
3.8. Roll-in containers	70
3.9. Boterfabricage	70
3.9.1. Boterkarns	73
3.9.2. Boterkanonnen	74
3.9.3. Boterverpakkingsmachines	75
3.9.3.1. Kleinverpakking	
3.9.3.2. Grootverpakking	
3.10. Kaasfabricage	78
3.10.1. Wrongelbereiding	78
3.10.2. Kaasvaten transport	78
3.10.3. Kaasvaten vullen, ledigen en spoelen	79
3.10.3.1. Kaasvaten vullen	
3.10.3.2. Kaasvaten ledigen	
3.10.3.3. Kaasvatenspoelmachines	
3.10.4. Plastificeren	81
3.10.5. Kaaspakhuis	82
3.10.6. Expeditie en verpakking	82

3.11. Indampers (verdampers of vacuüminstallaties)	83
3.12. Verstuivingstorens	88
3.12.1. Verpakking in zakken en afzakken	91
3.12.2. Verpakking in karton	93
3.13. Dozenvulmachines	93
3.13.1. Boter	94
3.13.2. Blik	95
3.13.3. Flessen	95
3.13.4. Karton en bekera	97
3.14. Transportsystemen	97
3.15. Blikfabricage	98
3.16. Ketels e.d.	99
3.17. Compressoren	101
4. MEETMETHODEN, NORMEN EN GRENSWAARDEN	102
4.1. Inleiding	102
4.2. Lawaai-expositieniveau op de arbeidsplaats	102
4.3. Normen en grenswaarden	103
4.4. Richtlijnen	104
5. GELUIDNIVEAUS OP DE ARBEIDSPLAATS	105
5.1. Centrifuges, homogenisatoren en pasteurs	106
5.2. Flessenlijnen	106
5.3. Vorm-, vul- en sluitmachines	107
5.3.1. Karton	107
5.3.2. Bekers	108
5.3.3. Plastic flessen	108
5.4. Bliklijnen	108
5.4.1. Gecondenseerde melk	108
5.4.2. Etiketteren	109
5.4.3. Poeder	109
5.4.4. Boterolie	110
5.4.5. Stempelmachines	110
5.5. Palletiseer- en depalletiseermachines	110

5.6. Roll-in containers	110
5.7. Boterfabricage	111
5.7.1. Boterkanonnen	111
5.7.2. Boterkarns	111
5.7.3. Kleinverpakking	111
5.7.4. Grootverpakking	111
5.8. Kaasfabricage	112
5.8.1. Fabricage	112
5.8.2. Pakhuis	112
5.8.3. Expeditie en verpakking	112
5.9. Indampers (verdampers of vacuûminstallaties)	113
5.10. Verstuivingstorens	113
5.10.1. Verpakking in zakken en afzakken	114
5.10.2. Verpakking in karton	114
5.11. Dozenvulmachines	115
5.11.1. Boter	115
5.11.2. Blik	115
5.11.3. Flessen	115
5.11.4. Karton en bekers	115
5.12. Blikfabricage	116
6. AKOESTISCHE VOORZIENINGEN	117
6.1. Inleiding	117
6.2. Aktieve voorzieningen	117
6.2.1. Algemeen	117
6.2.2. Centrifuges	120
6.2.3. Homogenisatoren	120
6.2.4. Pasteurs	121
6.2.5. Flessenlijnen	121
6.2.5.1. Krattentransport	
6.2.5.2. Krattenwassers	
6.2.5.3. Flessentransport	
6.2.5.4. Krattenvullers en krattenlegers	
6.2.5.5. Flessenvul- en flessensluitmachines	

6.2.5.6. Flessenspoelmachines	
6.2.6. Vorm-, vul- en sluitmachines	123
6.2.6.1. Karton	
6.2.6.2. Bekers	
6.2.6.3. Plastic flessen	
6.2.6.4. Krattenvullers en -stapelaars	
6.2.7. Bliklijnen	124
6.2.7.1. Gecondenseerde melk	
6.2.7.2. Poeder	
6.2.7.3. Stempelmachines	
6.2.8. Palletiseer- en depalletiseermachines	125
6.2.9. Boterfabricage	125
6.2.9.1. Boterkarns	
6.2.9.2. Boterkanonnen	
6.2.9.3. Kleinverpakking	
6.2.9.4. Grootverpakking	
6.2.10. Kaasfabricage	126
6.2.10.1. Kaasvatentransport	
6.2.10.2. Kaasvaten vullen	
6.2.11. Indampers (verdampers of vacuüminstallaties)	127
6.2.12. Verstuivingstorens	128
6.2.13. Dozenvulmachines	128
6.2.14. Blikfabricage	128
6.3. Passieve voorzieningen	129
6.3.1. Ruimte-akoestiek	129
6.3.2. Lay-out en compartimenteren	131
6.3.3. Bedieningsruimten of panelrooms	132
6.3.4. Pneumatiek	132
6.3.5. Omkastingen	133
6.3.6. Afschermingen	134
6.3.7. Uitwendige isolatie	134

<b>7. KOSTEN AKOESTISCHE VOORZIENINGEN</b>	<b>136</b>
7.1. Inleiding	136
7.2. Aktieve voorzieningen	136
7.3. Passieve voorzieningen	137
<b>8. EPILOOG</b>	<b>139</b>
<b>Literatuur</b>	<b>142</b>
<b>Bijlage A, Geluidtechnische begrippen</b>	

## 1. INLEIDING

In opdracht van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directoraat-Generaal van de Arbeid, is een onderzoek ingesteld naar het lawaai op de arbeidsplaats in de zuivelindustrie.

Het onderzoek is opgedragen in het kader van het ICG-onderzoekproject LA-02 "Inventarisatie van de stand van de techniek met betrekking tot lawaai op de arbeidsplaats voor apparaten en werkzaamheden" gericht op de zuivelindustrie.

### 1.1. Doelstelling van het onderzoek

Het onderhavige onderzoek is gericht op het bepalen van de stand der techniek met betrekking tot de akoestisch relevante machines en apparatuur, welke worden toegepast in de zuivelindustrie.

Het onderzoek heeft tot doel het aangeven van:

- de geluidniveaus welke optreden op de arbeidsplaatsen van de verschillende machines en apparaten, en binnen de te onderscheiden afdelingen van de fabrieken;
- de relevante geluidbronnen en deelgeluidbronnen;
- de technische middelen om de bijdragen van de verschillende (deel-) geluidbronnen te reduceren;
- de kostenaspecten welke gepaard gaan met het toepassen van akoestische voorzieningen;
- de informatie welke noodzakelijk is voor het stellen van eisen bij aanschaf van nieuwe machines en apparatuur.

### 1.2. Opzet onderzoek

Het inventarisatie-onderzoek omvat de volgende onderdelen.

Ten eerste is een onderverdeling gemaakt naar fabrieksssoort in de zuivelindustrie:

- consumptiemelkfabrieken;
- boterfabrieken;
- kaasfabrieken;
- condensfabrieken;
- poederfabrieken.

De machines en installaties die in deze fabrieken voorkomen zijn ofwel specifiek voor de betreffende fabriek, dan wel komen deze in meer fabrieken voor. Derhalve is in tweede instantie een onderverdeling gemaakt naar machines en installaties:

- melkscheidingsinstallaties;
- consumptiemelkinstallaties (fles, karton, kunststof);
- boterinstallaties, inclusief verpakking;
- kaasinstallaties;
- indampinstallaties;
- poederbereidingsinstallaties;
- poederinpakinstallaties;
- blikmelkbereidingsinstallaties;
- blikkenvulininstallaties.

De beschouwde installaties en machines zijn o.a. qua opbouw, uitvoering, afmetingen e.d. zeer verschillend. Het onderzoek bestrijkt grotendeels de gehele zuivelindustrie, zeer specifieke en zeer weinig voorkomende machines en installaties zijn niet meegenomen.

Binnen een bepaalde groep installaties of machines komen onderling verschillen voor. De daardoor optredende spreiding in de geluidniveaus is mede afhankelijk van machinesnelheden, wijze van opstellen en de vorm, het volume en de afwerking van de ruimten waarin de machines staan opgesteld.

Getracht is zoveel mogelijk de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen aan te geven onder vermelding van de omstandigheden, waaronder de metingen zijn uitgevoerd.



De metingen hebben plaats gevonden bij machines en op arbeidsplaatsen in normaal funktionerende en producerende zuivelfabrieken. In een aantal gevallen, waar andere geluidbronnen dan de bij de betreffende arbeidsplaats behorende machine of installatie, de geluidniveaus bepalen, is getracht door aparte metingen het geluidniveau van de betreffende machine vast te liggen. Een en ander is bij de meetresultaten vermeld.

De geluidbronnen worden afzonderlijk besproken, waarbij wordt ingegaan op de oorzaken van het ontstaan van het geluid, de optredende geluidniveaus, alsmede de mogelijke geluidreducerende voorzieningen.

De kosten van voorzieningen kunnen verdeeld worden naar actieve en passieve maatregelen. De kosten van actieve maatregelen zijn moeilijk te ramen, daar een en ander kan ingrijpen op de bedrijfsvoering. De kosten van passieve maatregelen zijn relatief hoog, vanwege de noodzakelijke hygiënische eisen.

## 2. ALGEMENE BESCHRIJVING ZUIVELINDUSTRIE

De melk, afkomstig van de primaire melkproducenten - de runderen - wordt bij de veehouders in koeltanks opgeslagen en vandaar met tankwagens opgehaald en naar de fabriek getransporteerd - de zogenaamde rijdende melkontvangst (RMO).

Na ontvangst van de melk in de fabrieken wordt de melk gewogen, gemonsterd en gekeurd; vervolgens ondergaat de melk al naar gelang van de gewenste produkten één of meer bewerkingen.

Deze bewerkingen kunnen bestaan uit fysische bewerkingen, zoals verwarmen, koelen, indampen, centrifugeren, en/of speciale bewerkingen met behulp van bacterie-cultures (reincultuur) of enzympreparaten, terwijl verder een aantal produkten wordt verkregen door toevoeging van bindmiddelen, smaak- en kleurstoffen en dergelijke.

In een fabriek waar consumptiemelkprodukten worden gemaakt, wordt de melk eerst gedeeltelijk ontroomd door middel van centrifuges en vervolgens verwerkt tot de diverse melkprodukten, zoals consumptiemelk (dagmelk), gesteriliseerde melk, koffiemelk, vla, yoghurt, etc.

De bij het centrifugeren gewonnen room wordt verwerkt tot verschillende soorten room of tot boter met daarnaast karnemelk of afgevoerd naar speciale fabrieken voor boterbereiding.

In een fabriek waar uitsluitend boter wordt gemaakt, wordt de melk meestal gepasteuriseerd, gekoeld en gecentrifugeerd.

De room wordt, al dan niet aangezuurd, verkarnd.

De ondermelk (de melk welke overblijft na vetverwijdering) gaat soms naar de leveranciers terug en wordt dan afgevoerd als veevoeder, maar wordt meestal verwerkt tot melkpoeder.

In kaasfabrieken wordt de melk verwerkt tot kaas, nadat meestal gedeeltelijk ontroming heeft plaatsgevonden.

De bij de kaasbereiding vrijkomende (vloeibare) wei wordt meestal afgevoerd naar weiverwerkende fabrieken, alwaar uit de wei melksuiker en eiwitten en/of weipoeder worden gewonnen.

Vaak wordt reeds in de kaasfabriek de af te voeren wei tevoren ingedikt door middel van indamping.

Naast de vorengenoemde bedrijven zijn er fabrieken waar de melk door indamping wordt ingedikt tot gecondenseerde melk.

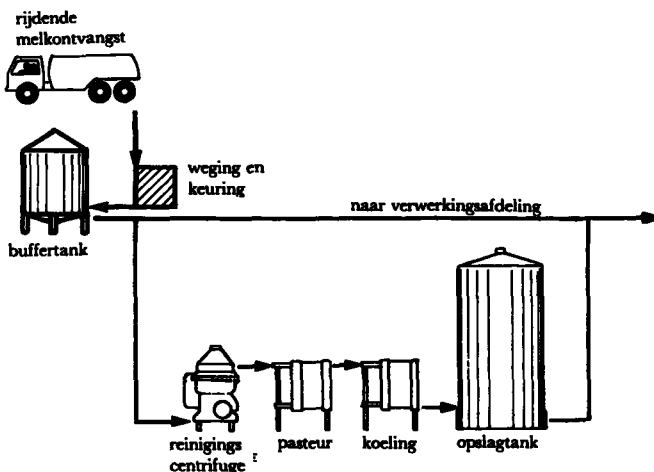
In poederfabrieken wordt door een verdere verdamping van het water uit de melk, of de wei, als eindproduct melkpoeder, respectievelijk weipoeder verkregen.

### 2.1. Melkontvangst en -bewerking

De melkontvangst is het fabrieksgedeelte waar de melk na weging, monsterring en keuring wordt ontvangen.

De ontvangen melk wordt in de verwerkingsafdeling van de fabriek achtereenvolgens gecentrifugeerd, ontroomd, gereinigd, gepasteuriseerd of gethermiseerd, gekoeld en verder verwerkt. Eventueel blijft de melk na enige bewerkingen opgeslagen in tanks.

Een voorbeeld van de melkontvangst is in figuur 2.1 weergegeven.



Figuur 2.1: Melkontvangst

- Ontromen

Door de melk te centrifugeren, zie ook paragraaf 3.1., worden vet en ondermelk gescheiden, waarna door menging van deels ontroomde en niet ontroomde melk een bepaald vetgehalte in de melk wordt verkregen, zogenaamd standaardiseren van de melk.

In de zuivelindustrie zijn diverse typen centrifuges in gebruik.

- Pasteuriseren en thermiseren

Onder pasteuriseren en thermiseren wordt verstaan het behandelen van de melk door verhitting om ongewenste bacteriën te vernietigen, zie ook paragraaf 3.3.

- Koelen

Met het koelen wordt beoogd de kwaliteitsachteruitgang van de rauwe of van de gepasteuriseerde melk, dan wel van de room te voorkomen. De temperatuur tot waar gekoeld dient te worden, hangt af van het soort te bereiden produkt, de wijze van opslag, de bewaartijd, etc.

- Opslaan

Het bewaren van o.a. volle melk, karnemelk, room, wei, ondermelk en doorleveringsmelk geschiedt in tanks, die in het zogenaamde tanklokaal zijn opgesteld.

In dit tanklokaal zijn roerwerken, pompen en dergelijke aanwezig.

## 2.2. Consumptiemelkfabrieken

In een consumptiemelkfabriek (melkinrichting) worden diverse soorten melk en vloeibare melkprodukten bereid, zoals dagmelk (drinkmelk), gesteriliseerde melk, room, slagroom, karnemelk, yoghurt, vla, pap (zoet), gort- en bloempap, chocolademelk en dergelijke.

- Produktieproces algemeen

De melkontvangst wordt beschreven in paragraaf 2.1. Na de melkontvangst wordt de melk in het tanklokaal opgeslagen, gestandaardiseerd (= op het juiste vetgehalte gebracht), gepasteuriseerd en meestal gehomogeniseerd (zie paragraaf 3.2.).

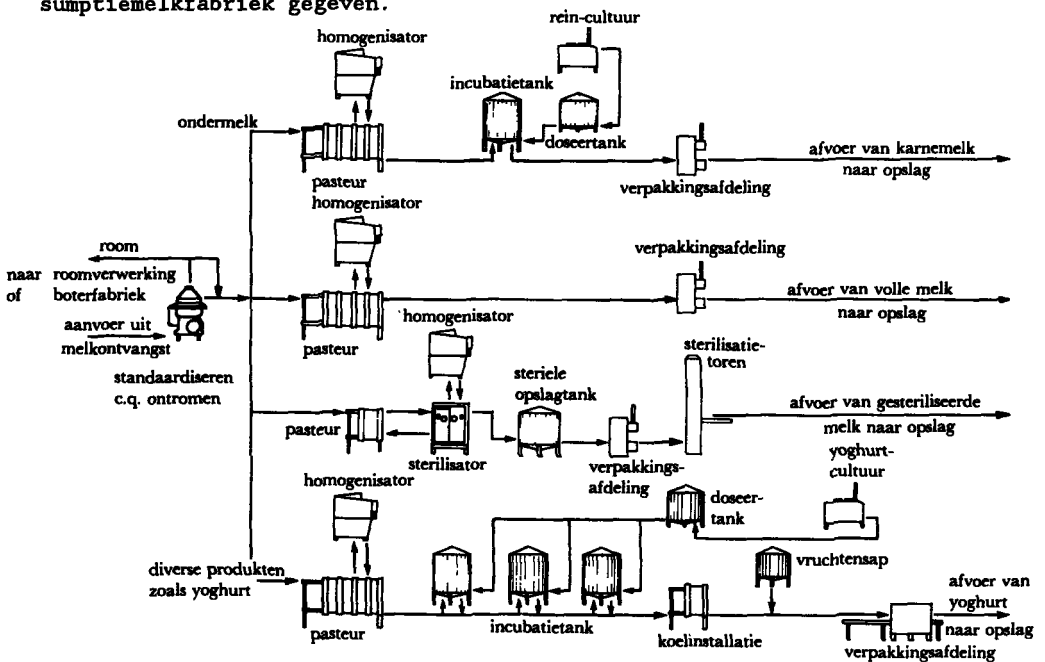
Na het pasteuriseren wordt de melk naar doorstroomtanks gebracht en gebotteld in flessen of verpakt in bekers en pakken.

De melk bestemd voor de produktie van yoghurt, vla, pap en dergelijke wordt na standaardisatie naar het bereidingslokaal gebracht, waar deze produkten worden bereid. Ook deze produkten worden gebotteld of verpakt.

Gesteriliseerde melk wordt vaak in aparte fabrieken bereid.

Na het steriliseren van de melk worden de flessen gevuld en in sterilisatietorens nogmaals gesteriliseerd.

In figuur 2.2 is een schematisch voorbeeld van een consumptiemelkfabriek gegeven.



Figuur 2.2: Consumptiemelkfabriek

- Voorbehandeling van de melk

Hieronder wordt verstaan de bewerkingen die de melk ondergaat, voorafgaand aan de feitelijke bewerking tot de produkten.

Men onderscheidt hierbij pasteuriseren, homogeniseren en steriliseren.

- Pasteuriseren

Onder pasteuriseren wordt verstaan het behandelen van de melk door verhitting om ongewenste bacteriën te vernietigen, zie ook paragraaf 3.3.

- Homogeniseren

Aan de bereiding van vele produkten gaat het homogeniseren vooraf, zie ook paragraaf 3.2. Het doel hiervan is het voorkomen van oproming van het vet (opstijgen van vetdeeltjes) en het verbeteren van de melkstructuur.

- Steriliseren

Om melk of melkprodukten langdurig houdbaar te maken, wordt sterilisatie toegepast. Daaronder wordt verstaan het verhitten van de melk bij temperaturen boven 100°C gedurende een bepaalde tijd tot het gewenste sterilisatie-effect (bacteriologische eisen per produktsort) is bereikt.

- Reinigen van de flessen

De flessen, hetzij nieuwe of terugontvangen flessen, worden voor het gebruik gereinigd in een spoelmachine, zie ook paragraaf 3.4.5.

- Het verpakken van melk en vloeibare melkprodukten

De vloeibare melkprodukten worden verpakt in flessen of materialen voor éénmalige verpakking zoals blik, karton of kunststof, zie ook paragraaf 3.4., 3.5. en 3.6.

2.3. Boterfabrieken

Naast de boterbereiding in aparte boterfabrieken wordt in een aantal zuivelfabrieken, bijvoorbeeld consumptiemelkfabrieken ook boter gemaakt uit overtollig vet.

- Produktieproces

Vanuit het tanklokaal wordt de melk in het centrifugelokaal gecentrifugeerd tot room en ondermelk.

De ondermelk (ook wel taptemelk of magere melk genoemd) wordt in de fabriek zelf of elders tot poeder verwerkt, danwel als zodanig t.b.v. veevoeder afgevoerd.

De room wordt gepasteuriseerd, gekoeld en opgeslagen in tanks.

De boterbereiding uit room vindt plaats in karns (discontinu proces) of in de modernere boterkanonnen (continu proces), zie ook paragraaf 3.9.

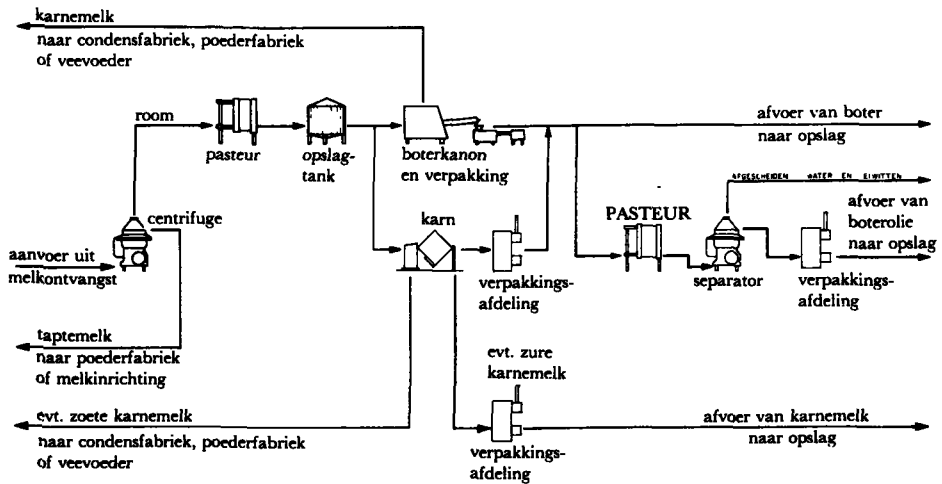
In een aantal fabrieken wordt uit de boter met behulp van speciale separatoren (centrifuges) boterolie bereid.

Een voorbeeld van een boterfabriek is schematisch in figuur 2.3 gegeven.

- Karntoestellen

Karns zijn veelal uitgevoerd in roestvrij staal en hebben vaak een kubusvorm.

In deze karns wordt de room gekarnd en de boter gekneed (walsloze karnkneders).



**Figuur 2.3: Boterfabriek**

- Continu boterbereiding

Deze manier van boterbereiding, waarbij de room met behulp van een zogenaamd boterkanon continu wordt omgezet in karnemelk en boter, wordt steeds meer toegepast, zie paragraaf 3.9.

- Boterolie

In de grotere boterfabrieken wordt continu, danwel in tijden van boteroverschot boterolie bereid.

Hierbij wordt de uit de karn verkregen boter of boter uit de opslag in een pasteur op 60°C gebracht en vervolgens in speciale separatoren (centrifuges) ontdaan van nog aanwezig water en eiwitten.

De heldere boterolie wordt vervolgens gevuld in blikken of grootverpakking.

- Pakmachines

De pas bereide boter wordt (na opslag in een koelruimte) verpakt in pakjes danwel in grootverpakking, zie paragraaf 3.9.3.



## 2.4. Kaasfabrieken

Onder kaasfabrieken worden verstaan zelfstandige fabrieken danwel een afdeling van een zuivelfabriek (kaasmakerij), waar uit de voorbehandelde melk kaas wordt bereid.

### - Produktieproces

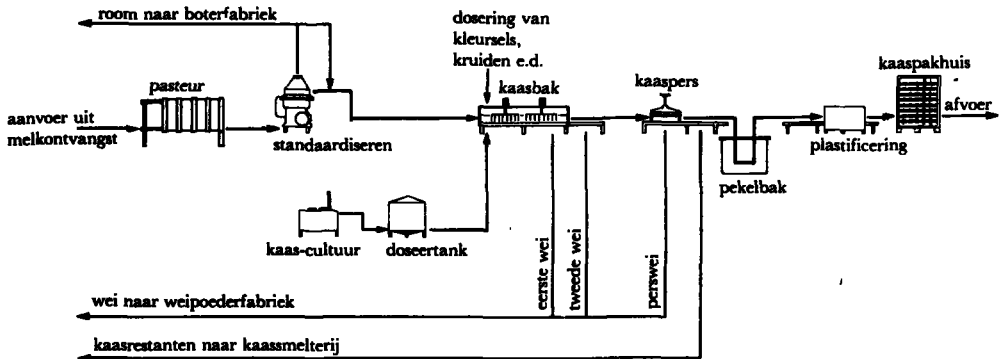
De aangevoerde melk wordt na ontvangst en voorbehandeling opgeslagen in het tanklokaal.

Na standaardiseren worden aan de melk in de kaasbakken o.a. en stremsel en zuursel toegevoegd, waardoor de melk stremt en wrongel ontstaat. Na het aftappen van de afgescheide vloeistof (wei) uit de kaasbakken blijft de wrongel achter, die verder tot kaas wordt gevormd door vormen en persen.

De wei wordt, al dan niet ingedikt, afgevoerd voor verdere verwerking tot weipoeder en dergelijke.

De kaas wordt gepekeld en in kaaspakhuizen opgeslagen alvorens te worden verhandeld.

In figuur 2.4 is een schematisch voorbeeld van een kaasfabriek gegeven.



Figuur 2.4: Kaasfabriek

### - Kaasbakken

Na een voorbehandeling van de melk zoals thermiseren of pasteuriseren, koelen en opslaan in het tanklokaal wordt de melk door standaardiseren op het juiste vetgehalte gebracht. Het teveel aan vet, dat bij het centrifugeren is afgescheiden wordt ofwel als nevenprodukt verwerkt tot boter dan wel afgevoerd naar een boterfabriek.

De gestandaardiseerde melk wordt na toevoegen van o.a. stremsel, zuursel (een speciale bacteriecultuur), en kruiden in de kaasbakken gestremd.

In de kaasbakken wordt het coagulum - mengsel van gestremde eiwitten (wringel) en vocht (wei) - met behulp van een speciaal messenroerwerk gesneden om de vloeistof de gelegenheid te geven uit de wringel te treden.

Na stremmen en snijden wordt de eerst wei afgetapt en blijft de weiwringel achter.

Uit de weiwringel wordt na enige tijd de tweede wei afgelaten.

De wei wordt meestal in de fabriek in tanks opgeslagen en vandaar ofwel direct afgevoerd naar de weiverwerkende fabrieken danwel in de fabriek zelf eerst in een indampinstallatie ingedikt, voordat deze wordt afgevoerd.

### - Kaasvaten en -persen

De wringel uit de kaasbakken wordt vervolgens, automatisch of met de hand, in de vaten gedaan, zie ook paragraaf 3.10. In het vat wordt kaaswringel tot kaas gevormd.

De vaten worden vervolgens in de kaaspersen geperst, waarbij de laatste wei - de zogenaamde perswei - uit de kaas wordt geperst.

Na het vormen en persen volgt het omlopen en randen (afsnijden) tot de juiste vorm.

- Pekelen

Nadat de kaas de goede vorm heeft verkregen, wordt deze getransporteerd naar de pekelbakken.

De kaas wordt in de pekelbakken op het gewenste zoutgehalte gebracht (geconserveerd).

Na het pekelen gaat de kaas naar de kaasopslag.

- Kaasopslag

De na het pekelen verkregen kaas wordt bewaard in het kaaspakhuis. Voor het verkrijgen van een goede kwaliteit tijdens de opslag dient de kaas regelmatig te worden gekeerd, op constante temperatuur te worden gehouden en te worden geplastificeerd.

- Weibehandeling

De wei wordt ofwel direkt afgevoerd, danwel in de fabriek zelf, middels een indampinstallatie ingedikt en dan afgevoerd naar weiverwerkende fabrieken voor de bereiding van weipoeder of melksuiker en eiwitten.

## 2.5. Condensfabrieken

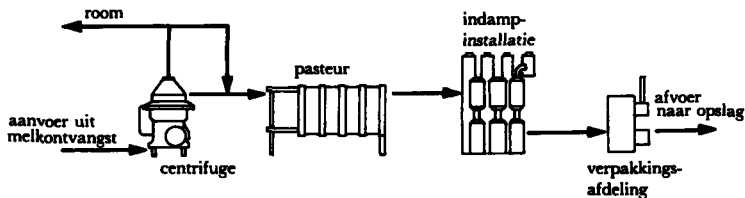
Onder condens wordt verstaan het produkt dat wordt verkregen door volle melk of ondermelk (taptemelk), al of niet na toevoeging van suiker, in te dikken door verdamping van circa 90 % van het in de melk aanwezige water, zie paragraaf 3.11.

- Produktieproces

Bij de bereiding van gesuikerde condens wordt aan melk onder roeren de gewenste hoeveelheid suiker toegevoegd.

Vóór het indampen wordt de melk gepasteuriseerd en vervolgens in de zogenaamde aantrekpan gebracht, waarin de melk op temperatuur wordt gehouden met behulp van stoom, meestal onder roeren en van waaruit de indamper wordt gevoed.

De na het indampen verkregen condens wordt afgekoeld en vervolgens in blikjes verpakt. De ongesuikerde condens wordt in de blikjes nog gesteriliseerd. Een schematisch voorbeeld van een condensfabriek is in figuur 2.5 weergegeven.



**Figuur 2.5:** Condensfabriek

- Indampers (verdampers of vacuüminstallaties)

In de condensfabrieken worden meestal meervoudige indampers gebruikt, waarbij de apparaten zodanig zijn geschakeld dat elk volgend lichaam wordt verhit door de dampen die ontstaan bij het voorafgaande lichaam.

- Condensatie-inrichtingen

Gebruikt worden o.a. oppervlaktecondensators waarin de dampen condenseren doordat deze langs een door koelwater gekoelde pijpenbundel stromen. Voor deze condensatie-inrichting zijn pompen benodigd, zoals koelwaterpompen en condensaatpompen.

De condensatie-inrichting vormt (veelal) een geheel met de indamper.

- Verpakken

De na het indampen verkregen condens wordt afgevuld in blikjes, en eventueel nog gesteriliseerd.

## 2.6. Poederfabrieken

Poederfabrieken zijn fabrieken of afdelingen van fabrieken waar het tot poeder te verwerken produkt na indampen wordt gedroogd en als poeder wordt verpakt (melk- en weipoeder).

Het drogen van het produkt geschiedt in een verstuivingstoren (poedertoren, spray dryer), zie paragraaf 3.12.

Melksuiker, een belangrijk bestanddeel van de wei, wordt vaak in een aparte afdeling van de fabriek eerst uit de wei gewonnen alvorens de restwei wordt verwerkt tot suikerarme weipoeder.

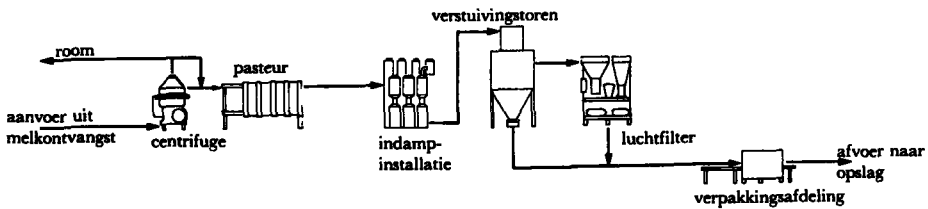
### - Produktieproces

De aangevoerde grondstof wordt in veel gevallen reeds tot 25 % ingedikt afgeleverd bij de poederfabrieken.

De ingedikte wei of melk wordt bij de poederfabrieken verder ingedikt tot circa 45 %, waarna het ingedikte produkt in een verstuivingstoren wordt gedroogd tot poeder.

De poeder wordt in zakken verpakt of opgeslagen in silo's.

Een schematisch voorbeeld van een poederfabriek is in figuur 2.6 weergegeven.



Figuur 2.6: Poederfabriek

- Verstuiwingssysteem

Bij het verstuiwingssysteem wordt het ingedikte produkt naar de verstuiwer in de verstuiwingstoren gebracht.

Boven in de toren wordt ingedikte produkt verstoven en gelijktijdig met hete lucht vermengd.

In de toren valt de gedroogde poeder naar beneden en wordt al of niet via schudbeddokers en koelers afgevoerd naar silo's of afzakstraten.

- Melksuikerfabricage

De grondstof voor de melksuikerfabricage is wei met een drogestofgehalte van circa 25 %.

Vanuit de opslagtanks wordt de ingedikte wei via een buffervat naar een indampinstallatie gevoerd. Deze indampinstallatie dikt de wei in tot het gewenste drogestofgehalte van circa 60 %.

De tot 60 % ingedikte wei wordt vervolgens naar de kristalleurs gevoerd, waar zich onder roeren en koelen de suikerkristallen vormen.

Het verkregen mengsel wordt vervolgens naar centrifuges geleid, alwaar de suiker van de vloeistof wordt gescheiden. Het centrifugeren gebeurt meestal in volmantel dekanter, danwel zeefgaascentrifuges met schroef.

De middels centrifugeren afgescheiden suiker wordt vervolgens verder geraffineerd (gezuiverd) door oplossen, filteren, wederom kristalliseren en centrifugeren. De zo verkregen suiker wordt vervolgens gedroogd, gekoeld, gemalen (met snel draaiende molen) en verpakt.

De suiker wordt bij de melksuikerfabriek meestal direct afgezakt.

De afgescheiden suikerarme wei wordt vervolgens in de fabriek zelf of elders verwerkt tot suikerarme eiwitrijke weipoeder na verder indikken in een indampinstallatie en verstuiwen in een verstuiwingstoren.

### 3. BESCHRIJVING MACHINES EN INSTALLATIES. GELUIDBRONNEN

De bronnen, die de oorzaak zijn van geluid (zie bijlage A), kunnen worden onderverdeeld in geluidbronnen die direkt luchtgeluid veroorzaken en geluidbronnen waarbij het geluid indirekt wordt opgewekt.

Bij het direkt veroorzaakte luchtgeluid, zoals dit bijvoorbeeld optreedt bij ventilatoren, aanzuig- en uitlaatopeningen en perslucht-afblaasopeningen, ontstaan direkt bij de bron drukveranderingen in de omringende lucht, die als geluid kunnen worden waargenomen.

Het indirekte geluid ontstaat door trillingen in een konstruktie ten gevolge van de op of in deze konstruktie optredende wisselende krachten of drukken. Als voorbeelden kunnen worden genoemd elektromotoren, centrifuges en pompen. Ten gevolge van de wisselende krachten treden er in de konstruktie trillingen op, die aan de buitenzijde hiervan de omringende lucht in trilling kunnen brengen en derhalve geluid kunnen uitstralen.

Daarnaast kunnen trillingen, die in bepaalde componenten optreden, zich voorplanten via de konstruktie naar andere delen, zoals een machinebehuizing. Vooral als het grote plaatvormige onderdelen betreft kunnen deze delen er voor zorgen dat er relatief veel geluid wordt afgestraald. De in een konstruktie optredende trillingniveaus wordt veelal konstruktiegeluid genoemd.

Afhankelijk van de soort geluidbron kunnen bepaalde voorzieningen worden getroffen met het doel de geluidproduktie te reduceren.

Bij deze voorzieningen dient een onderscheid gemaakt te worden tussen:

- aktieve voorzieningen:

hierbij wordt door het ingrijpen in het ontstaansmechanisme van het geluid en de trillingen, bijvoorbeeld door middel van konstruktiewijzigingen, de geluid- en trillingproduktie van de bron zelf gereduceerd;

- passieve voorzieningen:

hierbij wordt niet ingegrepen in het ontstaansmechanisme van het geluid of de trillingen, maar wordt de overdracht van geluid beperkt, bijvoorbeeld door het aanbrengen van omkastingen, geluidabsorptie en/of trillingisolatie.

Het toepassen van actieve voorzieningen heeft in vele gevallen de voorkeur, daar hierbij niet de problemen optreden zoals deze optreden bij het toepassen van passieve voorzieningen. Te denken is bijvoorbeeld aan de problemen die zich voordoen bij het omkassen van geluidbronnen met betrekking tot bediening, toegankelijkheid, warmte, ventilatie, demonteerbaarheid, toe- en afvoer van produkt of materiaal en hygiëne.

Het toepassen van actieve voorzieningen vereist een goed inzicht in het ontstaansmechanisme van geluid en trillingen, de wijze waarop trillingen zich in een konstruktie voortplanten en het rendement van de geluidafstraling.

In de praktijk zal het voor een gebruiker van machines, installaties e.d. in de zuivelindustrie, veelal niet mogelijk zijn zelf actieve voorzieningen aan te brengen, onder andere als gevolg van garantie. Deze voorzieningen liggen meer op het pad van de fabrikant. Wel kunnen door gebruikers in bepaalde gevallen aanvullende passieve voorzieningen worden aangebracht.

Een algemeen facet binnen de zuivelindustrie is de afwerking van wanden en plafonds van de ruimten in zuivelfabrieken, waardoor de ruimteakoestiek (mede) bepaald wordt. In nagenoeg alle gevallen is om hygiënische redenen gekozen voor een gladde niet-hygroscopische, dus geluidreflekterende afwerking. Hierdoor is de afname met de afstand van het geluid gering (zie bijlage A) en is het zonder meer detecteren van geluidbepalende bronnen in een ruimte niet eenvoudig.

De geluidniveaus in het nagalmveld (zie bijlage A) verschillen derhalve in geringe mate van de geluidniveaus dichtbij de geluidbronnen.



Van machines en installaties worden in de volgende paragrafen een beschrijving en de geluidproducerende componenten aangegeven met zoveel mogelijk de gemeten geluidniveaus op ca. 1 m afstand.

Daar waar niet op 1 m afstand gemeten kon worden, is gemeten in de ruimte waarin de betreffende machine staat opgesteld, derhalve is het geluidniveau in het nagalmveld gemeten (zie bijlage A).

Aangezien in zuivelfabrieken geen of nagenoeg geen geluidabsorptie aanwezig is, betekent dit dat het geluidniveau in het nagalmveld nauwelijks verschilt met het geluidniveau op korte afstand. Voor de arbeidsplaatsen kan normaliter als geluidbelasting dan ook het geluidniveau op 1 m afstand als uitgangspunt dienen.

Voor een groot aantal machines en installaties is in de vorm van histogrammen aangegeven welke geluidniveaus werden gemeten als functie van het aantal. Tevens is zowel in octaafbanden als in tertsbanden een specifiek geluidspectrum (zie bijlage A) weergegeven, inclusief standaarddeviaties.

### 3.1. Centrifuges

Centrifuges zijn onder te verdelen in verticale centrifuges of separatoren en horizontale centrifuges of dekanter. Separatoren komen het meest voor en worden veelal centrifuges genoemd.

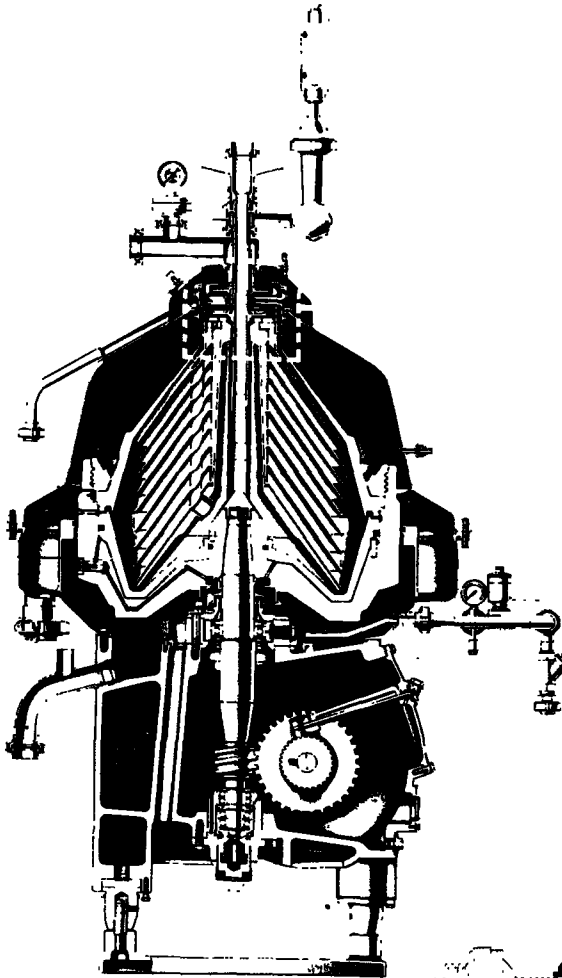
Een centrifuge is een apparaat waarmee twee of meer componenten van elkaar kunnen worden gescheiden.

Een centrifuge bestaat gewoonlijk uit een trommel, al dan niet met conische schijven, die met grote snelheid wordt rondgedraaid, waarbij de stof (vast of vloeibaar) met de grootste dichtheid tegen de wand geslingerd en afgevoerd wordt.

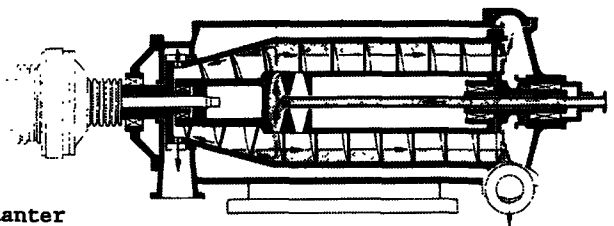
In figuur 3.1 is het principe van een centrifuge of separator weergegeven.

De horizontale centrifuge of dekanter is in feite bedoeld voor het winnen van vaste stoffen uit vloeistoffen met een relatief hoog gehalte aan vaste stof (tot ca. 60 %).

In de trommel van de dekanter, zie figuur 3.2, draait een transportworm met een iets grotere snelheid dan de trommel, zodat de worm de tegen de buitenwand geslingerde vaste stof naar de afvoeropening transporteert. De geklaarde vloeistof wordt via een opening in de trommelwand afgevoerd.

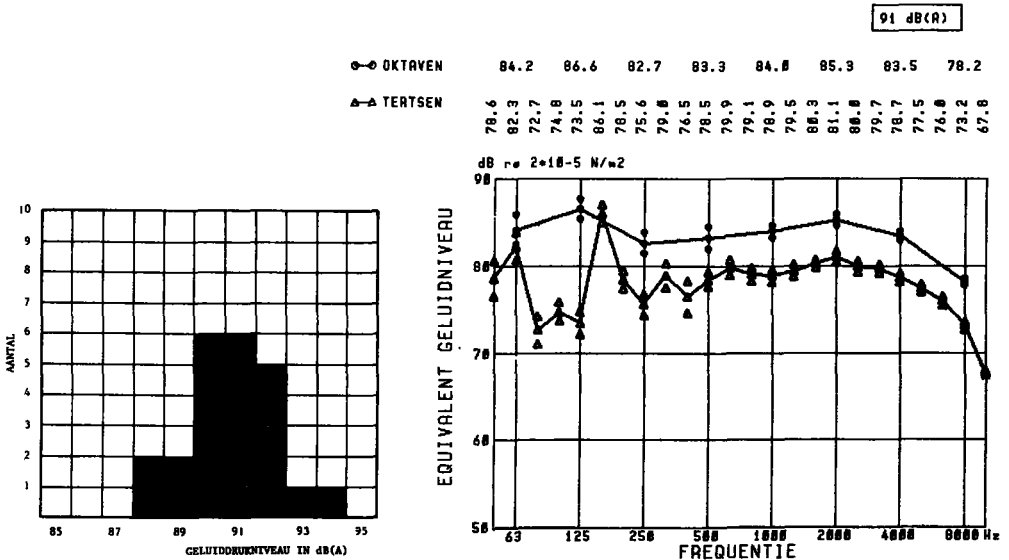


Figuur 3.1: Centrifuge



Figuur 3.2: Dekanter

De aandrijfmotor en de draaiende trommel vormen de componenten die bij de separatoren (vertikale centrifuges) de geluidniveaus produceren. Gezien de bouwwijze vindt de geluiduitstraling plaats door de gehele behuizing van de centrifuge. Door separatoren worden geluidniveaus op 1 m afstand geproduceerd van 88 à 94 dB(A), zie fig. 3.3 en fig. 3.4. Bij zogenaamde zelflossende centrifuges kunnen 1 à 3 maal per uur geluidniveauverhogingen optreden gedurende enkele seconden. Geluidniveaus van 95 tot 105 dB(A) op 1 m afstand komen voor.



Figuur 3.3: Separatoren

Figuur 3.4: Separator

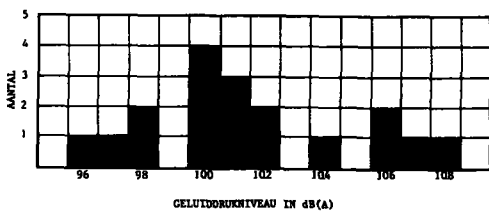
Bij een dekanter (horizontale centrifuge) speelt, naast de aandrijving en het sneldraaiende trommelgedeelte, het tegen de wand slaan van de vaste stof een rol.

Dekanters werken normaliter met hogere trommelsnelheden dan separatoren. Geluidniveaus op ca. 1 m van 96 à 108 dB(A) zijn gemeten, zie fig. 3.5 en fig. 3.6.

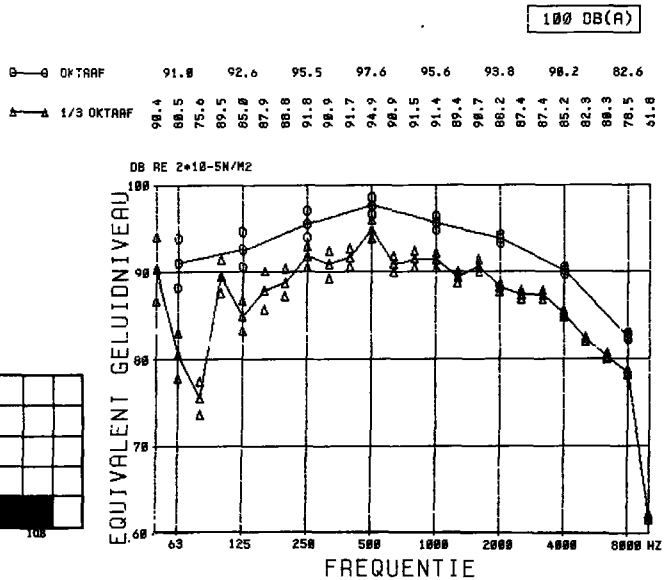
Nader onderzoek is verricht aan een aantal dekanters, die op 1 m afstand 106 à 108 dB(A) produceren.

Deze dekanter werd ook onbelast gemeten, waarbij de geluidniveaus 94 à 95 dB(A) bedroegen, zodat vastgesteld kan worden dat de hoge geluidniveaus bepaald worden door de grondstoffen. Verder onderzoek wees uit dat de aandrijfmotoren op 1 m afstand een geluidniveau van 86 à 89 dB(A) produceren.

In de betreffende dekanter treden grondstofsnelheden op van 200 à 250 km/uur, waardoor in de dekanter een soort "zandstraaleffect" aanwezig is. De trommelsnelheden bedragen ca. 3500 omw/min. Uit onderzoek naar de geluidafstraling van het wandoppervlak van de dekanter bleek dat aan de grondstofftoevoerzijde deze geluidstraling ca. 10 dB(A) hoger ligt dan aan de andere zijde, zodat geconcludeerd kan worden dat de geluidafstraling van het wandgedeelte aan de toevoerzijde bepalend is voor de hoge geluidniveaus.



**Figuur 3.5:** Dekanters



**Figuur 3.6:** Dekanter

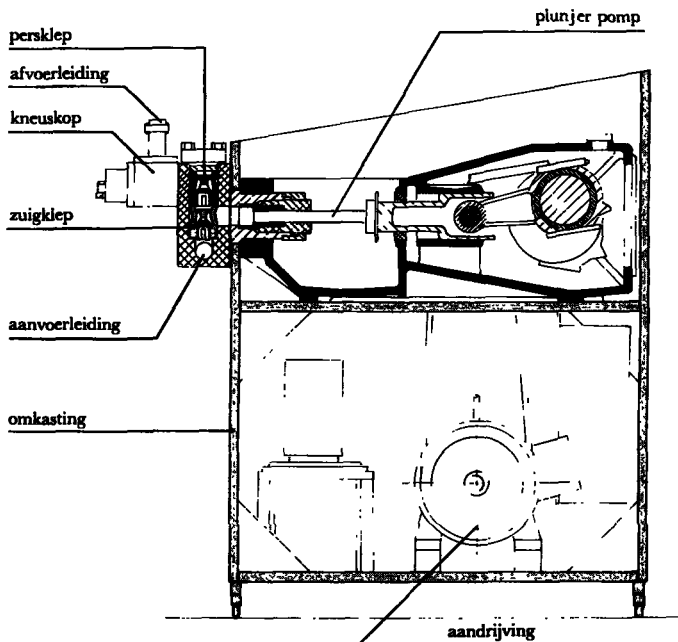
### 3.2. Homogenisatoren

Het doel van homogeniseren is het voorkomen van roming van het vet (opstijgen van vetdeeltjes) en het verbeteren van de melkstructuur.

De te homogeniseren vloeistof wordt onder hoge druk door een spleet geperst.

Deze spleet wordt gevormd tussen klep en zitting van een verstelbare verbelaste klep. Vaak zijn homogenisatoren uitgevoerd als liggende plunjerpompen, waarvan de krukken 120° verschillen.

In figuur 3.7 is globaal de werking van een homogenisator weergegeven.



**Figuur 3.7:** Homogenisator

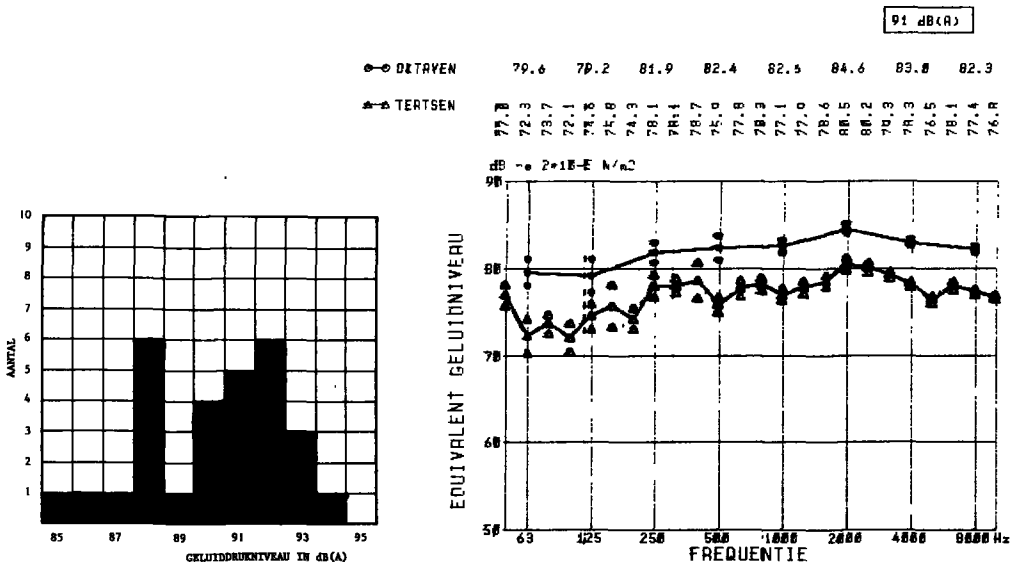
Elke pomp heeft een zuig- en persklep, uitgevoerd als klep met vleugels of als kogel. Na de perskleppen passeert de vloeistof de eigenlijke kneuskop, waarin de homogenisatie plaats vindt.

Dagmelk bijvoorbeeld wordt gehomogeniseerd bij een druk van ca. 4000 kPa en bij een temperatuur van 60°C.

Bij een homogenisator zijn als belangrijkste geluidbronnen te onderkennen de plunjerpomp en het kleppenmechanisme, daarnaast het vloeistofstromingsgeluid en in mindere mate de aandrijfmotor.

Bij homogenisatoren is vaak een gierend geluid waar te nemen, hetgeen ontstaat doordat de vloeistof onder hoge druk door een spleet wordt geperst.

De geluidniveaus op 1 m afstand bij homogenisatoren variëren van 85 tot 94 dB(A), zie fig. 3.8 en fig. 3.9. In een aantal gevallen zijn homogenisatoren opgesteld in een omkasting. Buiten de omkasting zijn geluidniveaus gemeten van 83 à 90 dB(A).



**Figuur 3.8: Homogenisatoren**

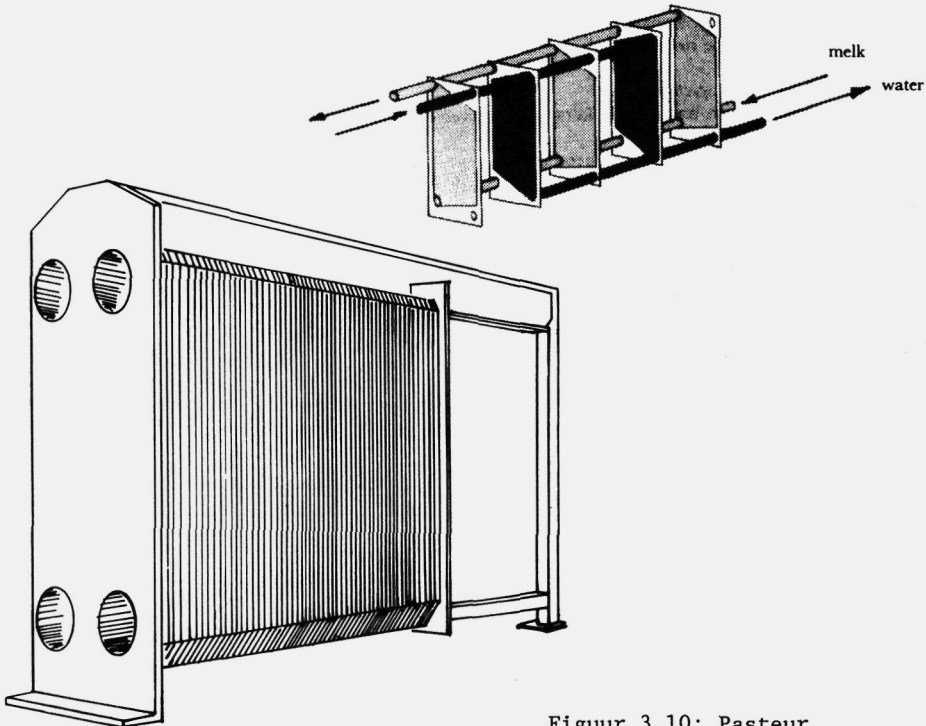
**Figuur 3.9: Homogenisator**

### 3.3. Pasteurs

Pasteuriseren wordt in de zuivelindustrie voor melk algemeen toegepast.

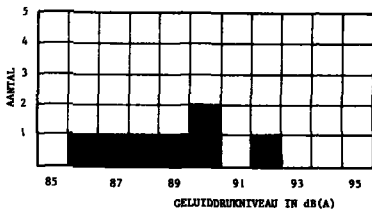
De melk doorstroomt daarbij in een zeer dunne laag en met een grote snelheid de ruimte tussen concentrische buizen (buizenpasteur) of tussen metalen platen (platenpasteur); aan de buitenzijde van de wand der buizen of platen stroomt met een grote snelheid heet water of stoom. Wanneer de pasteurisatietemperatuur is bereikt blijft de melk in een grotere ruimte, de warmtehouder, enige tijd op die temperatuur. Men spreekt van thermiseren bij het verwarmen van melk op  $63^{\circ}\text{C}$  gedurende 15 seconden. Bij  $72^{\circ}\text{C}$  gedurende 15 s spreekt men van laagpasteurisatie. Voor melkproducten moet veelal hoogpasteurisatie worden toegepast, gedurende enkele seconden op ca.  $85^{\circ}\text{C}$ .

In figuur 3.10 is het principe van een pasteur weergegeven.

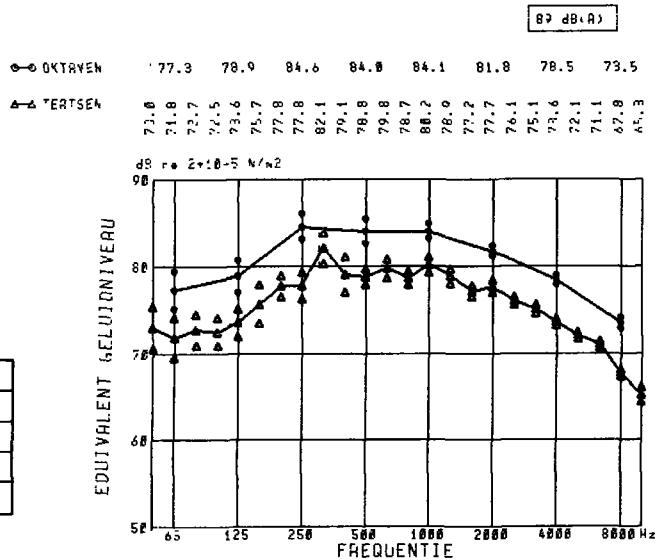


Figuur 3.10: Pasteur

Aangezien pasteurs nagenoeg altijd in dezelfde ruimte staan opgesteld als centrifuges, spelen zij qua dominante geluidproductie een secundaire rol. Pasteurs kunnen echter wel degelijk relatief hoge geluidniveaus veroorzaken. Veelal zijn de pompen die het vloeistoftransport verzorgen een belangrijke geluidbron. Daarnaast kan het stromingsgeluid, met name van stoom, door de pasteur een bijdrage leveren. De geluidniveaus op ca. 1 m afstand van pasteurs bedragen 86 à 92 dB(A), zie fig. 3.11 en fig. 3.12.



**Figuur 3.11: Pasteurs**



**Figuur 3.12: Pasteur**

### 3.4. Flessenlijnen

Bij een flessenlijn, waarbij gebruikte lege flessen in kratten ingevoerd worden en schone gevulde flessen in kratten afgevoerd worden, spelen een groot aantal componenten qua geluidproductie een rol.

Als geluidbronnen zijn o.a. te onderkennen:

- flessentransport, botsingsgeluid;
- afblaasventielen pneumatiek;

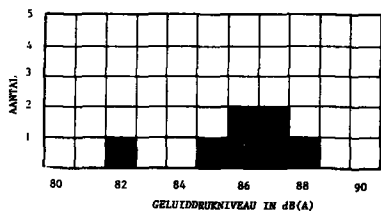


- krattentransport en -stapelen;
- in-/uitvoer flessenspoelmachines;
- aandrijving flessenspoelmachines;
- aandrijving carroussel vul-/sluitlemachines.

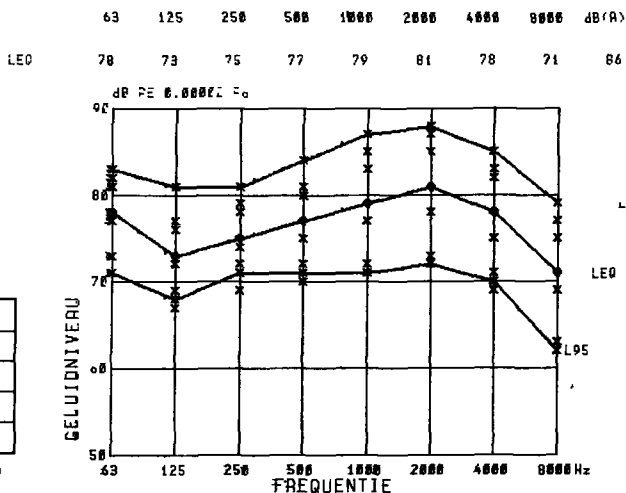
### 3.4.1. Krattentransport

Het botsingsgeluid van de kratten onderling en tussen kratten en de zich daarin bevindende flessen veroorzaakt de geluidniveaus.

In het nagalmveld van de ruimten waarin het krattentransport plaats vindt worden geluidniveaus veroorzaakt van 82 à 88 dB(A), zie fig. 3.13 en fig 3.14.



**Figuur 3.13:** Krattentransport

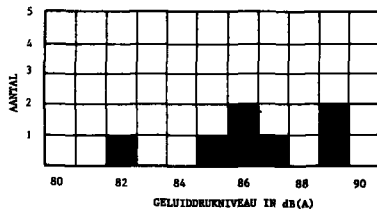


**Figuur 3.14:** Krattentransport

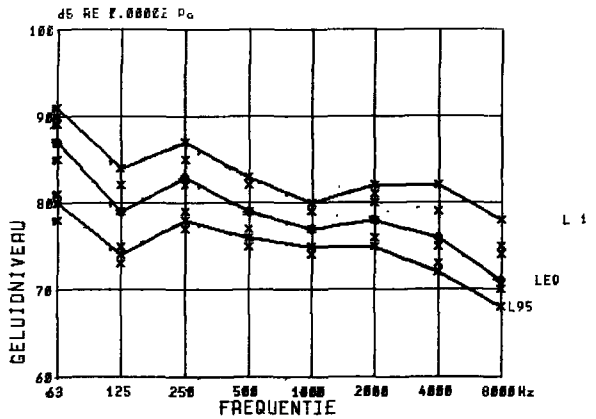
### 3.4.2. Krattenlegers

Normaliter worden kratten met lege flessen automatisch geleegd, waarbij het schoksgewijze bewegen van machine-onderdelen door aanstoting de geluidniveaus mede veroorzaakt. Daarnaast speelt bij dergelijke installaties de pneumatiek (afblaasventielen) een rol.

Geluidniveaus van 82 à 89 dB(A) op ca. 1 m afstand zijn gemeten, zie fig. 3.15 en fig. 3.16.



	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
LEC	87	79	83	79	77	78	76	71	85



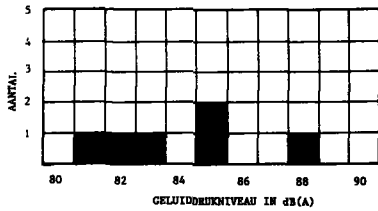
Figuur 3.15: Krattenlegers

Figuur 3.16: Krattenleger

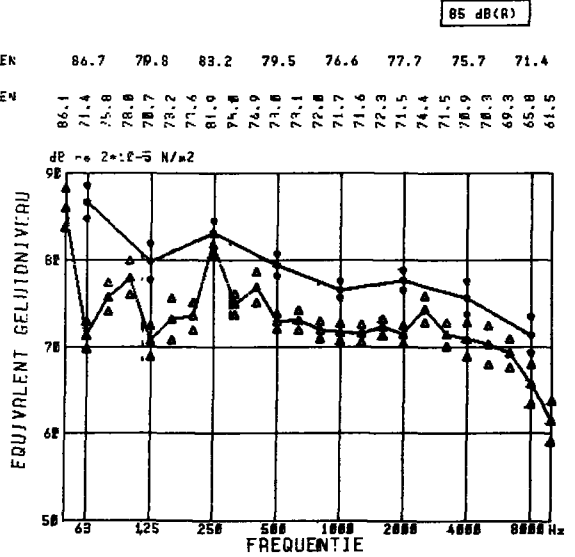
### 3.4.3. Krattenwassers

De lege kratten worden door een krattenwasser gevoerd.

Hierbij spelen naast het botsingsgeluid, de pompen en het watergeluid qua geluidproductie de belangrijkste rol. De componenten leveren geluidniveaus van 81 à 88 dB(A) op ca. 1 m afstand op, zie fig. 3.17 en fig. 3.18.



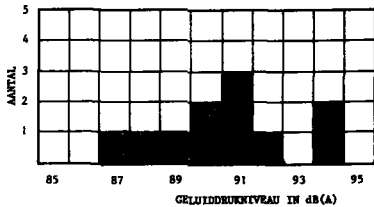
Figuur 3.17: Krattenwassers



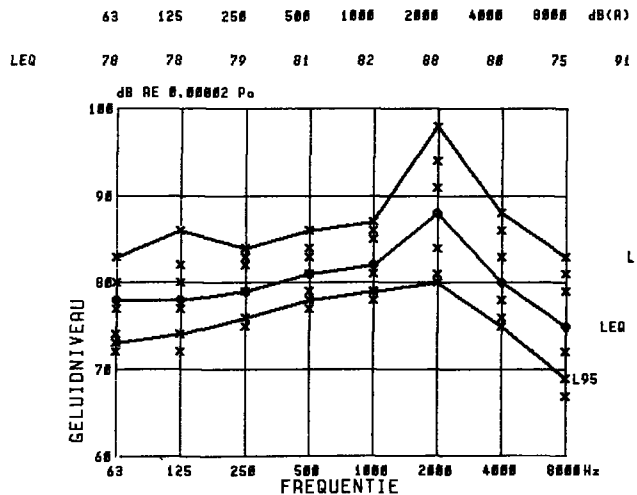
Figuur 3.18: Krattenwasser

### 3.4.4. Flessentransport

Bij het transport van flessen wordt de geluidproductie veroorzaakt door het botsingsgeluid tussen de flessen onderling. Dit geluid is bij flessenlijnen zeer dominant. In het nagalmveld van ruimten met flessenlijnen worden, ten gevolge van het flessentransport, geluidniveaus geproduceerd van 87 à 94 dB(A), zie fig. 3.19 en fig. 3.20.



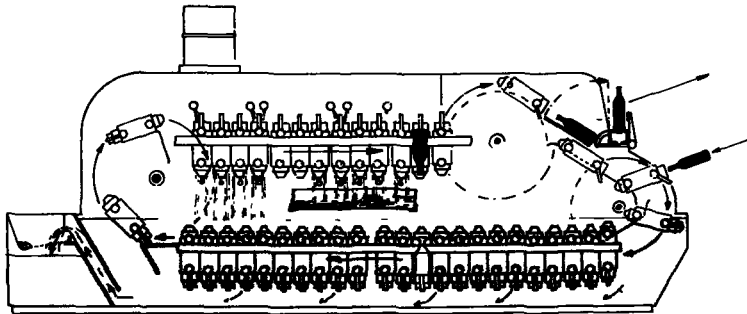
Figuur 3.19: Flessentransport



Figuur 3.20: Flessentransport

### 3.4.5. Flessenspoel- en flessenvulsluitmachines

Flessen, waarvan het gebruik overigens afneemt, worden voor het vullen gereinigd in een spoelmachine, zie figuur 3.21. De spoelmachine staat als onderdeel in een lijn waar de flessen in kratten worden aangevoerd, de flessen automatisch vanuit de kratten op de toevoerband voor de spoelmachine worden gezet en de kratten door een krattenwasser worden gevoerd.



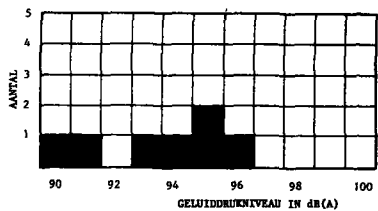
Figuur 3.21: Flessenspoelmachine

De gereinigde flessen worden vanuit de spoelmachine naar de vulmachine gevoerd en na het afvullen automatisch in de inmiddels gewassen kratten geplaatst. De kratten worden tenslotte, via de krattenstapelaar, afgevoerd naar de koelcel.

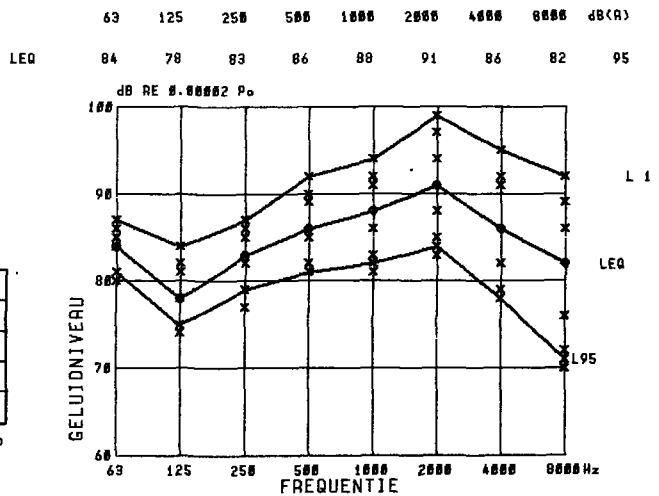
Bij de spoelmachines is de flessentoevoer- en -afvoeropening een belangrijke geluidbron. Het geluid is afkomstig van botsingen tussen de flessen onderling en tussen de flessen en het in- en uitvoermechanisme. De te spoelen flessen worden per charge van ca. 25 stuks op één rij ingevoerd, hetgeen met botsingsgeluid gepaard gaat, terwijl ook de uitvoer per charge van één rij plaats vindt.

Daarnaast spelen de pompen die de waterverplaatsing in de machine verzorgen een rol.

Het geluidniveau bij de toe- en afvoeropening van de spoelmachines bedraagt 90 à 96 dB(A), zie fig. 3.22 en fig. 3.23.



Figuur 3.22: Spoelmachines



Figuur 3.23: Spoelmachine

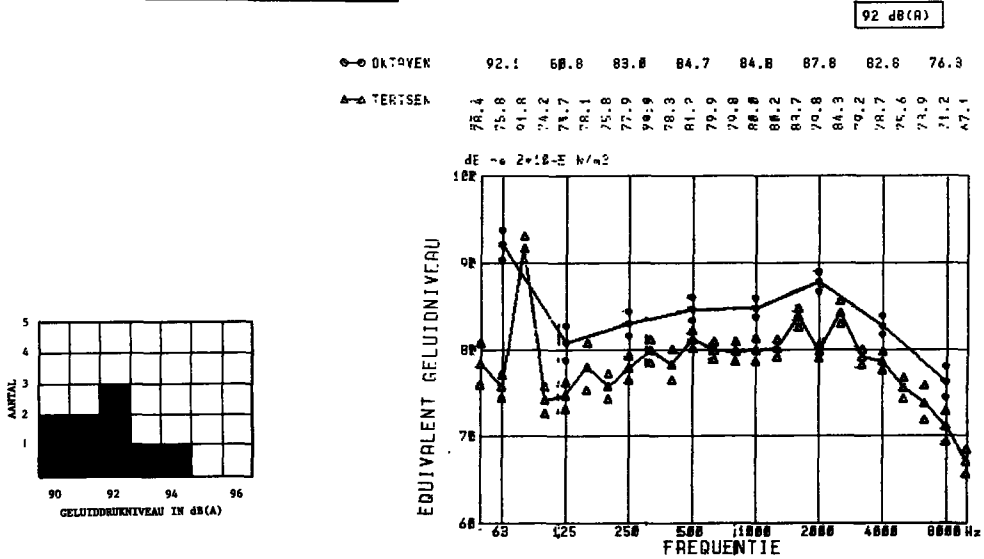
De gereinigde flessen worden vanuit de spoelmachine naar de flessenvul- en flessensluitmachine gevoerd, en daar gevuld en gesloten.

De geluidniveaus bij flessenvul- en flessensluitmachines bedragen op ca. 1 m afstand 90 à 94 dB(A), zie fig. 3.24 en fig. 3.25.

Bij deze vul-/sluitmachines, meestal van het carrousseltype, speelt qua geluidniveau de aandrijving een rol, hoewel nagenoeg altijd andere geluidbronnen (flessentransport, in-/uitvoer spoelmachine) dominant zijn.

De niveaus afkomstig van de flessenvul- en flessensluitmachines, zonder flessen, bedragen op ca. 1 m afstand 81 à 83 dB(A), zie fig. 3.26 en fig. 3.27.

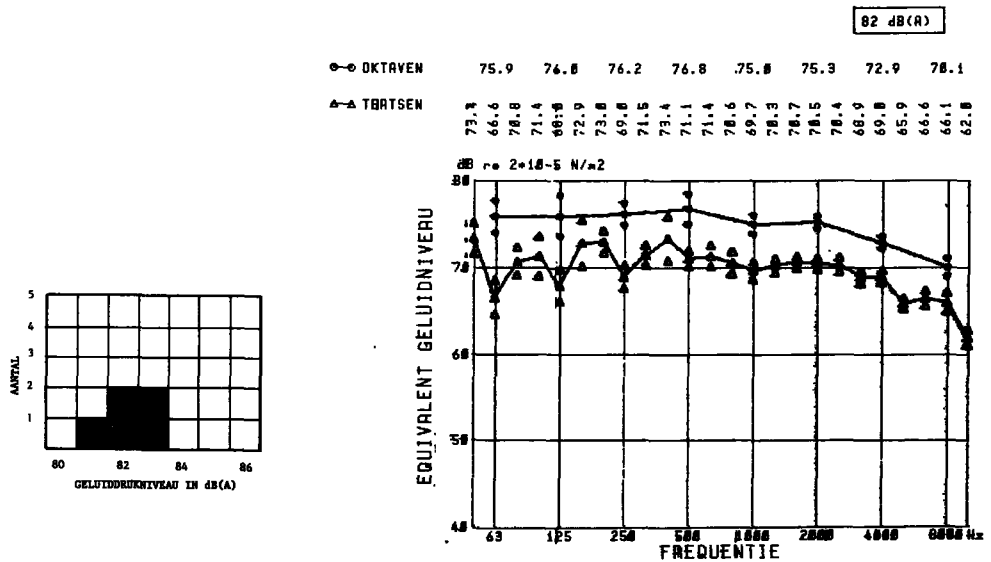
Flessenvulmachines met flessen



Figuur 3.24: Flessenvulmachines

Figuur 3.25: Flessenvulmachine

Flessenvulmachines zonder flessen



Figuur 3.26: Flessenvulmachines

Figuur 3.27: Flessenvulmachine

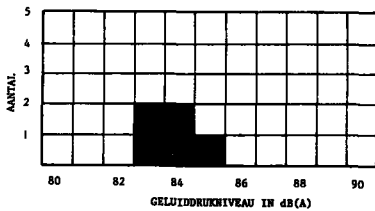
3.4.6. Krattenvullers

De gevulde flessen worden getransporteerd naar de krattenvuller, waarheen tevens de gereinigde kratten worden gevoerd.

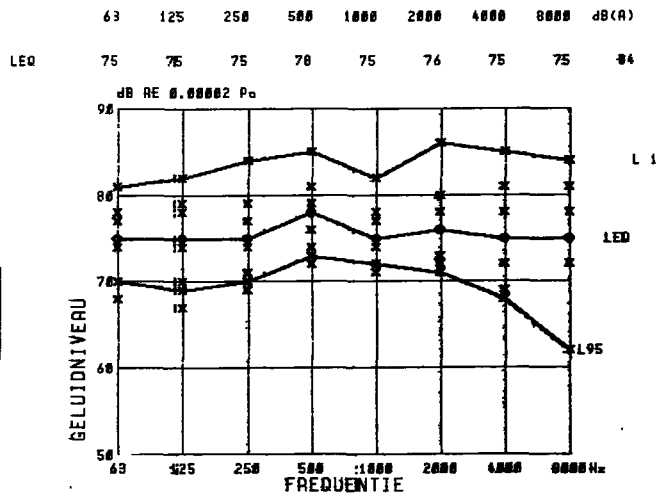
Bij de krattenvullers wordt het geluidniveau bepaald door de pneumatiek (afblaasventielen) en door botsingsgeluid ten gevolge van het schoksgewijze verplaatsen van de kratten.

Bij opstelling van krattenvullers in een aparte ruimte, waarbij andere geluidbronnen niet mede bepalend zijn, kunnen geluidniveaus op ca. 1 m van 83 à 85 dB(A) gemeten worden, zie fig. 3.28 en fig. 3.29.

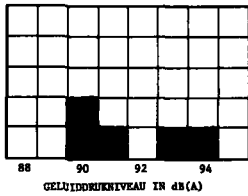
De geluidniveaus bij een krattenvuller bij de normaliter voorkomende opstelling in dezelfde ruimte als flessenspoel- en vulmachines, bedragen op ca. 1 m afstand 90 à 94 dB(A), zie fig. 3.30 en 3.31 en worden derhalve bepaald door de flessenspoel- en vulmachines.



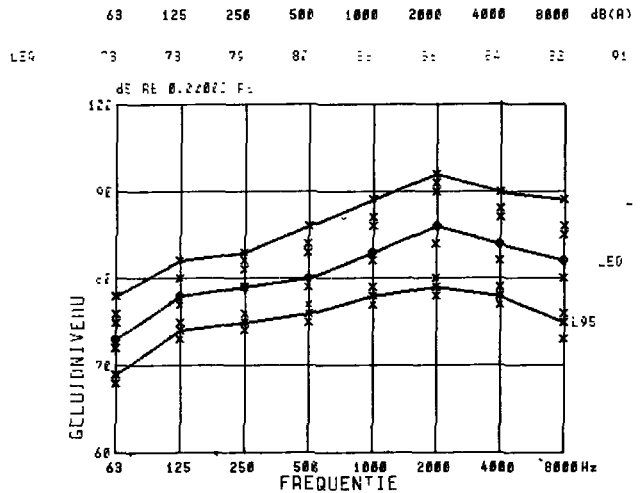
Figuur 3.28: Krattenvullers in aparte ruimte



Figuur 3.29: Krattenvuller in aparte ruimte



**Figuur 3.30:** Krattenvullers bij spoel- en vulmachines



**Figuur 3.31:** Krattenvuller bij spoel- en vulmachines

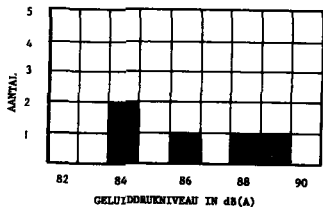
### 3.4.7. Krattenstapelaars

De gevulde kratten worden, alvorens deze naar de koelcel worden getransporteerd, gestapeld.

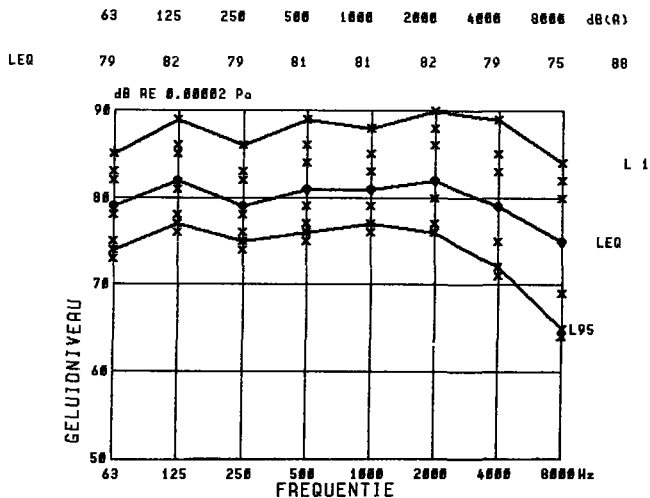
Bij de krattenstapelaar speelt qua geluidbron de pneumatiek weer een rol, terwijl door de schoksgewijze handling er geluid ontstaat door contacten tussen beweegbare en starre stapelaaronderdelen, tussen stapelaar en kratten en tussen de kratten onderling.

Bij een stapelaar kunnen geluidniveaus op ca. 1 m van 84 tot 89 dB(A) gemeten worden, zie fig. 3.32 en fig. 3.33.





**Figuur 3.32: Krattenstapelaars**

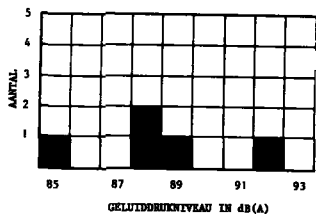


**Figuur 3.33: Krattenstapelaar**

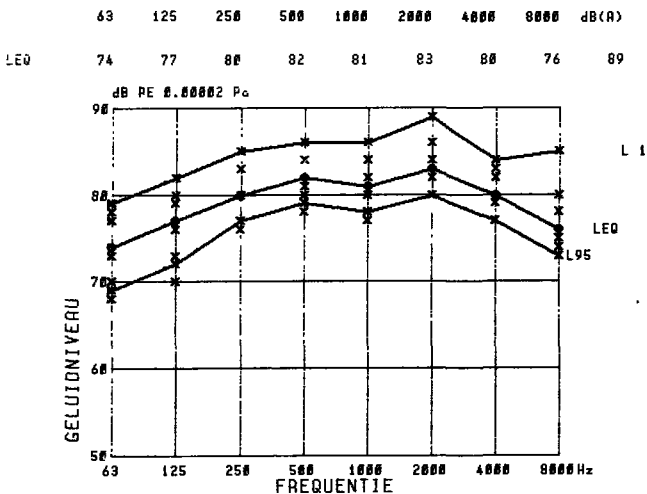
**3.4.8. Sterilisatietorens**

In een aantal gevallen worden flessen na de vul- en sluitmachine nogmaals gesteriliseerd in een sterilisatietoren. De geluidbronnen zijn te vinden bij in- en uitgang o.a. ten gevolge van botsingsgeluid tussen de flessen en het in- en uitvoermechanisme.

Geluidniveaus op 1 m afstand van 85 tot 92 dB(A) zijn gemeten, zie fig. 3.34 en fig. 3.35.



**Figuur 3.34: Sterilisatietorens**

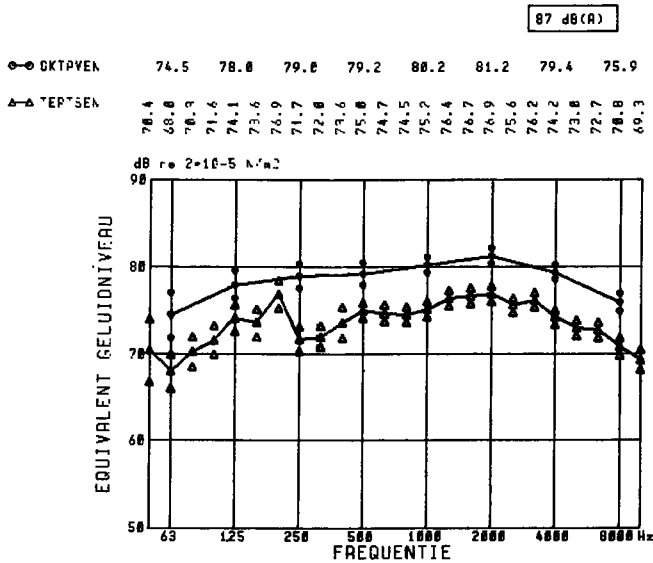


**Figuur 3.35: Sterilisatietoren**

3.4.9. Etikettermachines

In een aantal gevallen (koffiemelk) worden flessen voorzien van een etiket. Het transport- c.q. botsingsgeluid bij toe- en afvoer bepaalt hierbij de geluidniveaus die op 1 m afstand ca. 87 dB(A) bedragen, zie fig. 3.36.

De etiketteermachine zelf zal een geluidniveau van ca. 80 dB(A) produceren.



Figuur 3.36: Etikettermachine

3.5. Vorm-, vul- en sluitmachines

In de zuivelindustrie worden diverse soorten vulmachines gebruikt:

- flessenvulmachines, zie in combinatie met spoelen paragraaf 3.4.5;
- karton vorm-, vul- en sluitmachines;
- beker (vorm-), vul- en sluitmachines;
- plastic flessen vorm-, vul- en sluitmachines;
- blikken vul- en sluitmachines;
- zakkenvul- en sluitmachines.

Naast het vullen van vloeibare produkten in flessen, worden vloeibare en poeder produkten ook gevuld in karton, plastic (flessen en bekers) en blik.

Bij al deze machines speelt het transport, de aandrijving, botsingsgeluid en pneumatiek een rol qua geluid.

### 3.5.1. Karton

Met de karton vorm-, vul- en sluitmachines worden kartonverpakkingen met dagverse en houdbare produkten gevormd, gevuld en gesloten.

Te onderscheiden zijn qua machinetype:

- carroussel vorm-, vul- en sluitmachines;
- QP vorm-, vul- en sluitmachines;
- gable-top vorm-, vul- en sluitmachines;
- aseptisch bric vorm-, vul- en sluitmachines.

Bij carroussel vorm-, vul- en sluitmachines maken de verpakkingen een circelvormige beweging om een verticale as. De gevouwen ingevoerde verpakkingen worden min of meer in geopende vorm "geslagen" en gevuld.

Het vormen en openen van de verpakking bij de QP-machines geschiedt door het "vullen" van de verpakking met een metalen huls in een nagenoeg halfcirkelvormige beweging om een horizontale as.

Op het punt waarop de verpakking zich in horizontale toestand bevindt wordt deze d.m.v. perslucht van de huls afgeblazen en komt recht op de transportband naar het vulmechanisme terecht.

De zgn. gable-top machines openen de verpakking evenals de caroussel-typen door "openslaan" van de onder 90° t.o.v. de transportband ingevoerde gevouwen kartonnen, waarna de verpakking middels de transportband onder de vulsectie doorloopt.

De uiteindelijke kartonnen verpakking afkomstig van de caroussel, QP en gable-top machines is gelijk.

Houdbare produkten in karton worden gevuld in zgn. aseptische bric-machines, welke qua werking gelijken op de gable-top machines.

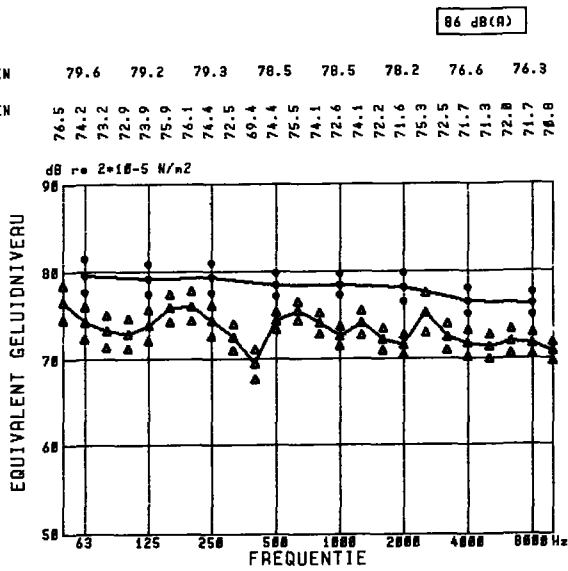
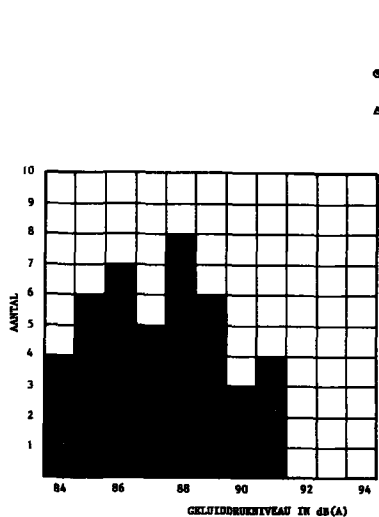
Bij deze machines is dus het vormen van de kartonverpakking een geluidproducent. De verpakking wordt min of meer in de vorm "geslagen". Daarnaast speelt de pneumatiek een rol, terwijl de machine-aandrijving eveneens een geluidbijdrage levert.

De geluidniveaus gemeten op ca. 1 m afstand bedragen bij de:

- carousselmachines 84 à 91 dB(A);
- QP machines 88 à 91 dB(A);
- gable-top machines 85 à 89 dB(A);
- aseptisch bricmachines 86 à 91 dB(A).

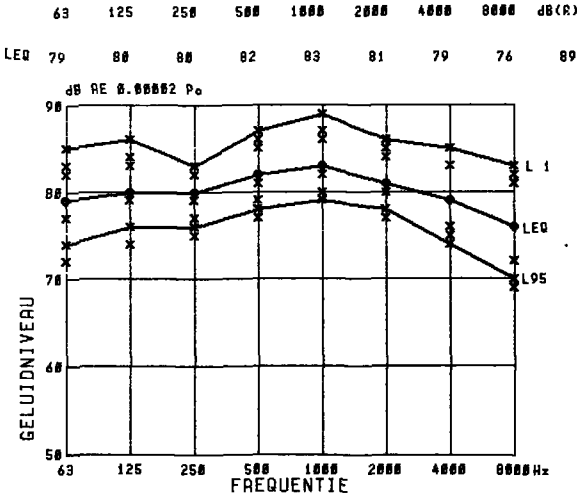
Inmiddels zijn vul-/sluitlemachines in gebruik, gelijkend qua werking op een uitgebreide versie van de OP-machines, welke voor een groot gedeelte voorzien zijn van een omkasting. Deze nieuwe machines produceren op 1 m een geluidniveau van 75 à 76 dB(A).

Voor geluidniveaus (histogram en spectra) zie fig. 3.37 t/m fig. 3.41.

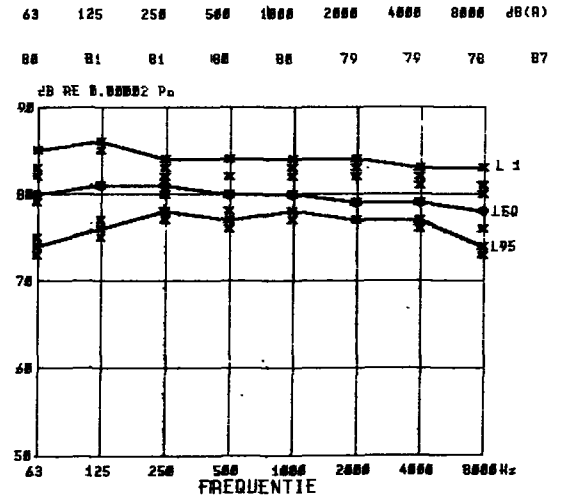


**Figuur 3.37:** Carousselmachines

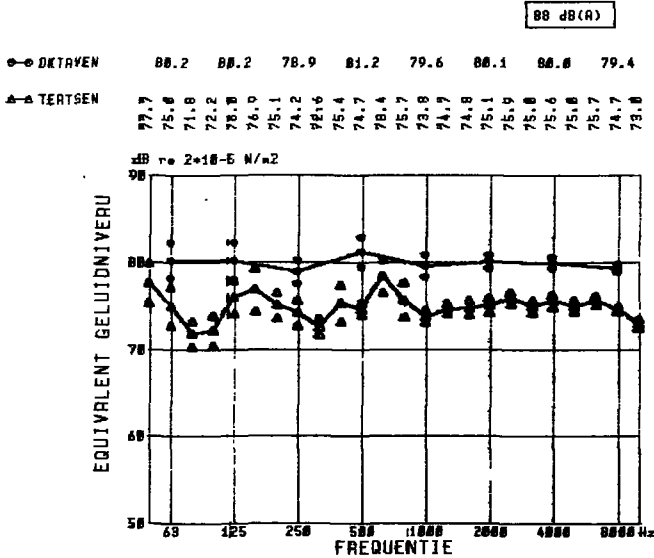
**Figuur 3.38:** Carousselmachine



**Figuur 3.39: QP-machine**



**Figuur 3.40: Gable-top machine**



**Figuur 3.41: Aseptisch-bricmachine**

### 3.5.2. Bekers

Met de beker (vorm-), vul- en sluitmachines worden plastic bekeraanvoersystemen als vla, yoghurt met vruchten e.d. gevuld.

In een aantal gevallen worden de bekeraanvoersystemen in één lijn gevormd, gevuld en gesloten. Normaliter wordt echter van kant en klare bekeraanvoersystemen gebruik gemaakt.

Bij het vormen van bekeraanvoersystemen wordt de geluidproductie veroorzaakt door stanzen van de matrijs, het snijden van de plastic grondplaat en het transportmechanisme. Veelal is aanstootgeluid tussen diverse onderdelen bepalend.

De bekeraanvoersystemen worden per charge met een aantal tegelijk gevuld. Dit houdt een niet vloeiend, doch schoksgewijs transport in.

Daarnaast speelt de pneumatiek een belangrijke rol.

De gevulde bekeraanvoersystemen worden voorzien van een deksel en getransporteerd naar een verpakkingsunit. Het aandrijfmechanisme is als geluidproducent aan te merken.

Bij de bekermachines zijn de volgende geluidsniveaus op ca. 1 m gemeten:

- bekeraanvoer 87 à 88 dB(A);
- vormgedeelte 88 à 89 dB(A);
- vul-/sluitgedeelte 86 à 95 dB(A).

Voor geluidsniveaus (histogram en spectra) zie fig. 3.42 t/m fig. 3.45.

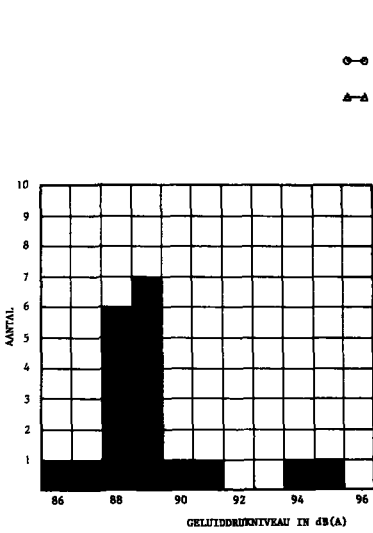
### 3.5.3. Plastic flessen

In een aantal gevallen worden vloeibare produkten gevuld in plastic flessen. Deze flessen worden in één bewerking gevormd, gevuld en gesloten. Daarna vindt "afbramen" van overtollig plastic plaats, dat d.m.v. een ventilator weer naar de granulator gevoerd wordt.

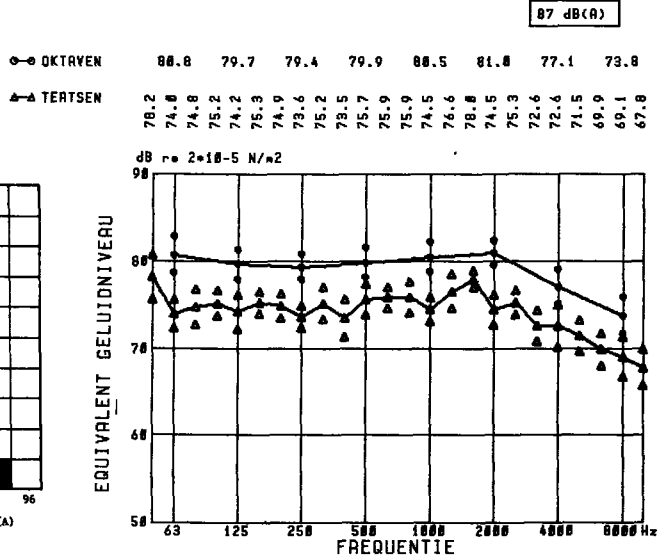
Met name voornoemde ventilator is een belangrijke geluidproducent, o.a. door de open aanzuigopening.

Bij de vorm-, vul- en sluitmachine speelt de aandrijving en de pneumatiek een rol.

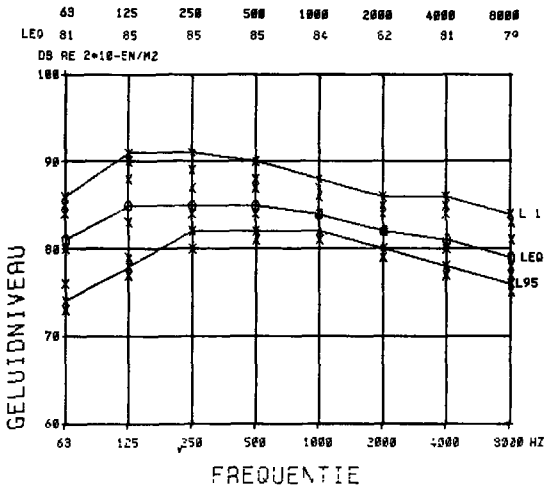
Bij een dergelijke machine wordt op ca. 1 m afstand een geluidniveau gemeten van 87 à 89 dB(A), terwijl op ca. 1 m van de ventilator het geluidniveau ca. 94 dB(A) bedraagt, zie fig. 3.46 en fig. 3.47.



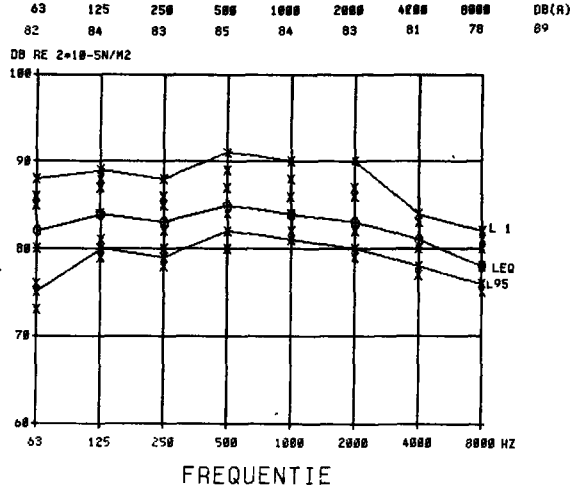
Figuur 3.42: Bekermachines



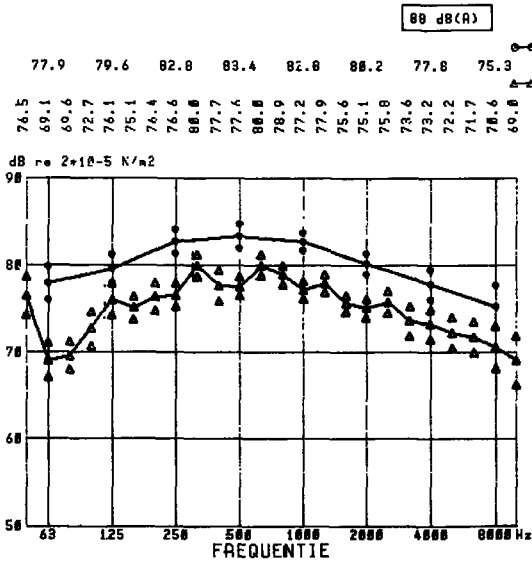
Figuur 3.43: Bekeraanvoer



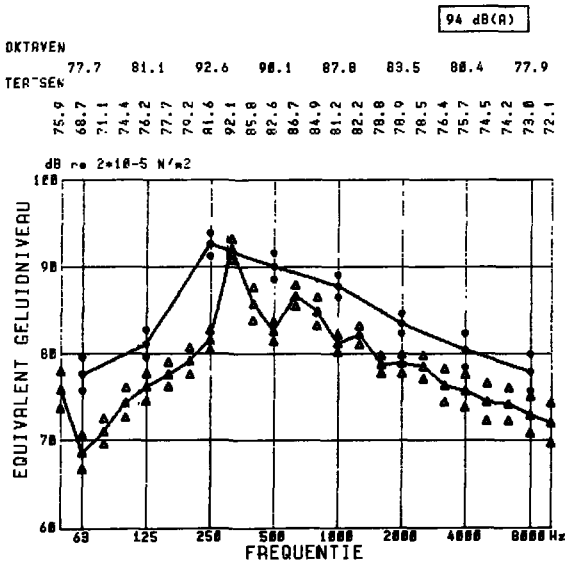
Figuur 3.44: Bekervormgedeelte



Figuur 45: Vul/sluitgedeelte



**Figuur 3.46: Vormmachine plastic flessen**



**Figuur 3.47: Ventilator afvoer plastic afval**

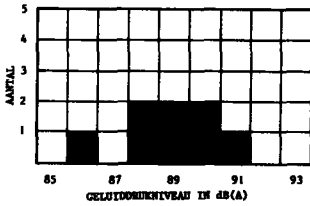
**3.5.4. Krattenvullers en krattenstapelaars**

Bij het vullen en stapelen van kratten met in karton of bekers verpakte produkten zijn als geluidbronnen aan te merken de pneumatiek en het botsingsgeluid tussen de kratten.

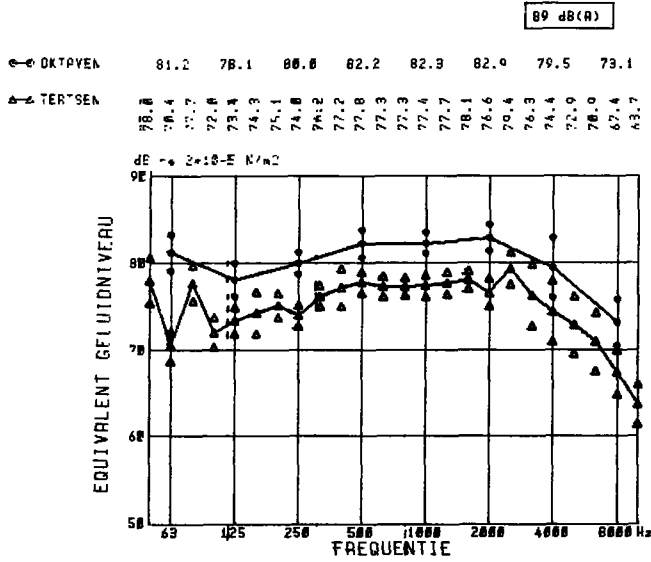
De gemeten geluidniveaus van krattenvullers op ca. 1 m afstand bedragen 86 à 91 dB(A), zie fig. 3.48 en fig. 3.49.

Het stapelen van kratten met bekers e.d. levert geluidniveaus op van 82 à 84 dB(A) op ca. 1 m, zie fig. 3.50.



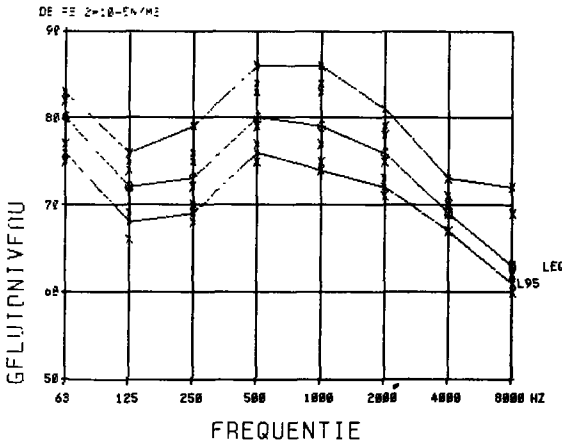


**Figuur 3.48: Krattenstapelaars**



**Figuur 3.49: Krattenstapelaar**

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
LEG	82	77	75	80	79	76	69	63	82



**Kratten t.b.v.  
karton en bекers**

**Figuur 3.50: Stapelen van kratten**

### 3.6. Bliklijnen

Blikken kunnen gevuld worden met poeder of met gecondenseerde melk. Aangezien het hierbij om relevante verschillen gaat is een aparte behandeling zinvol.

Bovendien zijn enige zuivelfabrieken uitgerust met een blikfabriek, waarbij de blikfabricage in de zuivelfabriek plaatsvindt. Hoewel dit niet specifiek tot de zuivel behoort zal toch een globale behandeling plaatsvinden, zie par. 3.14.

#### 3.6.1. Gecondenseerde melk

Ten aanzien van gecondenseerde blikmelk vinden o.a. de volgende handelingen plaats:

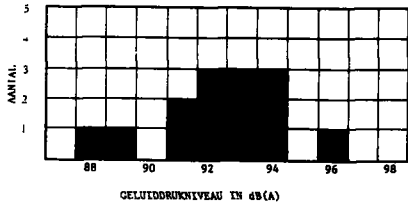
- transport leeg blik;
- vullen en sluiten blik;
- transport gevuld blik;
- eventueel steriliseren blik;
- etiketteren blik;
- vullen en sluiten van dozen met blik.

##### 3.6.1.1. Bliktransport

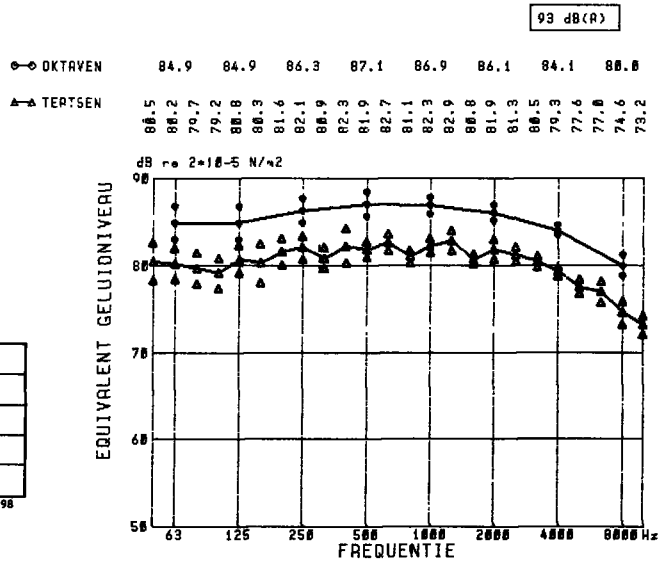
Het transport van leeg blik vindt normaliter plaats middels kettingtransporteurs, plaatselijk via magneetbanden en plaatselijk via glijgoten, waarbij het eigen gewicht van de blikken voor de voortbeweging zorgdraagt.

Het botsingsgeluid tussen de blikken onderling en tussen de blikken en de metalen randen van de transporteurs en de glijgoten is bepalend voor de geluidproduktie, zie fig. 3.51.

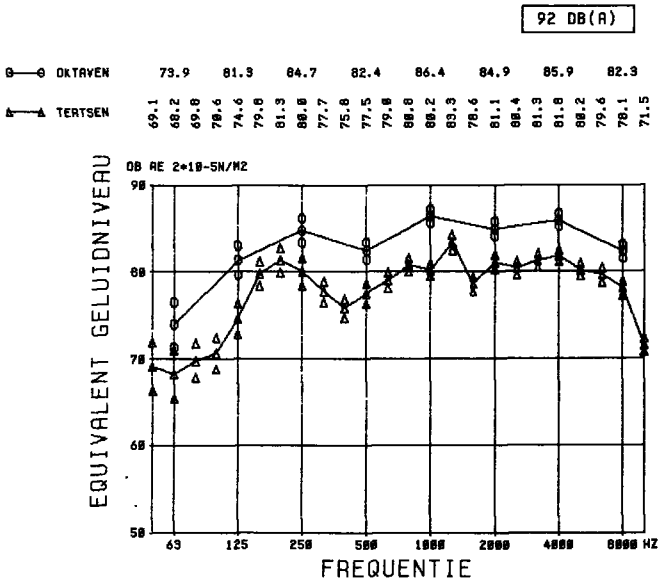
Het geluidniveau bij leeg bliktransport bedraagt op ca. 1 m afstand 88 à 96 dB(A), zie fig. 3.52. Bij het transport van gevuld blik zijn op ca. 1 m afstand geluidniveaus gemeten van ca. 92 dB(A), zie fig. 3.53.



**Figuur 3.51: Bliktransport**



**Figuur 3.52: Leeg blik transport**

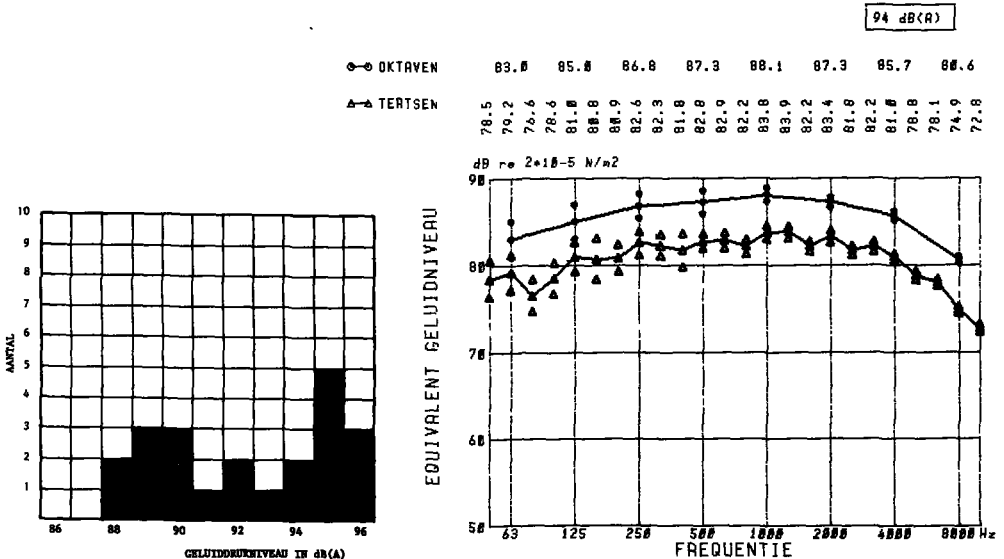


**Figuur 3.53: Gevuld blik transport**

3.6.1.2. Blikvul- en sluitmachines

Bij de blikvul- en sluitmachines speelt naast het botsingsgeluid tussen in te voeren blik en machine, het schokgewijze toevoeren van dek-sels, het aandrijfmechanisme van de machine en het sluitmechanisme een geluidproducerende rol.

De geluidniveaus bij blikvul- en sluitmachines bedragen op ca. 1 m afstand 88 à 96 dB(A), zie fig. 3.54 en fig. 3.55.



**Figuur 3.54:** Vul-sluitmachines blik

**Figuur 3.55:** Blik vul-sluit-  
machines

### 3.6.1.3. Sterilisatie

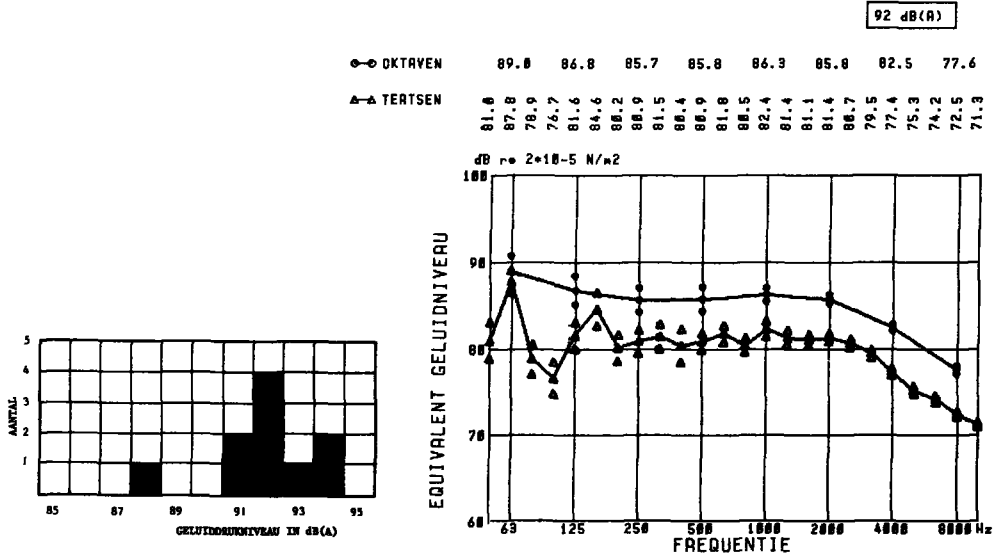
Sterilisatie van gevuld blik met ongesuikerde gecondenseerde melk kan plaatsvinden via een continu sterilisatieproces, waarbij de blikken via een transportband in de installatie worden ingevoerd.

Een andere wijze is het per charge (discontinu) handmatig invoeren van te steriliseren blik en het weer handmatig verwijderen van gesteriliseerde blik.

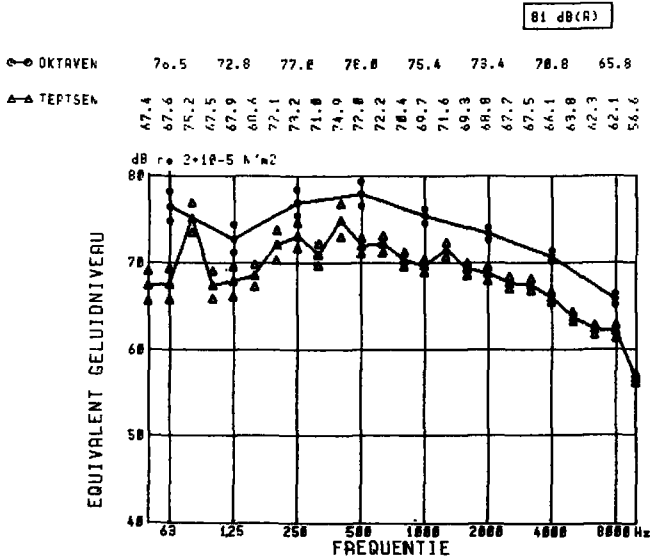
#### 3.6.1.3.1. Continu

Bij continu sterilisatie worden de blikken via een transportband in de installatie ingevoerd. Een dergelijke installatie bestaat normaliter uit een voorverwarmer, een sterilisator en een koeler. De uitvoer van het gesteriliseerde blik vindt eveneens plaats middels een transportband, die de blikken naar de etiketteer- en verpakkingsafdeling leidt. Bij de sterilisatoren speelt ook weer het bliktransport qua geluidproductie een rol, daarnaast de aandrijfmechanismen van de installatie.

De geluidniveaus op ca. 1 m van een continu sterilisator bedragen 88 à 94 dB(A), zie fig. 3.56 en fig. 3.57. In een steriliseerruimte zijn nagalmniveaus van 81 à 88 dB(A) gemeten, zie fig. 3.58.



**Figuur 3.56:** Continu sterilisatoren **Figuur 3.57:** Continu sterilisator



**Figuur 3.58:** Nagalmniveau in steriliseerruimte

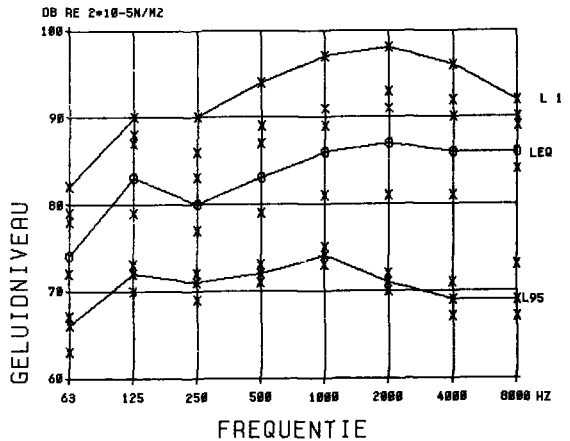
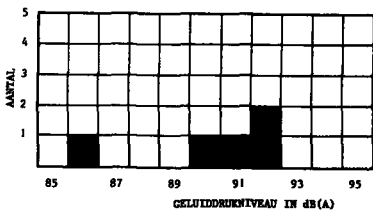
3.6.1.3.2. Discontinù

Bij discontinue sterilisatie worden de blikken getransporteerd naar een buffertafel en van daaruit worden wagens geladen. Deze wagens worden handmatig in de sterilisator ingevoerd en na het sterilisatieproces weer handmatig uitgevoerd naar een transportbandopzetplaats, vanwaar de gesteriliseerde blikken getransporteerd worden naar de etiketteer- en verpakkingsafdeling.

Op ca. 1 m afstand van de sterilisatie in- en uitvoeropening bedragen de geluidniveaus 86 à 92 dB(A), zie fig. 3.59 en fig. 3.60.

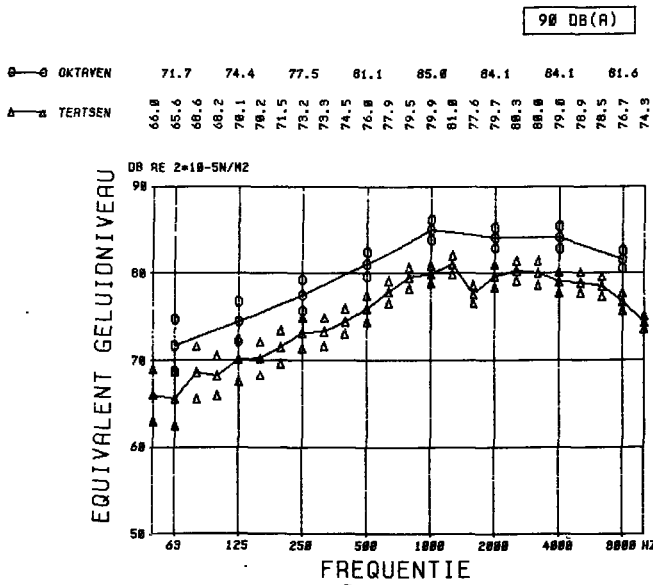
In dergelijke ruimten zijn geluidniveaus in het nagalmveld van 85 à 90 dB(A) gemeten, zie fig. 3.61.

	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	DB(A)
LEQ	74	83	88	83	86	87	86	86	92



Figuur 3.59: Discontinù sterilisatie in- en uitvoer

Figuur 3.60: Discontinù sterilisator



**Figuur 3.61:** Nagalniveau discontinu sterilisatieruimte

**3.6.1.4. Etiketteren**

Blijkjes waarin gecondenseerde melk wordt verpakt worden, alvorens in dozen verpakt te worden, voorzien van een etiket.

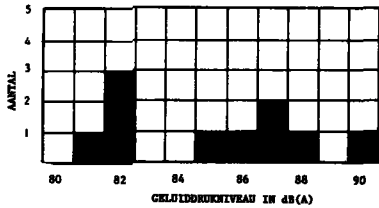
De al dan niet gesteriliseerde blijkjes worden getransporteerd naar de etiketteer- en verpakkingslijn. De etiketteermachines zijn normaliter in dezelfde ruimte opgesteld als de dozenverpakkingsmachines, in een aantal gevallen staan etiketteermachines in een aparte ruimte.

Bij deze machines speelt het bliktransport, rollend en botsend, een belangrijke rol; daarnaast de aandrijving van de etiketteermachine.

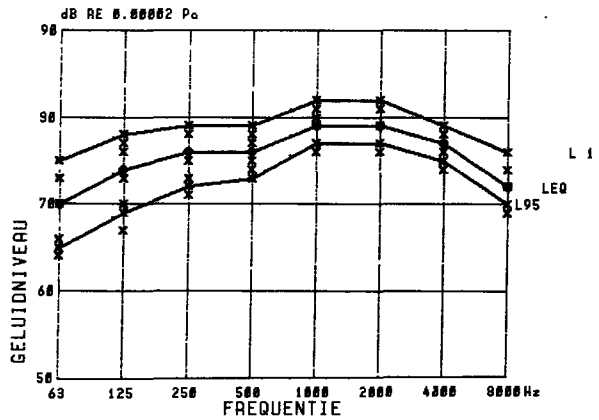
Bij deze machines bedragen op ca. 1 m afstand de geluidniveaus 81 à 90 dB(A), zie fig. 3.62 en fig. 3.63.

De etiketteermachine alleen zal ca. 80 à 82 dB(A) op 1 m afstand produceren.





	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
LEQ	70	74	76	76	79	79	77	72	85



Figuur 3.62: Etiketteren

Figuur 3.63: Etiketteermachine

### 3.6.2. Poeder

Bij het vullen, sluiten en vacumeren spelen de volgende componenten een rol:

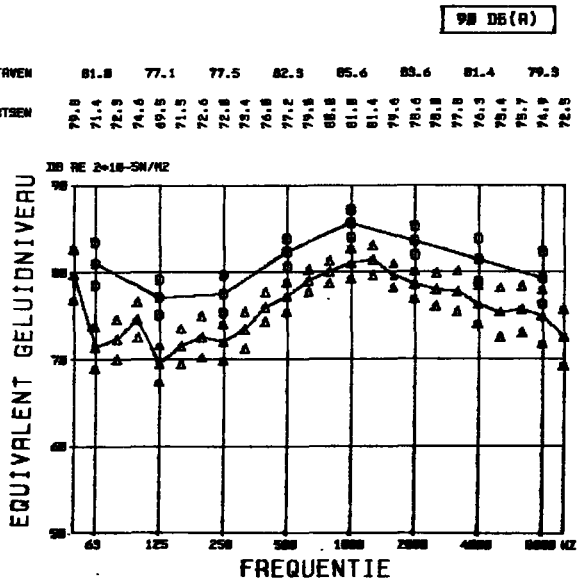
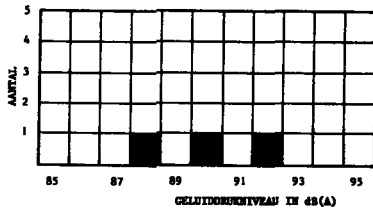
- transport leeg blik;
- eventueel toevoegen lepeltjes met triller;
- vullen blik;
- transport gevuld blik;
- vacumeren blik;
- sluiten blik;
- transport (en keren) gevuld en gesloten blik.

Daarnaast vindt ofwel apart of bij de vullijn het stempelen van de deksels plaats.

3.6.2.1. Bliktransport

De blikken die gebruikt worden t.b.v. poederverpakking zijn normaliter van een groter formaat dan die bij gecondenseerde melk. Het transport vindt normaliter plaats via banden, zodat het transportgeluid voornamelijk bestaat uit botsingsgeluid tussen de blikken onderling en tussen de blikken en de metalen randen van de transporteurs.

De geluidniveaus bij het transport bedragen op ca. 1 m afstand 88 à 92 dB(A), zie fig. 3.64 en 3.65.

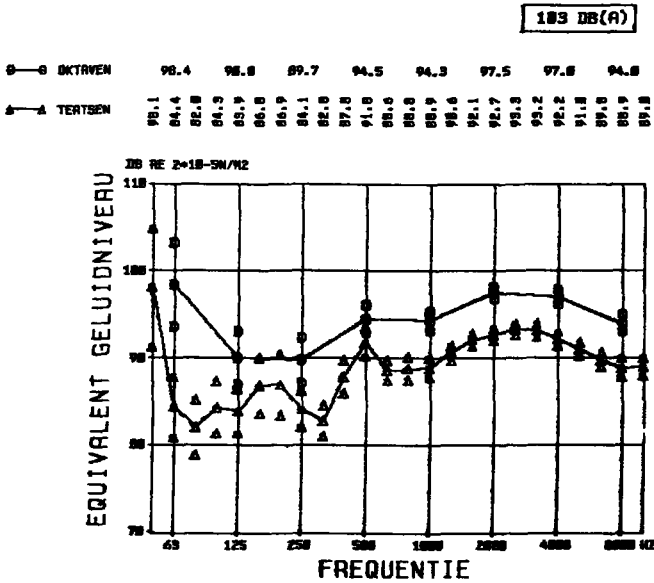


**Figuur 3.64:** Poeder bliktransport

**Figuur 3.65:** Poeder bliktransport

3.6.2.2. Lepeltjestrillers

In de blikken kan, alvorens deze met poeder worden gevuld, een lepel of maatschepje worden toegevoerd. Deze worden door een trilmachine in een transportgoot geleid. De onbalansmotor, die het trilmechanisme in werking houdt, bepaalt het geluidniveau. In een opstelling zonder omkasting werd op ca. 1 m ca. 100 dB(A) gemeten, terwijl bij een omkaste installatie het geluidniveau ca. 92 dB(A) bedroeg, zie fig. 3.66.

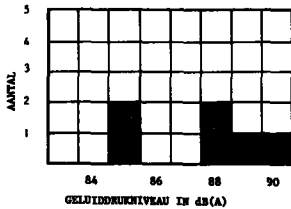


Figuur 3.66: Lepeltjestriller

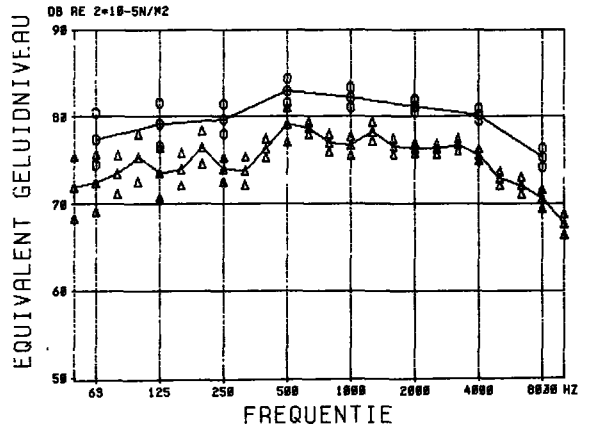
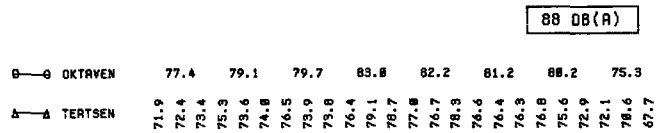
3.6.2.3. Blikvulmachines

Bij de blikvulmachines speelt naast de pneumatiek het aandrijfmechanisme een belangrijke rol. Het vullen geschiedt schoksgewijze, waardoor het start-/stopproces als geluidbron is aan te merken.

De geluidniveaus bij deze machines bedragen op ca. 1 m afstand 85 à 90 dB(A), zie fig. 3.67 en fig. 3.68.



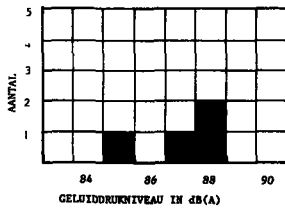
**Figuur 3.67:** Blikvulmachines poeder



**Figuur 3.68:** Blikvulmachine poeder

**3.6.2.4. Vacumeertoestellen**

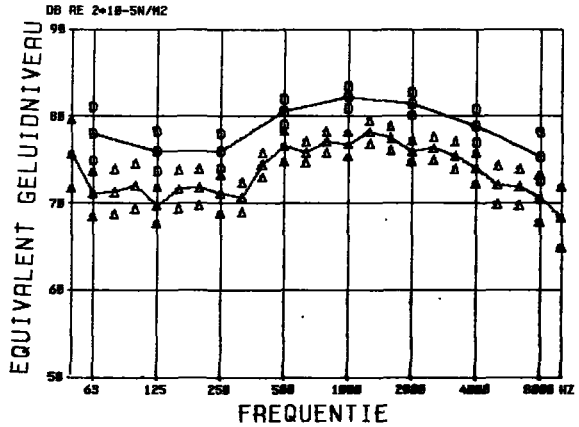
De met poeder gevulde blikken worden, alvorens volledig gesloten te worden, gevacumeerd in een vacumeertoestel. Vacumeren betekent de lucht vervangen door een inert gas, bijvoorbeeld stikstof. Het transportgeluid bij de toe- en afvoer van de blikken bepaalt de geluidniveaus, naast het sluiten en openen van de trommel van het vacumeertoestel, waarbij de pneumatiek wederom een rol van betekenis speelt. Bij de vacumeertoestellen bedragen de geluidniveaus op ca. 1 m 85 à 88 dB(A), zie fig. 3.69 en fig. 3.70.



Figuur 3.69: Vacumeertoestellen

B7 DB(A)

○—○ DKTRVEN 78.8 76.8 76.8 88.5 82.2 81.4 78.9 75.3  
 ▲—▲ TERTSEN 75.7 71.1 71.3 72.8 69.6 71.6 71.1 78.7 74.4 76.6 75.9 77.1 76.8 78.2 77.5 76.8 76.3 75.5 74.1 72.1 71.9 78.6 88.4



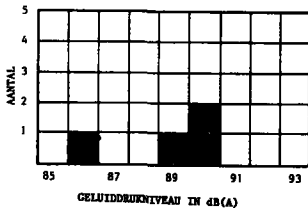
Figuur 3.70: Vacumeertoestel

3.6.2.5. Bliksluitlemmingen

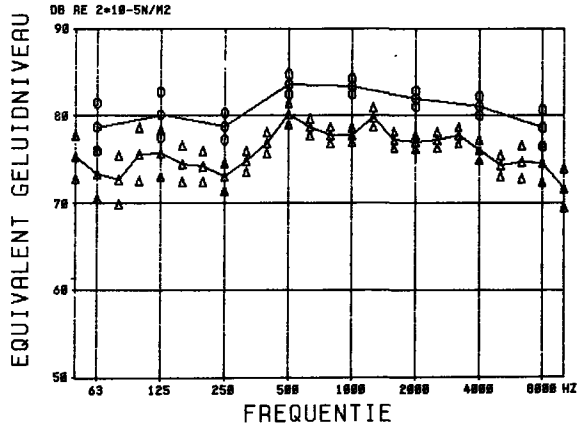
Middels een carousselmachine worden de blikken dichtgefelsd, waarbij het contact tussen blik en machine, de machine-aandrijving en het felsmechanisme de geluidniveaus bepalen, die op ca. 1 m afstand 86 à 90 dB(A) bedragen, zie fig. 3.71 en fig. 3.72.

89 DB(A)

○ — OKTRVEN 78.7 88.1 78.8 83.6 83.3 81.9 81.1 78.6  
 ▲ — TERTSEN 75.3 73.9 72.7 75.6 74.5 74.2 73.8 74.8 76.9 88.2 78.7 77.8 79.8 77.3 77.8 77.2 77.8 76.1 74.3 74.7 74.6 71.7



**Figuur 3.71:** Bliksluitmachines  
poeder



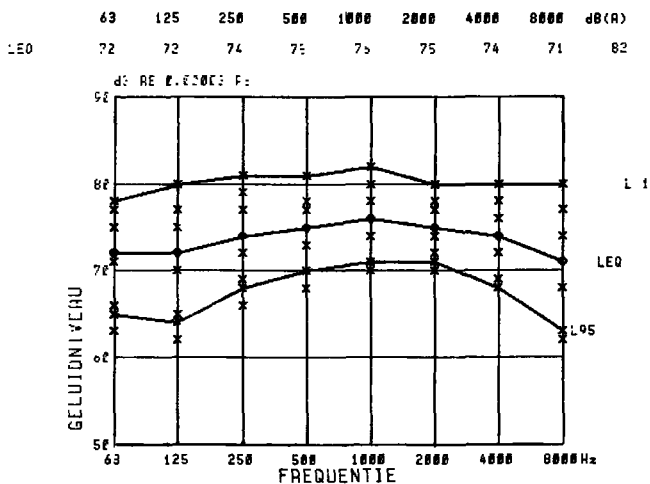
**Figuur 3.72:** Bliksluitmachine  
poeder

### 3.6.3. Boterolie

In een beperkt aantal gevallen wordt boterolie geproduceerd en verpakt in blikken.

Aangezien de transportsnelheid hierbij gering is, worden de geluidniveaus bepaald door de aandrijving van de transportband en het vulmechanisme van de vulinstallatie.

De geluidniveaus bij een dergelijke installatie bedragen op ca. 1 m afstand 80 à 82 dB(A), zie fig. 3.73.



Figuur 3.73: Vulinstallatie boterolie

### 3.6.4. Stempelmachine

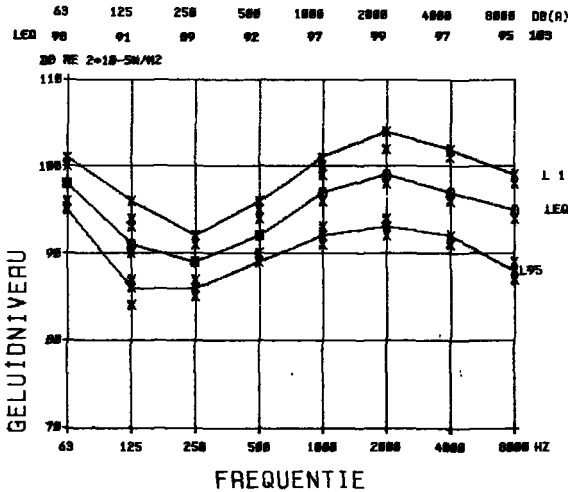
In veel gevallen worden de bodems van blikjes worden voorzien van een ingestempelde codering die door een stempelmachine wordt aangebracht. Een dergelijke machine, die kan zijn opgesteld bij de blikken depalettiseermachine of bij de blikken vulafdeling, veroorzaakt geluidniveaus die bepaald worden door het stansmechanisme en in mindere mate het onderling botsingsgeluid tussen de bodems.

In de stempelmachine vindt de toe- en afvoer van bodems met de hand plaats, waarna de gestempelde bodems in de vul- en sluitmachines worden toegevoerd.

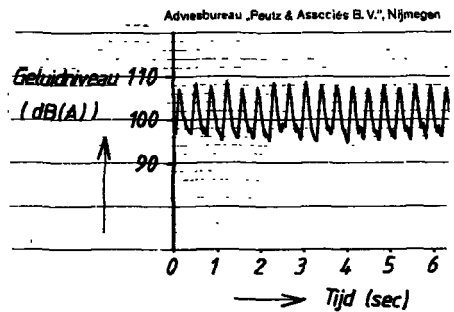
De geluidniveaus zijn afhankelijk van o.a. de snelheid en de kracht waarmee gestanst moet worden. Deze snelheid en kracht zijn in hoge mate afhankelijk van de blikdikte.

Er zijn op ca. 1 m afstand geluidniveaus gemeten van 92 à 103 dB(A), zie fig. 3.74.

Het geluidniveau heeft een pulserend karakter, zie fig. 3.75.



**Figuur 3.74:** Stempelmachine



**Figuur 3.75:** Tijd-niveau diagram

### 3.7. Palletiseer- en depalletiseermachines

Depalletiseren vindt voornamelijk plaats bij lege blikken, die door een blikfabriek op pallets worden aangeleverd.

Palletiseren vindt plaats van zakken, gevuld met poeder, van dozen die gevuld zijn met boter, blikmelk, poeder in blik, houdbare producten in karton e.d. en van kratten met producten in bekertjes e.d.

Als het palletiseren plaatsvindt in dezelfde ruimte waar o.a. de dozen gevuld worden speelt het geluid hiervan een ondergeschikte rol.

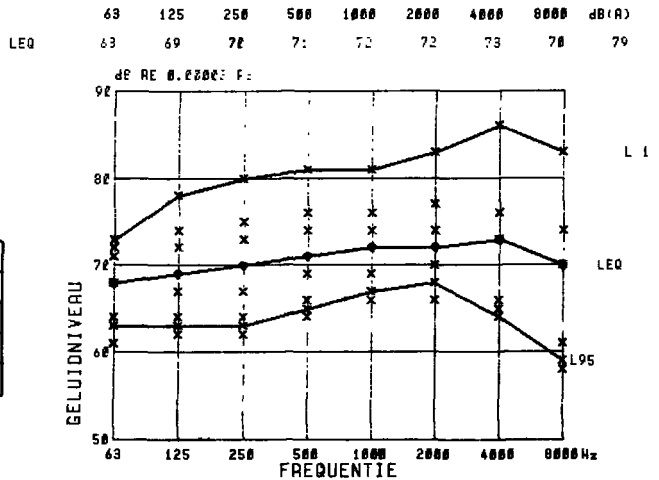
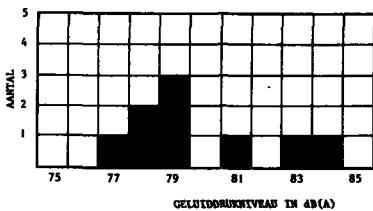
Alleen als het (de)palletiseren in een aparte ruimte geschiedt is het bepalend voor de, weliswaar niet hoge, geluidsniveaus.



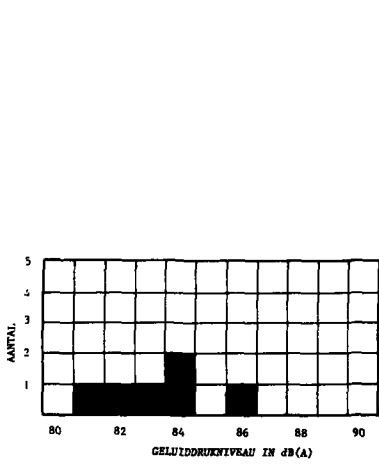
Het palletiseren gaat gepaard met min of meer schokgewijs uitgevoerde bewegingen, waarbij via een transportband de te palletiseren materialen, zakken en dozen, laag voor laag op een pallet worden geschoven. Het aandrijfmechanisme, waarbij gebruik gemaakt wordt van pneumatiek en van elektromotoren, is een belangrijke geluidbron, evenals de stop- en startbewegingen, waarbij door aanstoting geluid ontstaat. Bij het palletiseren van kratten treedt als extra geluidbron het botsen van de kratten onderling op.

Bij het palletiseren van dozen bedragen de geluidniveaus op 1 m afstand 77 à 84 dB(A), zie fig. 3.76 en 3.77, bij palletiseren van kratten 81 à 86 dB(A), zie fig. 3.78 en fig 3.79.

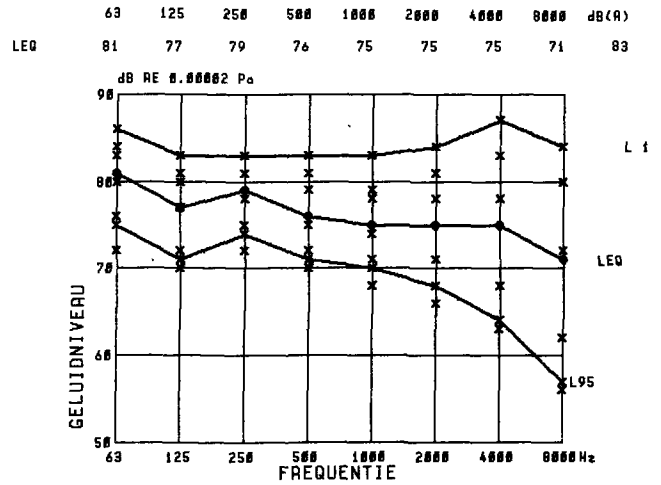
Bij het depalletiseren van leeg blik treedt, naast voornoemde bronnen, in omgekeerde volgorde het botsingsgeluid van de blikken als extra geluidbron op. Gezien de relatief geringe gewichten is het aanstotinggeluid bij stop- en startbewegingen minder dominant. Gemeten zijn geluidniveaus op 1 m afstand van 76 à 86 dB(A), zie fig. 3.80 en fig. 3.81.



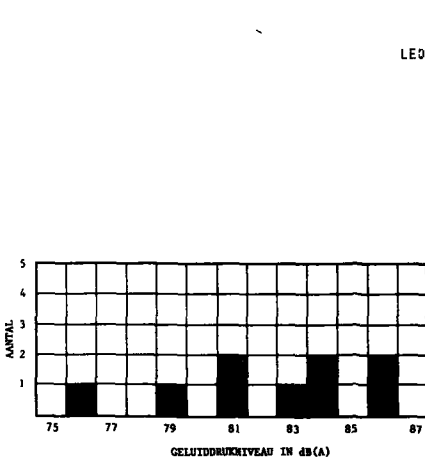
**Figuur 3.76:** Palletiseren dozen **Figuur 3.77:** Palletiseermachine dozen



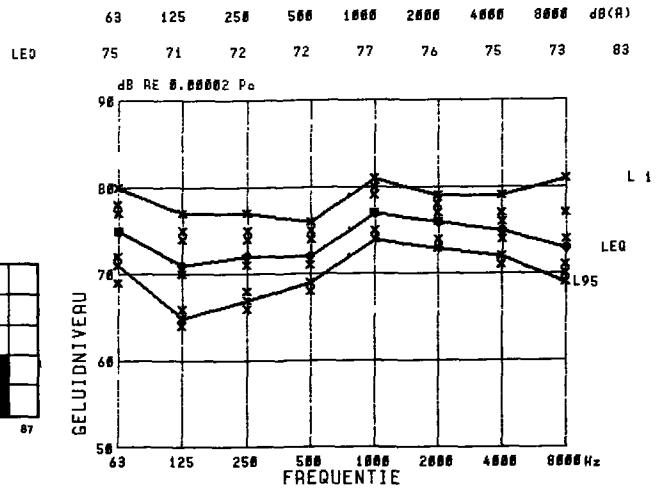
**Figuur 3.78: Palletiseren kratten**



**Figuur 3.79: Palletiseermachine kratten**



**Figuur 3.80: Depalletiseren leeg blok**



**Figuur 3.81: Depalletiseer-machine leeg blok**

### 3.8. Roll-in containers

Dagverse produkten in karton worden veelal "verpakt" in grote "rijdende kratten", de zgn. roll-in containers. Deze installaties kunnen zijn opgesteld in de produktieruimte, waarbij dan de overige in de ruimte aanwezige geluidbronnen de geluidniveaus bepalen, ofwel in een aparte ruimte in of bij de koelcel.

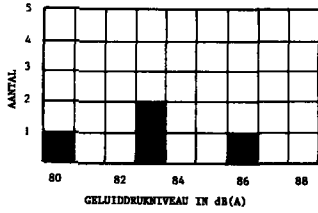
De geluidniveaus bij opstelling in de produktieruimte bedragen op 1 m afstand 80 à 86 dB(A), zie fig. 3.82 en fig. 3.83.

Bij aparte opstelling, waarbij de geluidniveaus bepaald worden door botsingsgeluid tussen de containers onderling en tussen container en installatie bij in- en uitvoer, bedragen de geluidniveaus op 1 m afstand 77 à 79 dB(A), zie fig. 3.84 en fig. 3.85.

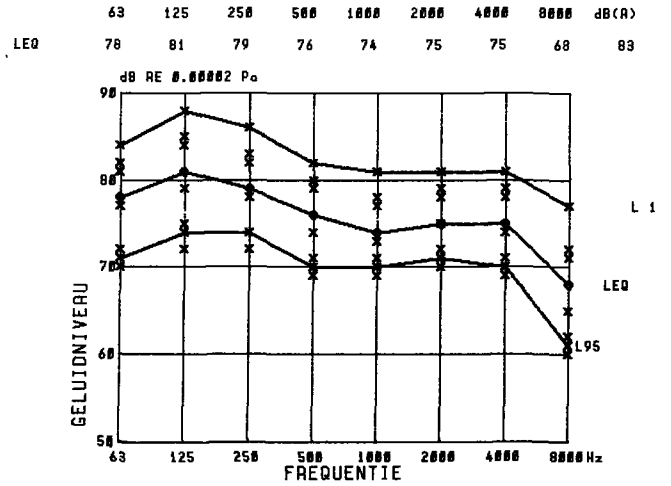
### 3.9. Boterfabricage

In boterkarns wordt de toegevoerde room gekarnd en tevens door vallen gekneed. Het proces is discontinu, d.w.z. nadat de boter gereed is, wordt de karn stilgezet en wordt de boter vanuit de karn in een boterwagen gestort. Vanuit de boterwagens worden de verpakkingsmachines gevuld. In figuur 3.86 zijn enkele boterkarns weergegeven.

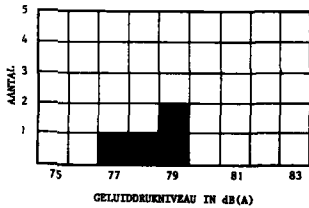
Bij de continue boterbereiding in boterkanonnen, zie figuur 3.87, wordt de te verwerken room eerst in de karncylinder gepompt en hier mer een sneldraaiend slagwerk intensiek bewerkt. Hierbij ontstaat een massa van botervlokken en karnemelk. Deze massa komt in een tweede karncylinder met een langzaam ronddraaiend slagwerk. De in deze tweede cylinder gevormde boterkorrels en karnemelk gaan door een zeer fijnde zeef, waardoor de karnemelk grotendeels wegloopt.



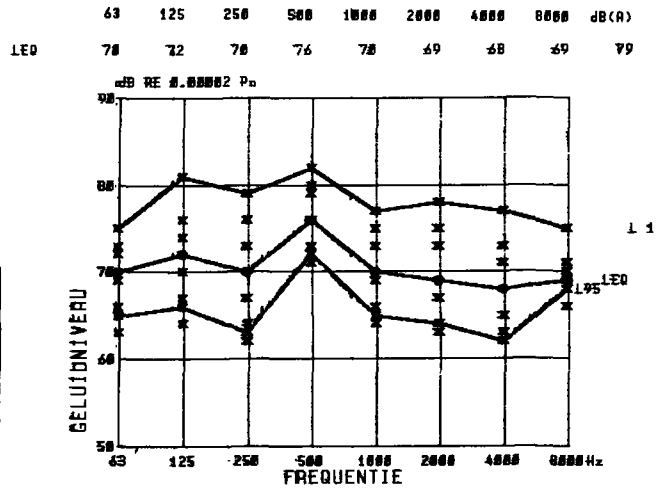
**Figuur 3.82:** Roll-in containers  
(in productieruimte)



**Figuur 3.83:** Roll-in container

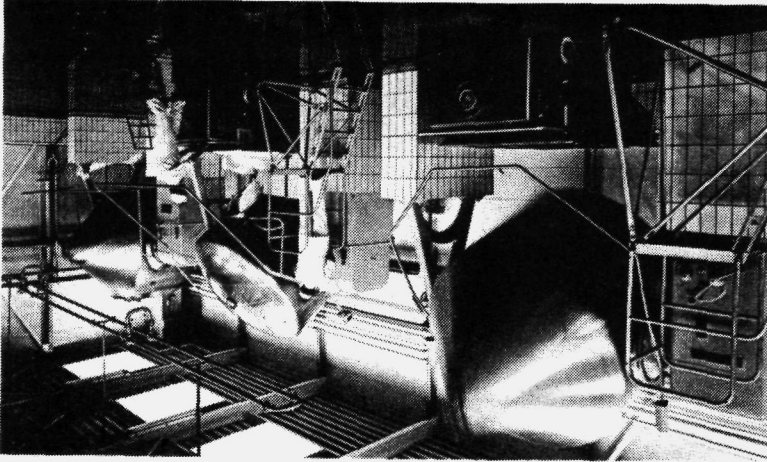


**Figuur 3.84:** Roll-in containers  
(apart opgesteld)

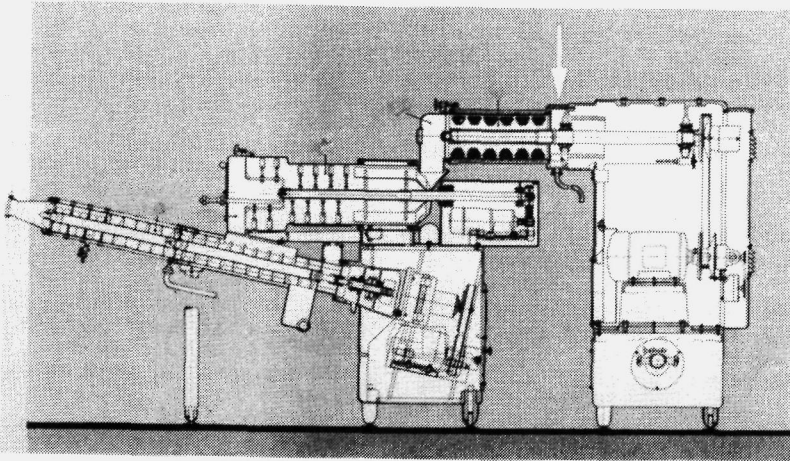


**Figuur 3.85:** Roll-in container

De overgebleven botervlokken gaan naar de kneedcylinder, waar de laatste scheiding tussen karnemelk en botervlokken plaatsvindt en waar de botervlokken tot een homogene massa, de boter, worden gekneed.



Figuur 3.86: Boterkarns

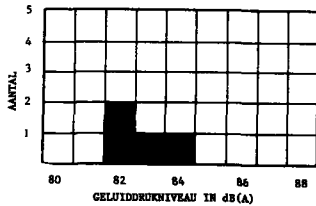


Figuur 3.87: Boterkanon

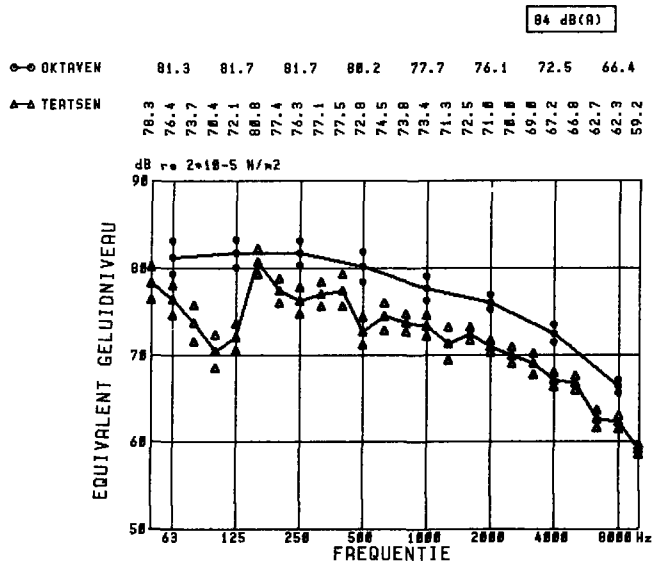
3.9.1. Boterkarns

Bij de boterkarns zijn als geluidproducenten en -afstralers aan te merken de aandrijving, de lagerstoelen met de lagering van de karns en het geluid van de te kneden room die tegen de wand van de karn valt.

De geluidniveaus bij de karns gemeten op ca. 1 m afstand bedragen 82 à 84 dB(A), zie fig. 3.88 en fig. 3.89.



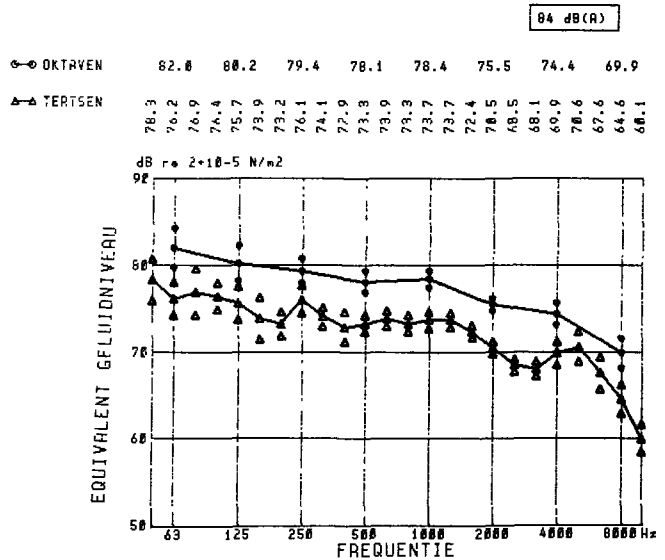
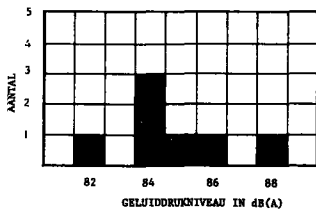
**Figuur 3.88:** Boterkarns



**Figuur 3.89:** Boterkarn

3.9.2. Boterkanonnen

De geluidproducenten bij een boterkanon zijn de pomp, de aandrijving van de karn- en kneedcilinders en het slagwerk in de cilinders. De geluidproduktie vindt enerzijds plaats via afstraling van de behuizing van de machine, anderzijds rechtstreeks via openingen in de behuizing. De geluidniveaus bedragen gemeten op ca. 1 m afstand 82 à 88 dB(A), zie fig. 3.90 en fig. 3.91.



Figuur 3.90: Boterkanonnen

Figuur 3.91: Boterkanon

### 3.9.3. Boterverpakkingsmachines

Boter bereid via een boterkarn wordt vanuit de boterwagen in de verpakkingsmachine gepompt en verpakt in pakjes van 250 gram, in dozen van 25 kg of zelfs in kisten van 1000 kg.

Boter bereid via een boterkanon wordt rechtstreeks via leidingen naar de verpakkingsmachine gevoerd.

Bij de kleinverpakkingsmachines wordt het papaier gesneden, in een mal gedrukt, met boter gevuld via een doseerinrichting, gesloten en via een band afgevoerd naar een dozenvuller. Daarin worden de dozen gevormd, gevuld en gesloten en via een band afgevoerd.

Bij de grootverpakkingsmachines worden eerst de dozen gevormd, gevuld, gewogen en eventueel tot 25 kg bijgevuld en daarna gesloten en via een band afgevoerd.

Kisten worden handmatig via een leiding gevuld, gesloten en door een heftruck afgevoerd.

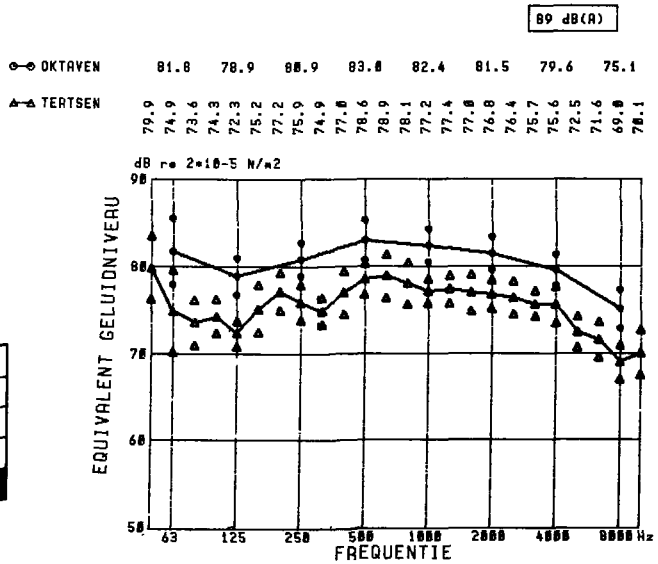
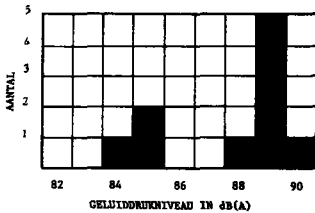
De dozen worden ofwel handmatig ofwel met een palletiseermachine gestapeld op pallets en met een heftruck afgevoerd naar de koelcel.



3.9.3.1. Kleinverpakking

Bij de kleinverpakking (250 gram) speelt de aandrijving van de machine een rol en de doseerinrichting, die de juiste hoeveelheid in het zich in een mal bevindende papier drukt.

Bij de kleinverpakkingmachines waarmee ca. 200 pakjes per minuut verpakt worden, worden op ca. 1 m geluidniveaus gemeten van 84 à 90 dB(A), zie fig. 3.92 en fig. 3.93.



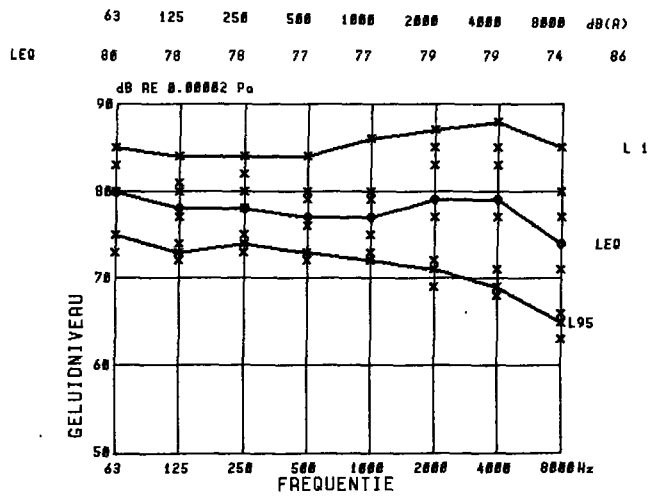
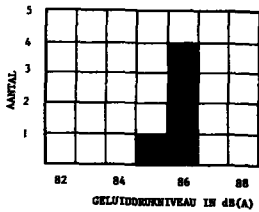
Figuur 3.92: Kleinverpakking

Figuur 3.93: Kleinverpakkingmachine

3.9.3.2. Grootverpakking

Bij de grootverpakking zijn de aandrijving, het dozevormen, de pneumatiek en de dozensluitinrichting als geluidbronnen een te merken. Geluidniveaus op ca. 1 m afstand van 85 à 86 dB(A) zijn gemeten, zie fig. 3.94 en fig. 3.95.

Het vullen van kisten gebeurt rechtstreeks vanuit een boterkanon en levert geen extra geluidproductie op.



Figuur 3.94: Grootverpakking

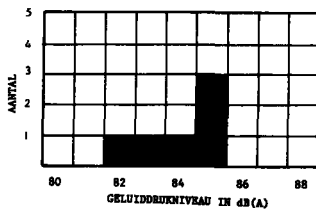
Figuur 3.95: Grootverpakkingsmachine

### 3.10. Kaasfabricage

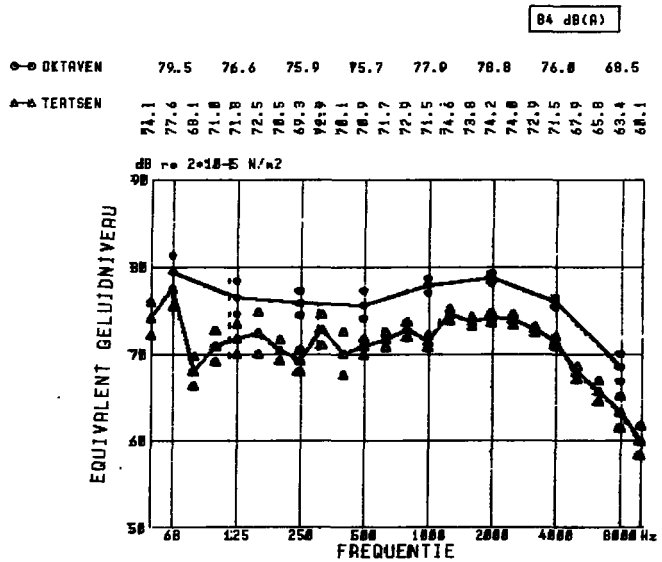
#### 3.10.1. Wrongelbereiding

De geluidproduktie bij de wrongelbereiding wordt bepaald door pompen en in mindere mate door aandrijving van de roerwerken.

Geluidniveaus ter plaatse van de wrongelbereiding bedragen 82 à 85 dB(A), zie fig. 3.96 en fig. 3.97.



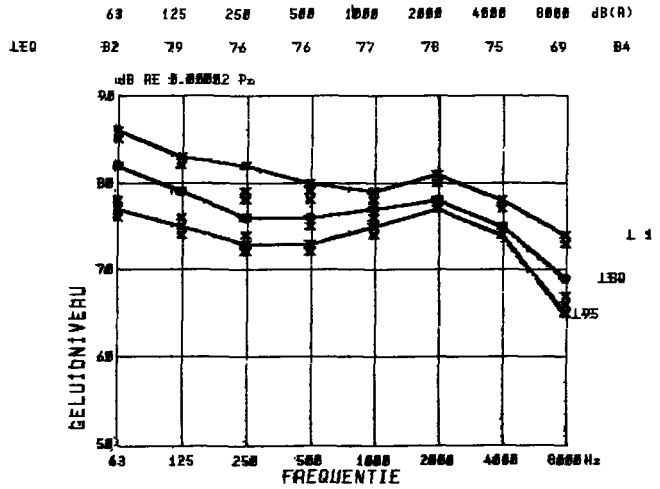
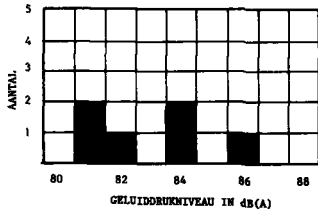
**Figuur 3.96:** Wrongelbereiding



**Figuur 3.97:** Wrongelbereiding

#### 3.10.2. Kaasvatentransport

Het transport van de kunststof of stalen kaasvaten vindt plaats door kettingtransporteurs. Het botsingsgeluid van de vaten onderling bepaalt de geluidniveaus, die op ca. 1 m afstand voor kunststofvaten 81 à 84 dB(A) en voor stalen vaten 84 à 86 dB(A) bedragen, zie fig. 3.98 en fig. 3.99.



Figuur 3.98: Kaasvatentransport

Figuur 3.99: Kaasvatentransport

### 3.10.3. Kaasvaten vullen, ledigen en spoelen

Het vullen van de kaasvaten met wrongel gebeurt ofwel handmatig ofwel machinaal (casomatic). Hierbij worden de kaasvaten continu via een transportband langs de vulplaats geleid.

Daarna worden de vaten handmatig voorzien van een deksel, een zogenaamde "volger".

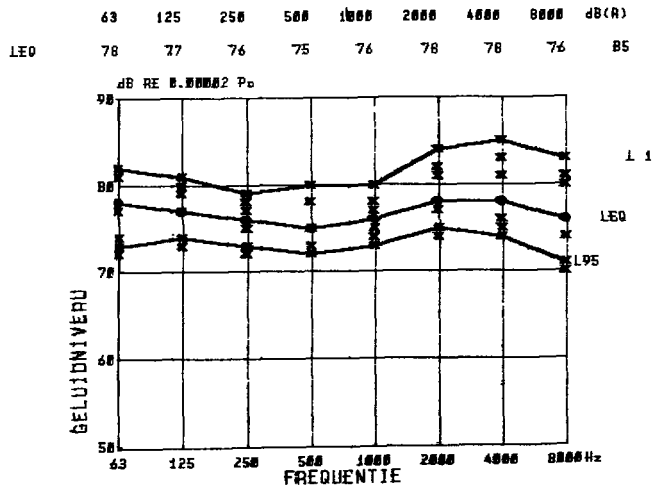
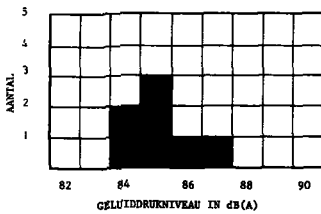
Vierkante kazen in stalen vaten worden vervolgens naar de kaaspersen gevoerd, na het persproces (handmatig) ontiaan van de deksel en tenslotte worden de kazen (handmatig) uit de vormen gehaald, teneinde in het pekelbad te verdwijnen.

De kaasvaten gaan via de spoelmachine weer retour en het vulproces kan opnieuw beginngen.

Ronde kazen in kunststof vaten worden na het persproces eerst door de omlooptoren gevoerd en gekeerd, machinaal worden de kazen uit de vaten gehaald en naar het pekelblad getranspoteerd. De kaasvaten gaan via een spoelmachine weer retour naar het vulstation.

3.10.3.1. Kaasbakken\_vullen

Het vullen van de kaasvaten kan handmatig plaatsvinden, waarbij botsingsgeluid en transportgeluid bepalend blijft, zie paragraaf 3.10.2. Bij het machinaal vullen (Casomatic) speelt naast het botsingsgeluid, de pneumatiek van de machine een rol. Bij een kaasvatvulmachine bedragen de geluidniveaus op 1 m afstand 84 à 87 dB(A), zie fig. 3.100 en fig. 3.101.

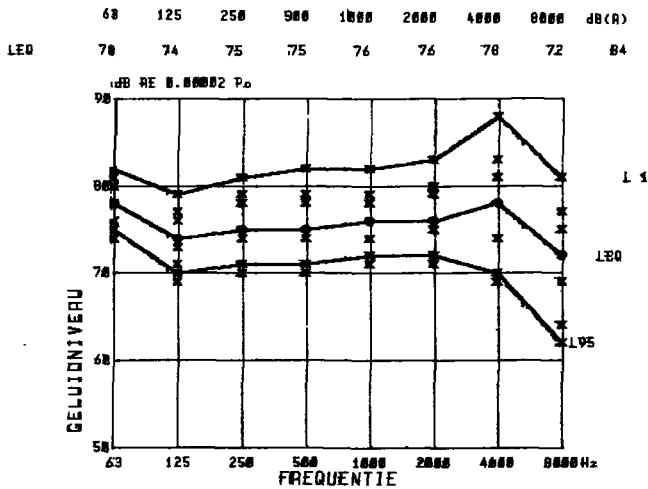


Figuur 3.100: Kaasvaten vullen

Figuur 3.101: Kaasvatvulmachine

3.10.3.2. Kaasvaten\_ledigen

Het ledigen van de kaasvaten vindt ofwel handmatig (stalen bakken) of geautomatiseerd plaats. Ook in dit geval bepaalt het botsingsgeluid tussen de vaten en tussen de vaten en de transportband de geluidniveaus, zie paragraaf 3.10.2. De geluidniveaus bedragen op 1 m afstand 83 à 85 dB(A) bij handmatig ledigen, zie fig. 3.102.



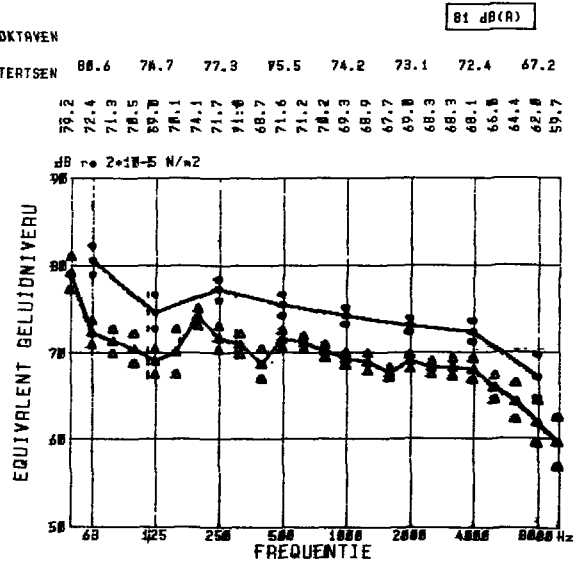
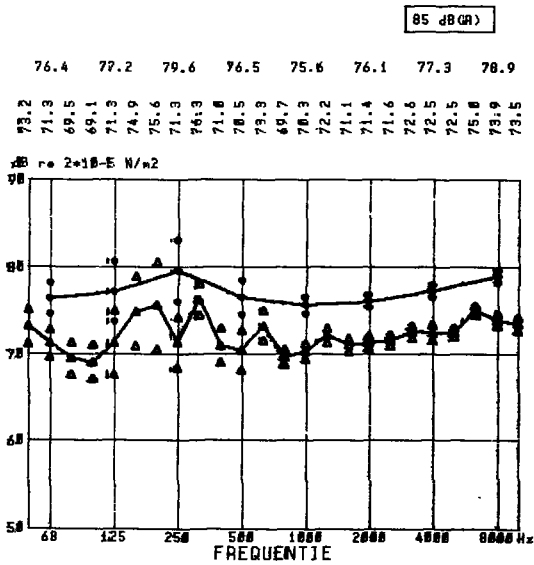
Figuur 3.102: Handmatig ledigen kaasvat

### 3.10.3.3. Kaasvatenspoelmachines

Bij de kaasvatenspoelmachine, waar de vaten doorheen getransporteerd worden, bepalen de pomp en het watergeluid de geluidniveaus, welke op ca. 1 m afstand 85 à 87 dB(A) bedragen, zie fig. 3.103.

### 3.10.4. Plastificeren

Bij het plastificeren van de kazen worden de geluidniveaus met name bepaald door het geluid van de lucht die in tunnels over de kazen geblazen wordt. De geluidniveaus bedragen hierbij op ca. 1 m afstand 80 à 85 dB(A), zie fig. 3.104.



Figuur 3.103: Kaasvatenspoelmachine

Figuur 3.104: Plasificeren

### 3.10.5. Kaaspakhuis

Het aandrijfmechanisme en de handling van de kaasplanken bij de kaastreinen bepaalt, plaatselijk samen met de kaasplankenwasmachine, de geluidniveaus in het pakhuis.

De geluidniveaus in het nagalmveld in het pakhuis bij in bedrijf zijn van meer dan de helft van de treinen bedragen plaatsafhankelijk 75 à 86 dB(A), zie fig. 3.105.

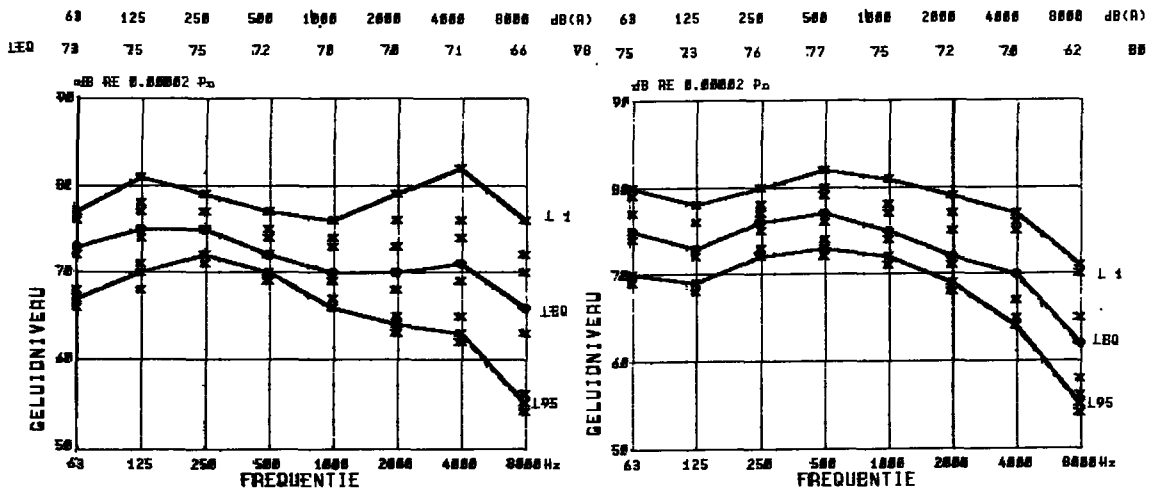
### 3.10.6. Expeditie en verpakking

Vanuit het kaaspakhuis vindt transport van kazen plaats naar de afdeling expeditie, waar de kazen na o.a. gewogen te zijn, worden verpakt in kisten ter verzending.

Tevens kan verpakking van stukken kaas plaatsvinden in folie.

Bij de expeditie bepalen de aandrijving van de transportband en de pneumatiek bij het weegtoestel de geluidniveaus van 73 à 78 dB(A) op ca. 1 m afstand.

De folie-inpakkmaschine, waarbij de aandrijving, het contactgeluid tussen machine-onderdelen en de pneumatiek de geluidbronnen zijn, produceert geluidniveaus die op 1 m afstand ca. 80 à 85 dB(A) bedragen, zie fig. 3.106.



Figuur 3.105: Kaaspakhuis

Figuur 3.106: Folie-inpakkmaschine

3.11. Indampers (verdampers of vacuuminstallaties)...

Verdampers c.q. vacuuminstallaties worden vooral toegepast voor het concentreren van oplossingen van vaste stoffen, het zgn. indampen. Bij verdampers is het doel het laten overgaan van vloeistof- in damptoe-stand, bij welk proces warmte wordt opgenomen.

Beneden het kookpunt vindt verdamping slechts plaats aan het vloeistofoppervlak, bij of boven het kookpunt door de gehele vloeistof. Naast verlagen van de druk en verhogen van de temperatuur doen ook een dampstroom over de vloeistof en vergroting van het vloeistofoppervlak de verdamping toenemen.



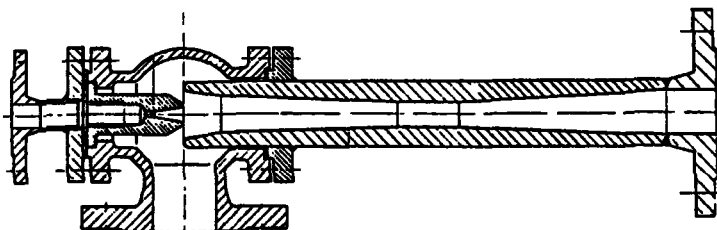
In verdampers met een buizen- of platensysteem wordt behalve door de combinatie temperatuurverhogingen en vergroting van de oppervlakte het proces nog versneld door de damp af te zuigen, men spreekt dan van een vacuüminstallatie of vacuümverdamer.

Het indampen vindt plaats onder verminderde druk, waarbij de kooktemperatuur van water lager ligt dan bij normale druk het geval is. Deze lagere verdampingstemperatuur is noodzakelijk om ontleding van de voedingsstoffen in de melk te voorkomen.

De vereiste onderdruk wordt gerealiseerd met behulp van vacuümpompen. Ten behoeve van damptransport, met name in de veel toegepaste meertrapsverdampers, worden veelal zgn. thermocompressoren (boosters) toegepast. Hiermee wordt door het damptransport een dampdrukverlaging gerealiseerd bij het in te dampen produkt, waardoor de verdamping wordt gestimuleerd, en een dampdrukverhoging daar waar de damp dient te condenseren, waardoor de condensatie wordt gestimuleerd.

In een meertrapsindamper wordt per indampertrap de condensatiewarmte van damp uit de vorige trap benut als verdampingswarmte voor het in te dampen produkt.

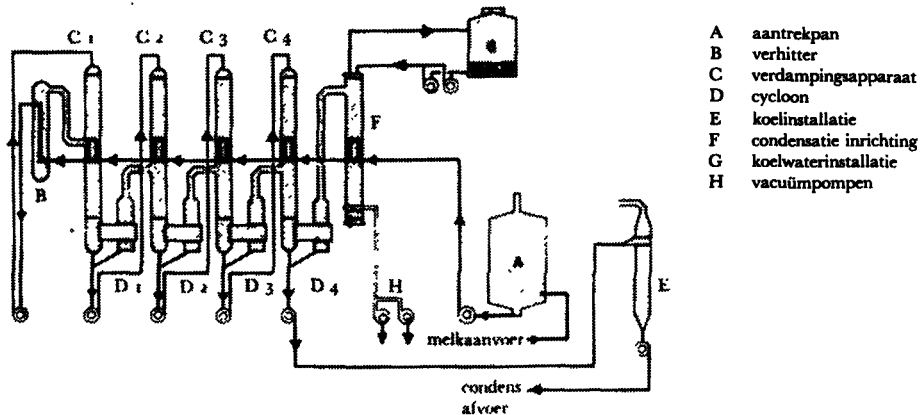
De veelvuldig ten behoeve van het noodzakelijke damptransport toegepaste thermocompressoren zijn in feite stoomstraalpompen. Door in een leiding met hoge snelheid stoom te injecteren worden aanzienlijke hoeveelheden te transporteren waterdamp meegevoerd (zie figuur 3.107).



Figuur 3.107: Stoomstraalpompe

De in de thermocompressor ingebrachte stoom verstoort de dampbalans in de indamper; er is (dan) een condensor nodig om de overmaat aan damp met behulp van koelwater te condenseren en af te voeren. In plaats van thermocompressoren is ook toepassing van een mechanische turbo-compressor mogelijk. Doorgaans worden de turbo-compressoren dan in een aparte ruimte opgesteld.

In figuur 3.108 is schematisch een meertrapsverdamer weergegeven.



**Figuur 3.108: Meertrapsverdamer**

Afhankelijk van o.a. de soort installatie en het in te dampen produkt zijn de thermocompressoren en de pompen van belang voor de geluidproduktie van indampers.

Bij installaties, waarin reeds tamelijk geconcentreerd produkt moet worden ingedampt, kunnen meer of grotere thermocompressoren nodig dan bij installaties voor het indampen van minder geconcentreerd produkt; bepalend echter voor de grootte of het aantal thermocompressoren is het energiegebruik en de waterverdampingscapaciteit.

Bij een dergelijke installatie zal een relatief hoge geluidproduktie ten gevolge van de thermocompressoren optreden.

In een thermocompressor (booster) ontstaan bij de overkritische expansie van de geïnjecteerde stoom schokgolven, die met een sterke geluidproduktie gepaard gaan. Bij de menging van de geïnjecteerde stoom met de te transporteren te recomprimeren damp ontstaat, vanwege de hoge snelheden en daardoor grote snelheidsgradiënten een hoge geluidproduktie.

Via de buitenmantel van de stoomstraalpompe, maar met name ook via de erop aangesloten leidingen, kolommen, cyclonen, etc. dringt het geluid door naar het indamplokaal.

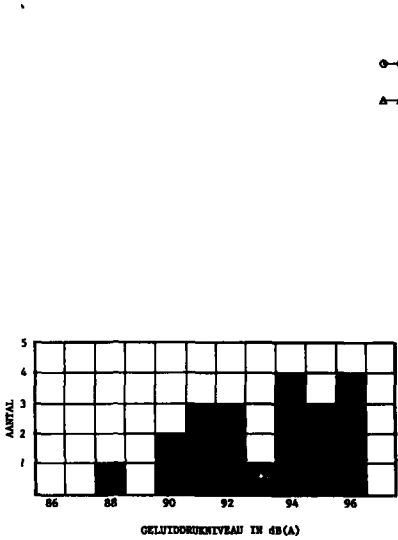
Deze geluidproduktie is min of meer inherent aan de werking van de thermocompressor.

Naast de geluidproduktie vanwege de thermocompressoren speelt de geluidproduktie ten gevolge van de produktpompen, welke het in te dampen produkt vanuit de onderzijde van de indamperkolom naar de kop van een volgende indamperkolom pompen, een rol van betekenis.

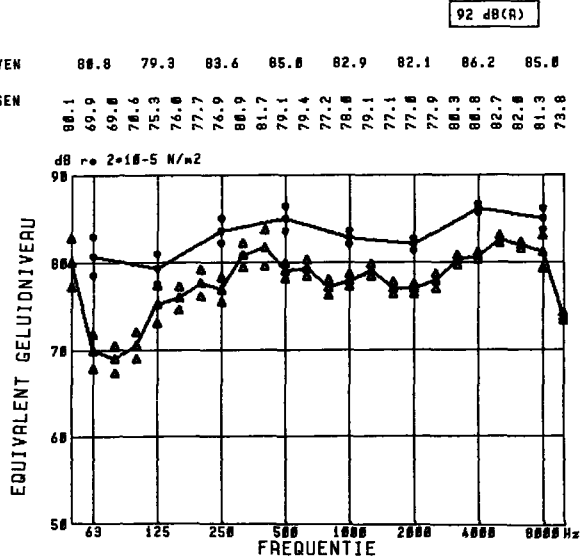
Ten gevolge van de benodigde opvoerhoogten zijn deze pompen al niet stil, echter voornamelijk door cavitatie treedt een aanzienlijk geluidproduktie op. Cavitatie is vrijwel onvermijdelijk daar immers de condities (temperatuur en druk) van het produkt nabij het kookpunt liggen.

De geluidafstraling van de caviterende pompen geschiedt mede als afstraling van zuig- en persleidingen, alsmede van de cyclonen (ook separatoren of dampafscheiders genoemd) en indamperkolommen, die via de leidingen star zijn gekoppeld aan de pompen.

Normaliter staat de gehele indamperinstallatie in één ruimte opgesteld. De geluidniveaus in het nagalmveld in een dergelijke ruimte bedragen, o.a. afhankelijk van de bijdrage van thermocompressoren, 88 à 96 dB(A), zie fig. 3.109 en fig. 3.110.

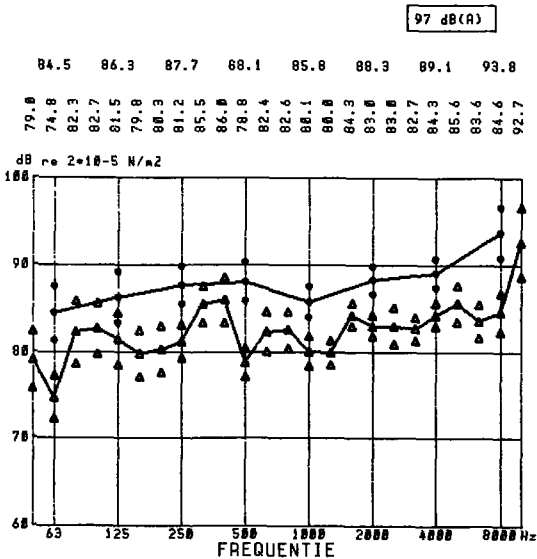


**Figuur 3.109: Indampers**

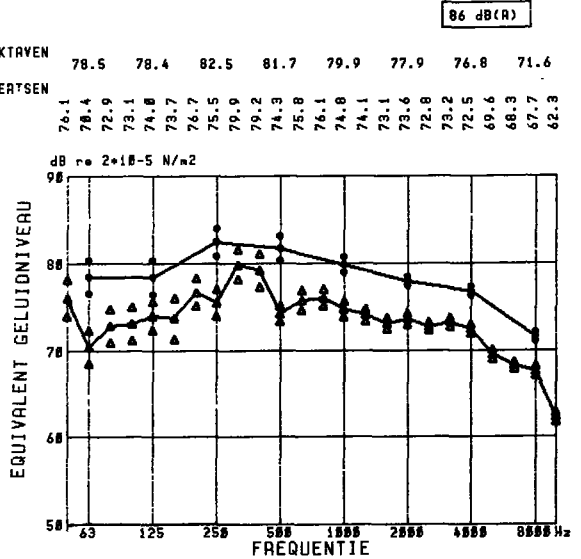


**Figuur 3.110: Indamper**

In een aantal gevallen zijn de pompen apart opgesteld, waardoor in de indamperruimte een geluidniveau in het nagalmveld optreedt van 85 à 87 dB(A), zie fig. 3.111, en in het nagalmveld in de pompenruimte van 91 à 99 dB(A), zie fig. 3.102.

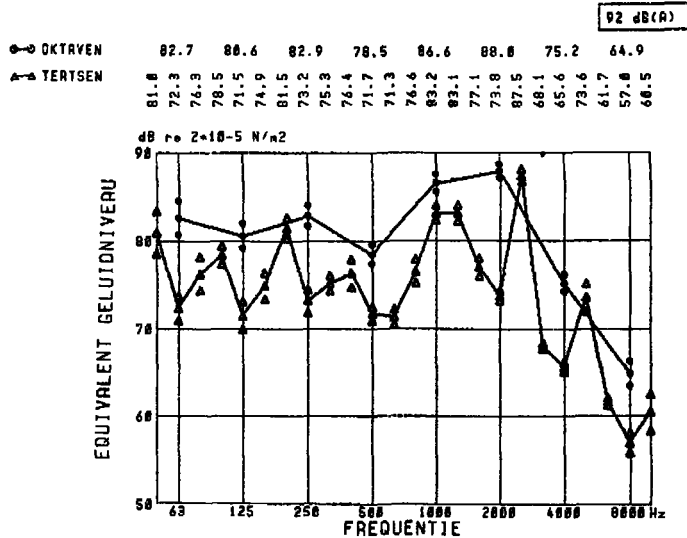


**Figuur 3.111: Pompenruimte**



**Figuur 3.112: Indamperruimte**

Bij toepassing van een mechanische compressor is deze meestal apart in een ruimte opgesteld, waarbij geluidniveaus van 90 à 95 dB(A) in het nagalmveld van die ruimte optreden, zie fig. 3.113.



**Figuur 3.113:** Mechanische compressor

Een indamperinstallatie, die voorzien is van een mechanische turbocompressor is, voor wat betreft het compressorgeluid, ca. 5 dB(A) stiller dan een installatie welke voorzien is van thermocompressoren. De geluidproductie ten gevolge van de produktpompen is uiteraard bij beide installaties nagenoeg gelijk.

### 3.12. Verstuiwingstorens

Doel van het verstuiwen is om niet vluchtige bestanddelen te isoleren uit oplossingen.

Bij het verstuiwen is toevoer van energie nodig, omdat meer vloeistofoppervlak wordt gevormd.

Om de verstuiwing te verbeteren wordt vaak de viscositeit verminderd door verwarming van de vloeistof.

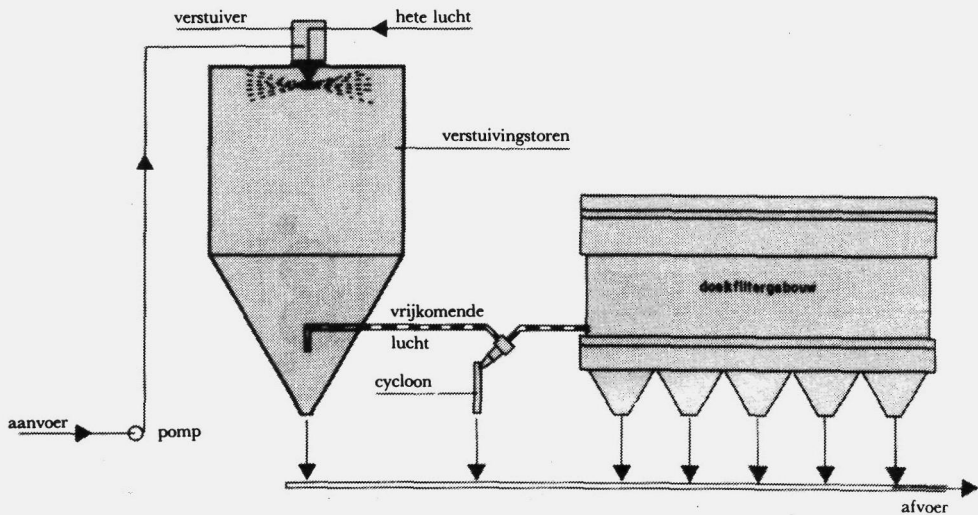
Door het verstuiven verdampen de vluchtige bestanddelen en komen de niet vluchtige in poedervorm ter beschikking.

In verstuivingstorens of poedertorens of sproeidroogtorens, zie figuur 3.114, wordt bovenin het reeds ingedikte produkt verstoven en gelijktijdig met hete lucht vermengd. Daartoe zijn bij een poedertoren luchtverhitters, waarin door middel van branders de lucht meestal indirect verwarmd wordt, en ventilatoren nodig.

De gedroogde poeder wordt onderin de toren opgevangen en via schudbeddrogers en koelers afgevoerd.

Via ventilatoren en cyclonen wordt de af te voeren lucht eerst nog gezuiverd.

Het transport tussen de verschillende apparaten geschiedt normaliter pneumatisch.

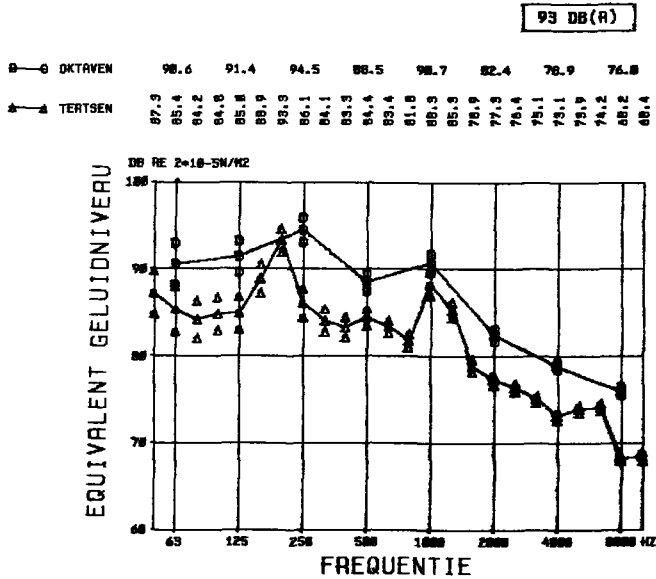


Figuur 3.114: Verstuivingstoren

Belangrijke geluidbronnen bij verstuivingstorens zijn de ventilatoren, welke zich meestal bovenin het torengebouw bevinden, de branders, de

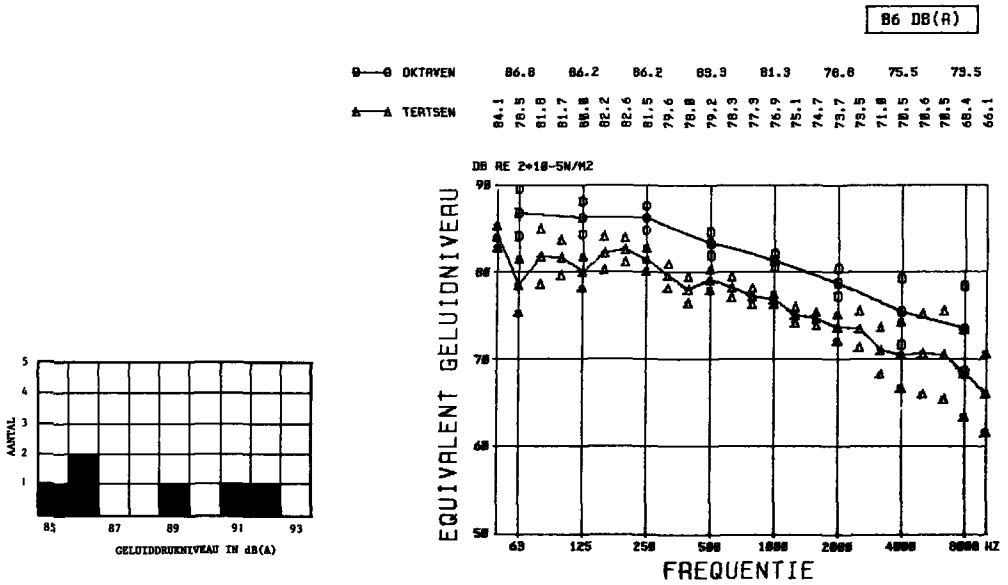
kloppers aan de wand van de toren en de schudbeddrogers. Daarnaast speelt de pneumatiek een belangrijke rol.

Bij de ventilatoren bedragen de geluidniveaus op ca. 1 m afstand 89 à 97 dB(A), zie fig. 3.115.



Figuur 3.115: Ventilator verstuivingstoren

In het torengedouw zijn geluidniveaus in het nagalmveld gemeten van 73 à 90 dB(A) afhankelijk van de verdiepingshoogte, terwijl bij de schudbeddrogers de geluidniveaus in het nagalmveld 85 à 92 dB(A) bedragen, zie fig. 3.116 en fig. 3.117.



**Figuur 3.116:** Schudbeddrogers

**Figuur 3.117:** Schudbeddroger

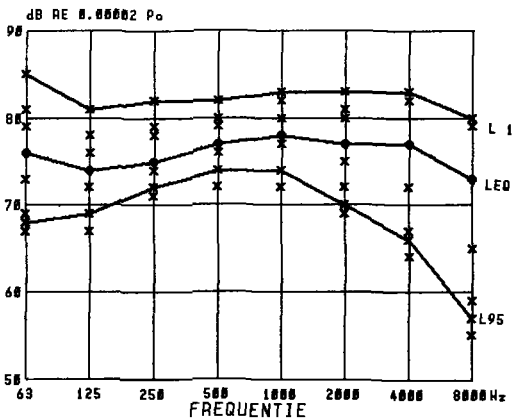
**3.12.1. Verpakking in zakken en afzakken**

Naast het vullen van blikken met poeder vindt tevens het vullen van zakgoed plaats. Bij de handling van de zakken spelen het vullen, het sluiten en het transport een rol.

De poeder wordt deels verpakt in zakken, waarbij de zakkenvulinstallatie met pneumatiek en aandrijving, de lopende band met aandrijving en de machinale zakkendichtnaaimachine de bepalende geluidbronnen zijn. De geluidniveaus op ca. 1 m van de zakkenvuller bedragen 80 à 89 dB(A), zie fig. 3.118 terwijl op ca. 1 m van de naaimachine 88 à 93 dB(A), zie fig. 3.119, gemeten is.

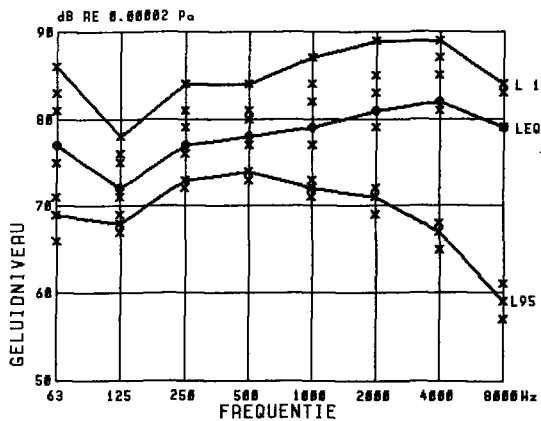


63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)
76	74	75	77	78	77	77	73	85



Figuur 3.118: Zakkenvuller

63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	dB(A)	
LEQ	77	72	77	78	79	81	82	79	88

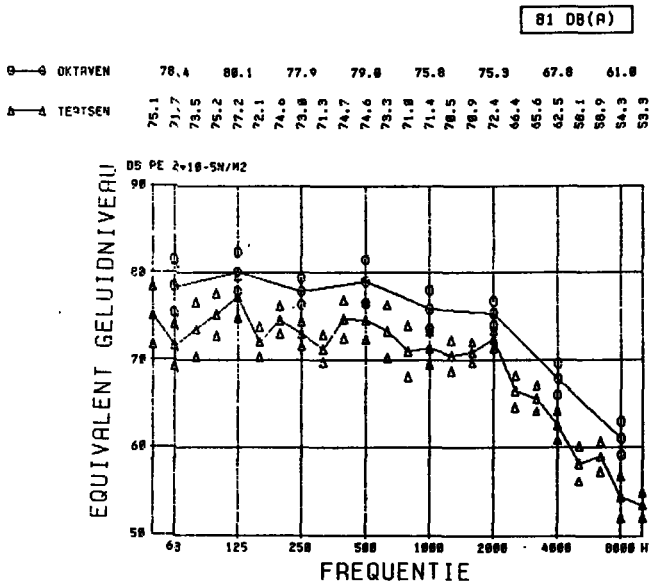


Figuur 3.119: Naaimachine

Naast verpakken in zakken, wordt de poeder ook afgezakt, d.w.z. vanuit silo's in zakken gestort. Dit geschiedt meestal op de begane grond onderin het poedertorengedouw.

Bepalende geluidbronnen in een dergelijke ruimte zijn de pneumatiek en de schudzeef, die zich meestal boven de afzakopening bevindt.

De geluidniveaus in het nagalmveld in een afzakruimte variëren van 74 à 83 dB(A), zie fig. 3.120.



Figuur 3.120: Afzakruimte

### 3.12.2. Verpakking in karton

In een beperkt aantal gevallen wordt poeder verpakt in karton. Ook hier speelt de pneumatiek, het transport en de aandrijving een belangrijke rol. Geluidniveaus op ca. 1 m van een dergelijke vulinstallatie bedragen 85 à 87 dB(A), zie fig. 3.121.

### 3.13. Dozenvulmachines

De volgende producten worden met name verpakt in dozen:

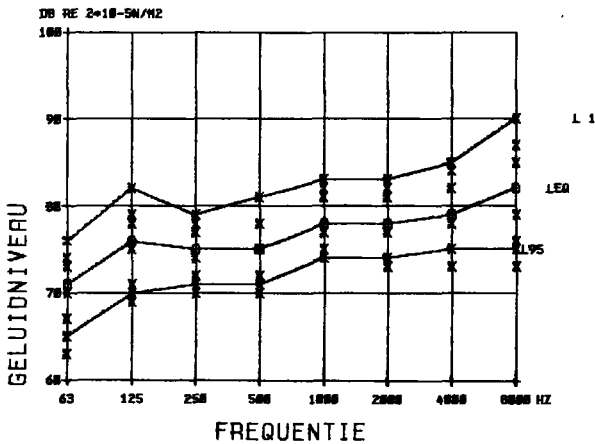
- houdbare produkten in karton;
- houdbare produkten in kunststof;
- houdbare produkten in glas;
- poederprodukten in blik;
- gecondenseerde melkprodukten in blik;
- boter in kleinverpakking;
- boter per 25 kg verpakking;
- boterolie in blik.

Dozenvullers vouwen de dozen in de juiste vorm, vullen de dozen met het betreffende produkt en sluiten de dozen.

Dozenvullers kunnen direkt achter bijvoorbeeld een boterverpakingsmachine staan, doch ook in een aparte ruime, samen met bijvoorbeeld een etiketteermachine.

Bij dozenvulmachines worden de geluidniveaus bepaald door de pneumatiek, het aandrijfmechanisme, het dozenvormmechanisme en de dozendichtplakinrichting.

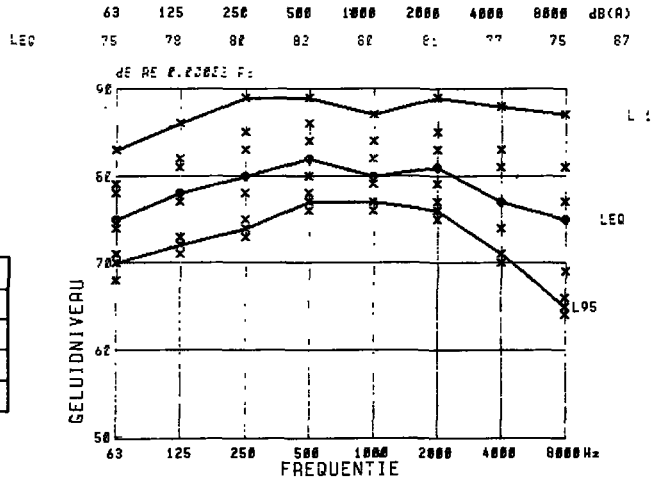
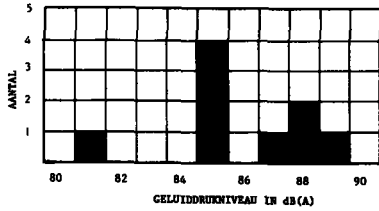
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	DB(A)
LEQ	71	76	75	75	78	78	79	82	86



Figuur 3.121: Kartonvulininstallatie poeder

### 3.13.1. Boter

De dozenvullers voor boter, normaliter direct na de kleinverpakingsmachines opgesteld, produceren op ca. 1 m afstand geluidniveaus van 81 à 89 dB(A), zie fig. 3.122 en fig. 3.123.



Figuur 3.122: Dozenvullers boter

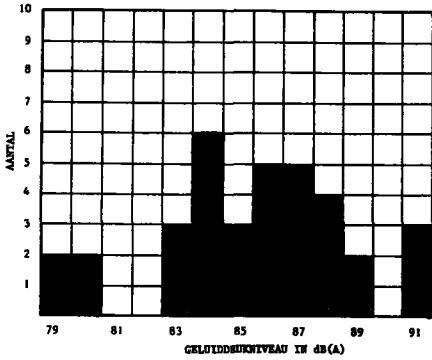
Figuur 3.123: Dozenvuller boter

### 3.13.2. Blik

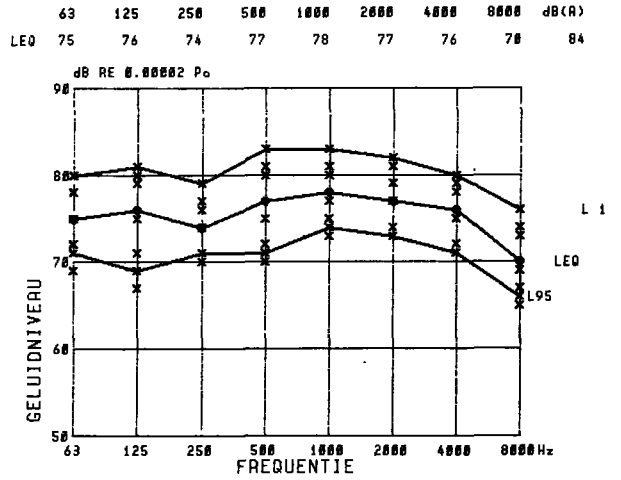
Bij de blikdozenvuller spelen naast de in 3.13. genoemde geluidproducenten ook het botsinggeluid tussen de blikken een rol. Op ca. 1 m afstand zijn geluidniveaus gemeten van 79 à 91 dB(A), zie fig. 3.124 en fig. 3.125.

### 3.13.3. Flessen

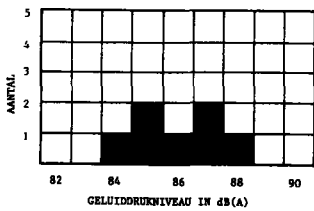
Het in dozen verpakken van flessen vindt niet op grote schaal plaats. Geluidniveaus op ca. 1 m van 85 à 88 dB(A) zijn gemeten, zie fig. 3.126 en fig. 3.127.



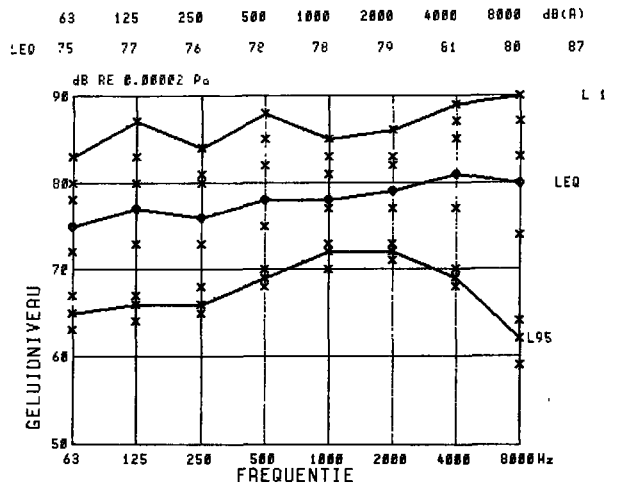
Figuur 3.124: Dozenvullers blik



Figuur 3.125: Dozenvuller blik



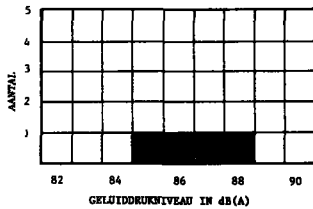
Figuur 3.126: Dozenvullers flessen



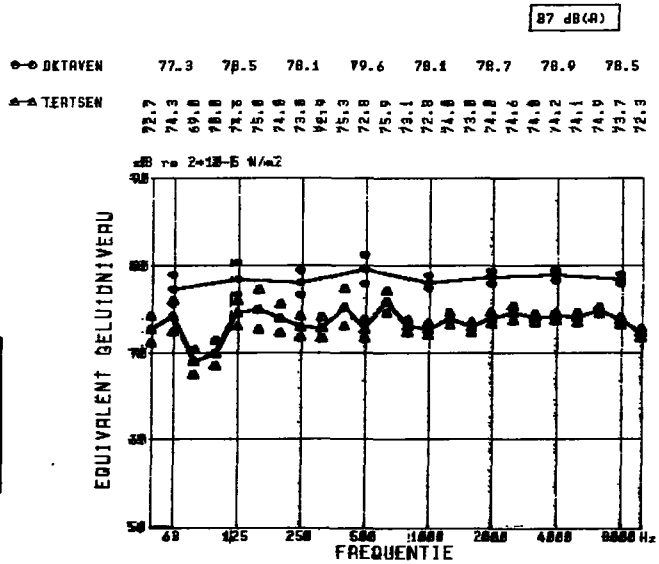
Figuur 3.127: Dozenvuller flessen

3.13.4. Karton en bakers

In een aantal gevallen worden houdbare producten in kartonverpakking en bakers verpakt in dozen, waarbij geluidniveaus op 1 m afstand gemeten zijn van 84 à 88 dB(A), zie fig. 3.128 en fig. 3.129.



Figuur 3.128: Dozenverpakking



Figuur 3.129: Dozenverpakking

3.14. Transportsystemen

In de zuivelindustrie worden diverse grondstoffen, halfprodukten en produkten getransporteerd.

Melk e.d. wordt middels pompen getransporteerd door leidingen.

Poeder wordt via leidingen e.d. pneumatisch verplaatst.

Flessen, kratten, blikken, pakjes, dozen e.d. worden getransporteerd via transportbanen, uitgerust met kettingen, banden en rollen.

Blikken worden ook getransporteerd via glijbanen, waarbij het eigen gewicht de voortstuwing verzorgt.

### 3.15. Blikfabricage

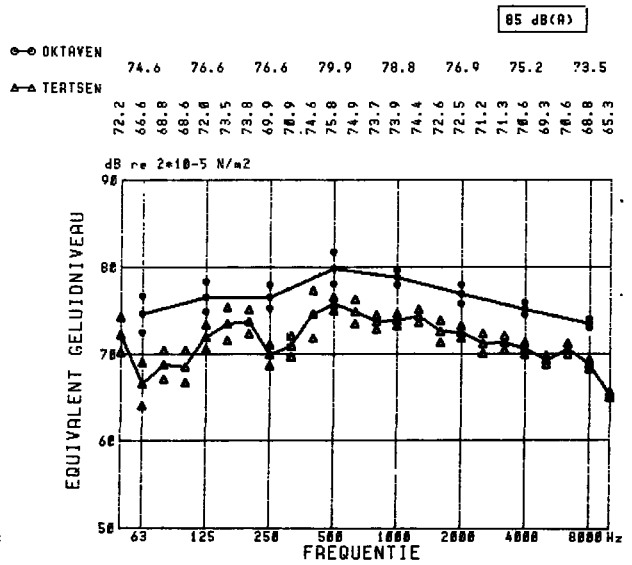
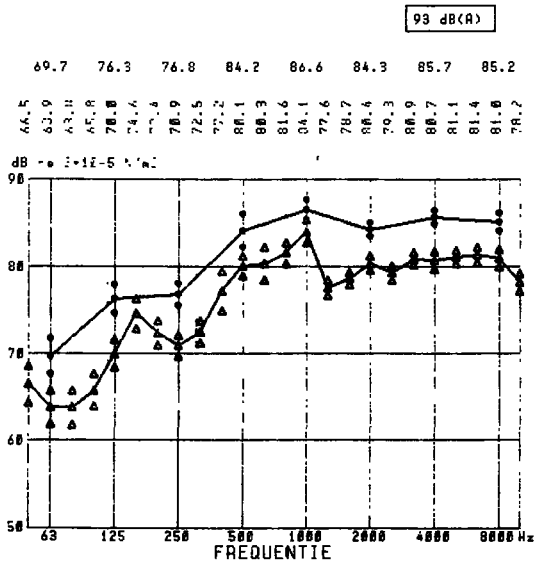
Bij de fabricage van blikken vinden de volgende handelingen plaats (globaal en niet volledig):

- snijden/knippen plaat;
- deksels stansen;
- rompenfabricage;
- felsen.

Te onderscheiden zijn de blikfabricage in "oude" fabrieken waar (nog) geen aandacht aan lawaai-beheersing op de arbeidsplaats is besteed en in "nieuwe" fabrieken waar door middel van vele voorzieningen de geluidniveaus zijn gereduceerd. De voorzieningen betreffen o.a. geluidabsorptie in de ruimte, omkastingen rond diverse machines, "omkastingen" om de transportbanen, magnetische op- en neervoerders, kunststofbanen en -geleiding.

In "oude" blikfabrieken bedragen de geluidniveaus 89 à 98 dB(A) op ca. 1 m van de diverse machines en worden veroorzaakt door o.a. het stanzen van de platen, het vormen van de blikken, het felsen en het persen van de deksels en het transport, zie fig. 3.130.

In "nieuwe" blikfabrieken kunnen de geluidniveaus teruggebracht zijn tot 82 à 86 dB(A) op ca. 1 m van de diverse machines, zie fig. 3.131.



**Figuur 3.130:** "Oude" blikfabriek    **Figuur 3.131:** "Nieuwe" blikfabriek

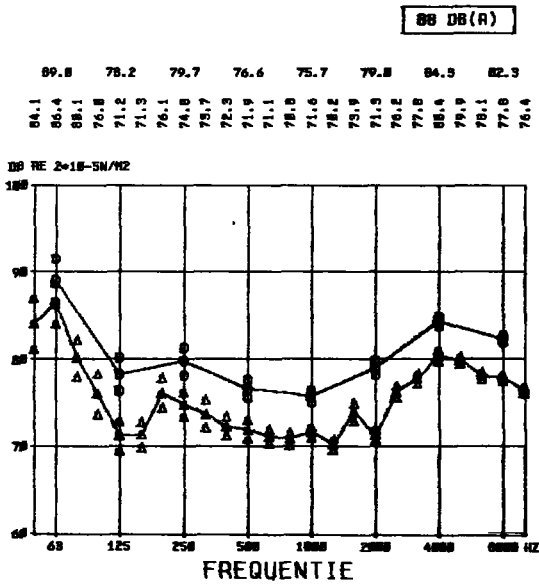
3.16. Ketels e.d.

Hoewel niet specifiek voor de zuivelindustrie zijn alle zuivel-fabrieken voorzien van een ketelhuis. De hier optredende geluidniveaus zijn dusdanig dat vermelding hiervan zinvol is. Verwezen wordt ook naar I.C.G.-rapport IL-HR-03-04 [48].

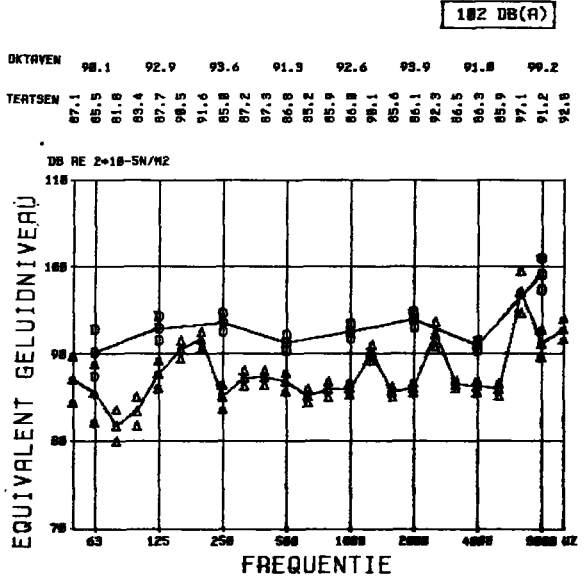
De in het nagalmveld van ketelhuizen optredende geluidniveaus bedragen 82 à 89 dB(A), zie fig. 3.132.

In een aantal gevallen zijn gasturbines en generatoren aangetroffen, die in het nagalmveld van de ruimte, waarin zij staan opgesteld, geluidniveaus van ca. 100 dB(A) produceren, zie fig. 3.133. Incidenteel komen gasmotoren voor.





Figuur 3.132: Ketelhuis



Figuur 3.133: Gasturbine

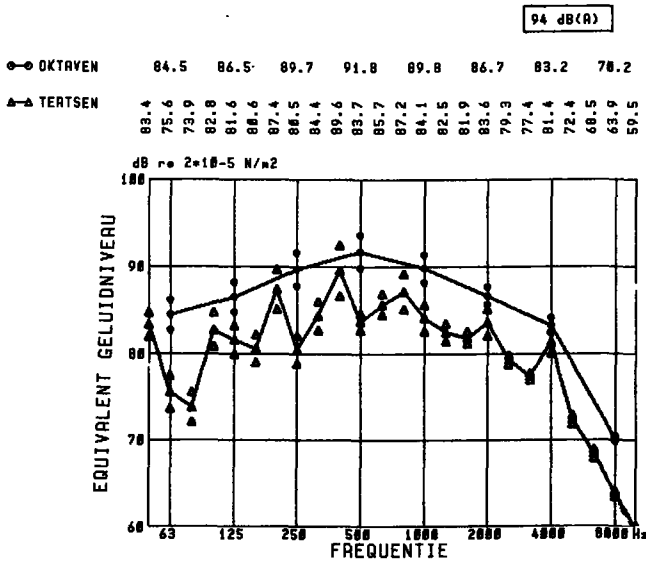
### 3.17. Compressoren

Zoals reeds bij diverse machines en installaties beschreven is, wordt veel gebruik gemaakt van perslucht. De daartoe noodzakelijke compressoren, hoewel niet specifiek voor de zuivel, kunnen hoge geluidniveaus produceren. Normaliter staan luchtcompressoren in een aparte ruimte, evenals de koelcompressoren.

Verwezen wordt ook naar I.C.G.-rapport LA-HR-02-02 [9].

De geluidniveaus in het nagalmveld in dergelijke ruimten bedragen 86 à 95 dB(A), zie fig. 3.134.

Voor geluidgegevens van compressoren kan tevens verwezen worden naar [10].



**Figuur 3.134:** Compressorruimte

#### 4. MEETMETHODEN, NORMEN EN GRENSWAARDEN

##### 4.1. Inleiding

In dit hoofdstuk zal in het kort worden ingegaan op de voorschriften en richtlijnen met betrekking tot te hanteren meetmethoden gericht op:

- het bepalen van het zogenaamde lawaai-expositieniveau op de arbeidsplaats [12];
- het bepalen van de geluidemissie van machines en het geluidniveau op de arbeidsplaats.

Daarnaast wordt een overzicht gegeven van normen en grenswaarden voor schadelijke geluidniveaus op de arbeidsplaats.

##### 4.2. Lawaai-expositieniveau op de arbeidsplaats

De wijze waarop geluid op de arbeidsplaats kan worden gemeten is uitgebreid beschreven in het I.C.G.-rapport LA-HR-07-01 "meting en beoordeling van schadelijk lawaai op de arbeidsplaats" [12].

In het rapport wordt een tweetal standaardmethoden beschreven.

Met de standaardmethode I (globaal onderzoek) kan via een bepaling van de geluidniveaus van de lawaaiigste werkzaamheden in een bedrijf worden vastgesteld of in dat bedrijf machines, werktuigen, apparaten of installaties aanwezig zijn, of werkzaamheden worden uitgevoerd die potentieel schadelijk geluid veroorzaken. Met methode II (uitgebreid onderzoek) worden gegevens verzameld die van belang zijn voor de beoordeling van de situatie en voor het opzetten van een plan voor het nemen van maatregelen.

In het rapport worden eisen geformuleerd onder meer ten aanzien van de meetinstrumenten, de microfoonpositie, het aantal meetplaatsen, het aantal metingen en de duur van de metingen. Het rapport bevat voorts uitgewerkte praktijkvoorbeelden en voorbeelden van rapportageformulieren.

Voor een bepaling van de equivalente geluidniveaus op een 8-urige werkdag zal veelal uitgegaan dienen te worden van een werkzaamhedenanalyse.

Bij een werkzaamhedenanalyse wordt nagegaan welke werkzaamheden een persoon of groep van personen gedurende een normale dagelijkse werkperiode verricht. Vervolgens wordt per werkzaamheid het equivalente geluidniveau ( $L_{Aeqw}$ ) gemeten en de gemiddelde dagelijkse blootstellingstijd  $t$  geschat. De blootstellingstijd  $t$ , die betrekking heeft op de gemiddelde tijdsduur van de werkzaamheid en het  $L_{Aeqw}$  bepalen het zogenaamde partiële lawaai-expositieniveau  $L_{EX,t}$ . Uit de partiële lawaai-expositieniveaus wordt het totale lawaai-expositieniveau  $L_{EX,T}$  van een persoon of groep van personen berekend. Hiervoor kan verwezen worden naar bijlage A.

In de praktijk zal het meestal mogelijk zijn met de beschreven methode het expositieniveau te bepalen. In bepaalde gevallen kan er een probleem optreden bij het vaststellen van de werkzaamheden en de bijbehorende blootstellingstijd. Opgemerkt dient te worden dat bij deze methode uitgegaan wordt van de in de werkelijkheid optredende situatie en niet van te voren vastgestelde werkomstandigheden.

#### 4.3. Normen en grenswaarden

In Nederland zijn voor lawaai op de arbeidsplaats op 1 augustus 1987 wettelijke maatregelen in werking getreden [35]:

De hoofdpunten van deze wetgeving zijn:

- geluidniveaus boven 80 dB(A) worden geacht schadelijk te zijn voor de gezondheid;
- wanneer geluidniveaus boven 80 dB(A) voorkomen moet de werkgever gehoorbeschermingsmiddelen beschikbaar stellen;
- waar geluidniveaus boven 85 dB(A) heersen moet de werkgever het lawaai bestrijden, tenzij dat redelijkerwijs niet kan worden gevergd.

Hierbij wordt rekening gehouden met de technische, operationele en economische haalbaarheid van maatregelen;

- in geluidniveaus boven 90 dB(A) zijn de werknemers verplicht gehoorbeschermingsmiddelen te dragen.

De regeling is gebaseerd op de Arbeidsomstandighedenwet (Arbowet).

De aanpak van de lawaaiproblematiek bij situaties waarin het geluidniveau op de arbeidsplaats hoger is dan 85 dB(A) moet primair aan de bron plaatsvinden. Is dat niet mogelijk, of levert het niet voldoende resultaat op, dan moet worden nagegaan of het mogelijk is de geluidoverdracht van bron naar ontvanger te verminderen. Wanneer ook dit niet mogelijk is, of het redelijkerwijs niet verlangd kan worden, dan moet getracht worden het aantal aan lawaai blootgestelde werknemers zoveel mogelijk te beperken.

Wanneer al deze maatregelen niet voldoende succes opleveren, moet men zijn toevlucht nemen tot het dragen van gehoorbeschermingsmiddelen.

#### 4.4. Richtlijnen

Specifieke richtlijnen ten behoeve van de zuivel zijn, voorzover bekend, niet aanwezig. Als algemene richtlijnen zijn te hanteren de GMP-richtlijnen (Good Manufacturing Practice), zie [7].

## 5. GELUIDNIVEAUS OP DE ARBEIDSPLAATS

In dit hoofdstuk wordt zoveel mogelijk per machine of installatie een overzicht gegeven van de optredende geluidniveaus op de arbeidsplaatsen.

Indien relevant zijn tevens de geluidniveaus vermeld die in de directe omgeving van machines en installaties optreden.

Bij bepaalde machines, zoals centrifuges, homogenisatoren, boterkanonnen is er geen sprake van een vaste arbeids- of bedieningsplaats. Daarnaast zijn er machines, zoals flessenspoelmachines, beker vul- en sluitmachines e.d. die wel een vaste arbeidsplaats kennen.

Getracht is zoveel mogelijk de geluidniveaus op de bedieningsplaatsen van of op de arbeidsplaatsen bij een machine aan te geven. In de gevallen, waarin dit niet mogelijk is, is uitgegaan van het nagalmgeluidniveau in de betreffende ruimte.

Afhankelijk van de beschikbare gegevens is uitgegaan van de resultaten van geluidmetingen conform vastomschreven bedrijfsomstandigheden of van onder praktijkomstandigheden verkregen meetresultaten. Deels zijn meetresultaten ontleend aan de literatuur, grotendeels is geput uit eigen meetresultaten.

Per machinetype is reeds in hoofdstuk 3 middels histogrammen zoveel mogelijk aangegeven aan hoeveel machines metingen verricht zijn, teneinde een indruk te geven van de spreiding en nauwkeurigheid van de vermelde gegevens. Indien echter meetgegevens uit de literatuur zijn gebruikt, zijn deze aantallen vaak niet bekend.

De gegeven meetresultaten maken in de meeste gevallen een onderlinge vergelijking mogelijk, aangezien in nagenoeg alle gevallen de machines staan opgesteld in akoestisch "harde" ruimten.

Voor de beoordeling van de totale lawaai-expositie (zie paragraaf 4.2) is naast het geluidniveau tevens de expositietijd van belang.

Daar zowel de optredende geluidniveaus als de expositietijd afhankelijk zijn van het gebruik van een bepaalde machine, is een beoordeling van het lawaai-expositieniveau niet zonder meer mogelijk.

Dit hoofdstuk beperkt zich tot die plaatsen waar zich vaste of mobiele arbeidsplaatsen bevinden en tot die ruimten waarin zeer frekvent mensen aanwezig (moeten) zijn. Het is ook mogelijk een onderverdeling van arbeidsplaatsen te maken naar de functie van het personeel, te weten personeel met vaste arbeidsplaatsen bij machines of in bedieningsruimten, personeel met ambulante arbeidsplaatsen in een ruimte ten behoeve van inspectie en controle van het proces en personeel met een onderhoudsfunctie ten behoeve van reparaties en onderhoud van machines e.d. De gegeven geluidniveaus zijn gebaseerd op een 8-urige lawaai-expositie per dag, dus niet gecorrigeerd voor werkelijk optredende expositietijd.

#### 5.1. Centrifuges, homogenisatoren en pasteurs

In de ruimten waarin centrifuges, homogenisatoren en pasteurs vaak gezamenlijk staan opgesteld kan nauwelijks van (vaste) arbeidsplaatsen gesproken worden; hooguit vindt regelmatig een controle plaats.

Indien echter de plaats, waar deze machines staan, onderdeel uitmaakt van een grote (produktie)ruimte, is de invloed van deze geluidbronnen goed merkbaar op de geluidniveaus in het nagalmveld, dus op naastliggende arbeidsplaatsen. Afhankelijk van o.a. de afstand kan de invloed 80 à 90 dB(A) bedragen.

#### 5.2. Flessenlijnen

Bij flessenlijnen zijn een aantal specifieke arbeidsplaatsen aan te wijzen ter plaatse van:

- krattenlegers;
- flessenspoelmachines;
- flessenvul-/sluitlemmingen en krattenvullers;

- sterilisatietoens;
- etiketteermachines.

Daarnaast speelt het geluidniveau in het nagalmveld een rol voor minder vaste arbeidsplaatsen in een dergelijke ruimte, waarbij met name het flessentransportgeluid een belangrijke rol speelt.

De geluidniveaus bedragen op de arbeidsplaatsen ter plaatse van:

- krattenlegers: 82 à 89 dB(A)
- spoelmachines: 90 à 96 dB(A)
- vul-/sluitlemachines en krattenvullers: 90 à 94 dB(A)
- sterilisatietoens: 88 à 92 dB(A)
- etiketteermachines: ca. 87 dB(A).

Uitgangspunt is de opstelling van spoelmachines, vul-/sluitlemachines, krattenvullers, sterilisatietoens en eventueel etiketteermachines in één ruimte.

Bij separate opstelling van de krattenvullers bedragen de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen ca. 85 dB(A).

Als geluidniveaus in het nagalmveld bij flessenlijnen is aan te houden 85 à 90 dB(A).

### 5.3. Vorm-, vul- en sluitmachines

#### 5.3.1. Karton

Alle vorm-, vul- en sluitmachines, waar produkt in karton wordt verpakt, kennen vaste arbeidsplaatsen, die zich in onmiddellijke nabijheid van de machines bevinden.

De geluidniveaus op deze arbeidsplaatsen bedragen, afhankelijk van het type machine:

- carousselmachines: 85 à 90 dB(A)



- QP-machines: ca. 90 dB(A)
- gable-top machines: 85 à 89 dB(A)
- aseptisch bricmachines: 85 à 90 dB(A)
- QP-machines met omkasting: ca. 85 dB(A).

### 5.3.2. Bekers

Bij een machine die bekers (eventueel) vormt, vult en sluit, bevindt zich een arbeidsplaats, die langs de gehele machine is gesitueerd. De geluidniveaus op deze arbeidsplaats kunnen derhalve nogal variëren en bedragen 85 à 95 dB(A).

### 5.3.3. Plastic flessen

De vaste arbeidsplaatsen bij een machine waar plastic flessen worden gevormd, gevuld en gesloten bevinden zich bij het begin van de lijn, waar als belangrijke geluidbron o.a. een ventilator staat opgesteld. De geluidniveaus op de arbeidsplaats bedragen hier 85 à 90 dB(A).

## 5.4. Bliklijnen

### 5.4.1. Gecondenseerde melk

De arbeidsplaatsen bevinden zich bij de bliklijnen met name bij de vul-/sluitmachines en, in geval van ongesuikerde gecondenseerde melk, bij de sterilisatoren. Bij de continu sterilisatoren kan gesproken worden van min of meer mobiele arbeidsplaatsen, bij de discontinu sterilisatoren van vaste arbeidsplaatsen.

Bij de vul-/sluitmachines voor gesuikerde gecondenseerde melk is de bedieningsfunctie sterker aanwezig dan bij die voor ongesuikerde gecondenseerde melk.

Bovendien blijken vul-/sluitlemachines voor gesuikerde gecondenseerde melk in relatief kleine ruimten te zijn opgesteld, terwijl de vul-/sluitlemachines voor ongesuikerde gecondenseerde melk samen met de sterilisatoren in een relatief grote ruimte staan.

Overigens is het bliktransport een zeer belangrijke geluidbron in dergelijke ruimten.

De geluidniveaus op de arbeidsplaatsen bij de vul-/sluitlemachines bedragen:

- gesuikerde condens: 90 à 99 dB(A)
- ongesuikerde condens: 88 à 96 dB(A).

Bij de discontinu sterilisatie bedragen de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen 85 à 90 dB(A).

Bij de continu sterilisatie, waar het bliktransportgeluid sterk vertegenwoordigd is, zijn geluidniveaus gemeten van 88 à 94 dB(A).

Een onderverdeling is hierbij nog mogelijk. Daar waar vul-/sluitlemachines in één ruimte staan bedragen de niveaus 91 à 94 dB(A), bij opstelling van de sterilisatoren in een aparte ruimte wordt ca. 88 dB(A) gemeten.

#### 5.4.2. Etiketteren

Het etiketteren van blik vindt normaliter plaats in een aparte ruimte eventueel gecombineerd met een dozenvulinstallatie.

Bij de etiketteermachines, waar zich vaste arbeidsplaatsen bevinden, bedragen de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen 80 à 85 dB(A).

#### 5.4.3. Poeder

De arbeidsplaatsen bij de blikvullijnen voor poeder bevinden zich voornamelijk bij de vulmachines. De geluidniveaus worden mede bepaald door het bliktransportgeluid en bedragen 85 à 90 dB(A).

Indien bij de vulmachine een lepeltjestriller is opgesteld kunnen plaatselijk geluidniveaus tot 95 dB(A) optreden.

#### 5.4.4. Boterolie

Het vullen van boterolie vindt normaliter in een aparte ruimte plaats, waar zich een aantal vaste arbeidsplaatsen bevinden, met geluidniveaus van ca. 80 dB(A).

#### 5.4.5. Stempelmachines

Bij een stempelmachine bedraagt het geluidniveau op de vaste arbeidsplaats, afhankelijk van een aantal factoren, zie paragraaf 4.6.4, 95 à 100 dB(A).

#### 5.5. Palletiseer- en depalletiseermachines

Bij palletiseer- en depalletiseermachines kan in een aantal gevallen gesproken worden van vaste arbeidsplaatsen. Nagenoeg automatische palletiseermachines met mobiele arbeidsplaatsen komen ook voor.

Bij het depalletiseren van leeg blik kan van vaste arbeidsplaatsen gesproken worden en bedragen de geluidniveaus ca. 80 dB(A).

Het palletiseren van dozen en kratten geschiedt voornamelijk dusdanig geautomatiseerd dat geen vaste arbeidsplaatsen aanwezig zijn. Het geluidniveau op de controleplaatsen bedraagt 75 à 80 dB(A).

#### 5.6. Roll-in containers

Bij opstelling van de roll-in containerinstallatie, waarbij zich vaste arbeidsplaatsen bevinden in de produktieruimte, bedragen de geluidniveaus ca. 85 dB(A), terwijl bij een separate opstelling geluidniveaus van 75 à 80 dB(A) vastgesteld zijn.

## 5.7. Boterfabricage

Een relatief gering aantal arbeidsplaatsen is op zich noodzakelijk voor de fabricage en verpakking van boter. De vaste arbeidsplaatsen beperken zich tot de boterkarns en kleinverpakkingslijnen. Mobiele arbeidsplaatsen zijn aanwezig bij boterkanonnen en grootverpakking.

### 5.7.1. Boterkanonnen

Op de mobiele arbeidsplaats t.p.v. het bedienings-/controlepaneel bedragen de geluidniveaus 80 à 85 dB(A).

### 5.7.2. Boterkarns

De vaste arbeidsplaatsen bevinden zich bij de karns op het bordes bij de bedieningsapparatuur. De geluidniveaus van 80 à 82 dB(A) die daar heersen, zijn niet continu aanwezig, aangezien de karns niet continu in werking zijn.

### 5.7.3. Kleinverpakking

Gesproken kan hier worden van vaste arbeidsplaatsen bij de verpakkingsmachine, waar geluidniveaus heersen van 85 à 90 dB(A).

### 5.7.4. Grootverpakking

Bij het vullen van dozen van 25 kg kan nauwelijks van een vaste arbeidsplaats gesproken worden, eerder van controle. De geluidniveaus bedragen ca. 85 dB(A).

## 5.8. Kaasfabricage

Evenals de boterfabricage is de kaasfabricage meestal zover geautomatiseerd dat het aantal (vaste) arbeidsplaatsen relatief gering is, zie paragraaf 5.8.1. en 5.8.2.

### 5.8.1. Fabricage

Een aantal plaatsen bij de fabricage is vast bezet, te weten de wrongelbereiding, het plaatsen van netten en volgers, het vullen van de kaasvaten (bij handmatig vullen), het afnemen van de volgers en het ledigen van de kaasvaten (bij handmatig ledigen).

De geluidniveaus op voornoemde arbeidsplaatsen bedragen 80 à 85 dB(A). Voor een deel, meestal in de omgeving van de wrongelbereiding, worden de geluidniveaus vaak mede bepaald door zich in dezelfde ruimte bevindende centrifuges, zie paragraaf 5.1.

### 5.8.2. Pakhuis

In het kaaspakhuis bevinden zich min of meer vaste arbeidsplaatsen, meestal gesitueerd aan de voorzijde van de kaastreinen. De aldaar optredende geluidniveaus zijn o.a. afhankelijk van het aantal in bedrijf zijnde kaastreinen en bedragen 75 à 80 dB(A).

### 5.8.3. Expeditie en verpakking

In de afdeling expeditie kan van een vaste arbeidsplaats gesproken worden en bedragen de geluidniveaus ca. 75 dB(A).

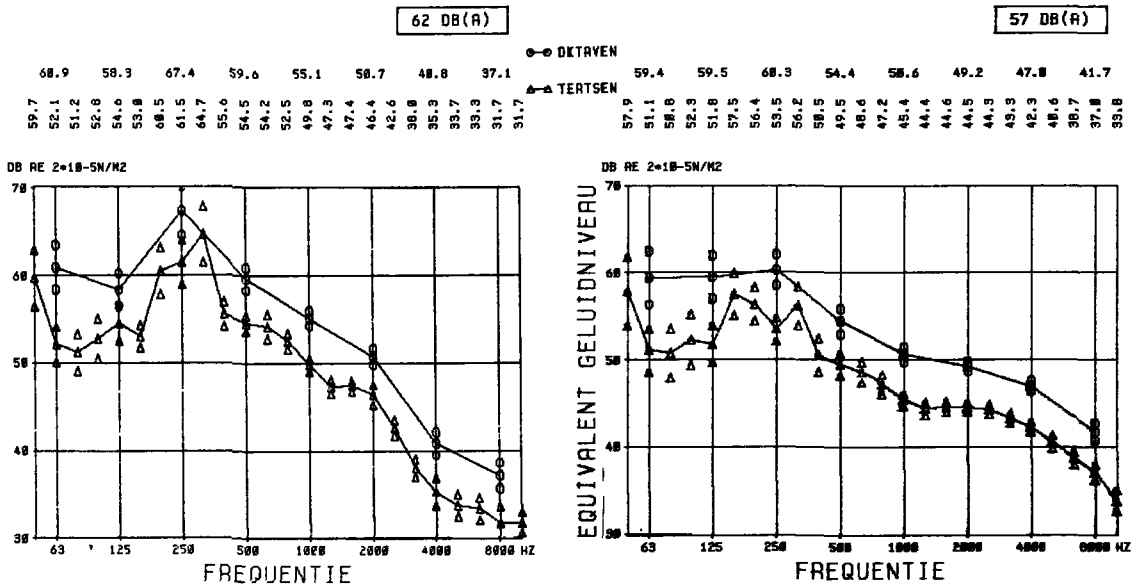
Bij de verpakking bevindt zich een aantal vaste arbeidsplaatsen bij de folie-inpakmachine. De geluidniveaus op de arbeidsplaatsen bedragen 80 à 85 dB(A).

5.9. Indampers (verdampers of vacuuminstallaties)

Het komt steeds minder voor dat zich bij indampers vaste arbeidsplaatsen bevinden. Wel vindt af en toe ter plaatse visuele controle plaats, doch normaliter vindt bediening plaats vanuit aparte bedieningskamers of panelrooms. Afhankelijk van o.a. de uitvoering van de bedieningsruimte bedragen de geluidniveaus in deze ruimten 51 à 73 dB(A), zie fig. 5.1.

5.10. Verstuiwingstorens

Evenals bij indampers bevinden zich bij verstuiwingstorens geen vaste arbeidsplaatsen en vindt bediening plaats vanuit aparte ruimten, waarin geluidniveaus van 50 à 69 dB(A) heersen, zie fig. 5.2. Wel vindt visuele inspectie plaats, hoewel dit tegenwoordig steeds meer ook met televisiecamera's vanuit de bedieningsruimte geschiedt.



Figuur 5.1: Bedieningsruimte indamper

Figuur 5.2: Bedieningsruimte verstuiwingstoren

#### 5.10.1. Verpakking in zakken en afzakken

Bij de vulinstallatie voor zakken bevinden zich de vaste arbeidsplaatsen in dezelfde ruimte. De geluidniveaus bedragen daar 80 à 85 dB(A).

Bij het afzakken van poeder, met een vaste arbeidsplaats, is de uitvoering van de ruimte mede bepalend voor de geluidniveaus, aangezien in feite de geluidniveaus bepaald worden door geluidbronnen buiten de ruimte. Bij een gesloten ruimte bedragen de geluidniveaus ca. 75 dB(A). Indien de ruimte in min of meer open verbinding staat met het poedertorengedebouw kunnen de geluidniveaus ca. 80 dB(A) bedragen.

#### 5.10.2. Verpakking in karton

In een aantal gevallen vindt verpakking van poeder plaats in karton. In de aparte ruimte waarin dit plaatsvindt kan van een of twee vaste arbeidsplaatsen gesproken worden, waar geluidniveaus van ca. 85 dB(A) optreden.

## 5.11. Dozenvulmachines

### 5.11.1. Boter

Bij de dozenvullers voor pakjes boter kan van een min of meer vaste arbeidsplaats gesproken worden, vaak gecombineerd met de arbeidsplaats bij de kleinverpakkingsmachines.

De geluidniveaus bij de dozenvullers bedragen 80 à 85 dB(A).

### 5.11.2. Blik

Bij het verpakken van blikken in dozen, hetgeen geheel automatisch, deels automatisch of handmatig plaatsvindt, zijn vaste arbeidsplaatsen aanwezig. De geluidniveaus bedragen 85 à 90 dB(A).

### 5.11.3. Flessen

Het verpakken van kleine flessen in dozen levert op de vaste arbeidsplaats een geluidniveau van 80 à 85 dB(A) op.

### 5.11.4. Karton en bekertjes

Bij het verpakken in dozen van houdbare producten in karton en in bekertjes kan van vaste arbeidsplaatsen gesproken worden.

De geluidniveaus op deze plaatsen bedragen ca. 85 dB(A) en worden veelal mede bepaald door de vul-/sluitmachines, zie paragraaf 5.3.



### 5.12 Blikfabricage

De mate van automatisering van blikfabricage bepaalt de hoeveelheid vaste arbeidsplaatsen, die er in elk geval zijn.

Naast de voorzieningen die aan de diverse machines getroffen kunnen zijn, speelt de ruimte-akoestiek een rol.

Bij de blikfabricage in een akoestisch onbehandelde ruimte, zonder voorzieningen aan de machines, worden op de arbeidsplaatsen geluidniveaus vastgesteld van 85 à 95 dB(A).

Indien aandacht besteed is aan de akoestische aspecten ten aanzien van ruimte-akoestiek en voorzieningen aan machines e.d. bedragen de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen 80 à 85 dB(A).

## 6. AKOESTISCHE VOORZIENINGEN

### 6.1. Inleiding

In dit hoofdstuk wordt aangegeven welke voorzieningen mogelijk zijn aan of bij installaties en machines, teneinde op de arbeidsplaatsen, daar waar nodig, de geluidsniveaus te reduceren tot een streefwaarde van ten hoogste 80 dB(A).

In een beperkt aantal gevallen zijn voorzieningen aangetroffen, waarvan de akoestische effecten worden aangegeven.

Naast de voorzieningen aan machines en installaties is in algemene zin aandacht gegeven aan de ruimte-akoestiek.

Door de steeds verdergaande automatisering neemt echter het aantal vaste arbeidsplaatsen bij lawaaiproducerende machines en installaties af en vindt steeds meer concentratie van arbeidsplaatsen plaats in aparte bedieningsruimten of panelrooms.

Besturing van processen vindt plaats op afstand; visuele controle ter plaatse wordt overgenomen door controle via televisiecamera's en beeldschermen.

### 6.2. Aktieve voorzieningen

#### 6.2.1. Algemeen

Het toepassen van actieve voorzieningen heeft in vele gevallen de voorkeur omdat hierbij niet de problemen optreden zoals deze bekend zijn bij het toepassen van passieve voorzieningen. Te denken is aan problemen met betrekking tot toegankelijkheid, zichtbaarheid, warmte, ventilatie, demonteerbaarheid en hygiëne.

Het toepassen van actieve voorzieningen vereist een goed inzicht in het ontstaansmechanisme van geluid en trillingen, de wijze waarop trillingen zich in de konstruktie voortplanten en de geluidafstraling van onderdelen.

Om in bepaalde gevallen een voldoende geluidreductie te verkrijgen kan het toepassen van actieve voorzieningen leiden tot een herontwerp van een machine of zelfs het overstappen op een ander proces.

De te treffen actieve geluidreducerende maatregelen kunnen in het algemeen betrekking hebben op:

- het indirecte luchtgeluid
  - aanstootkrachten
  - trillingseigenschappen
  - geluidafstraling
- het direkt veroorzaakte luchtgeluid

Aktieve voorzieningen binnen de zuivel, zie ook hoofdstuk 3, zijn tot nu toe in beperkte mate getroffen.

Afgezien van het feit dat er nog slechts weinig machines en installaties leverbaar zijn met dusdanige voorzieningen dat van een geluidarme uitvoering met maximaal 80 of 85 dB(A) op 1 m gesproken kan worden, spelen ook economische motieven een rol.

Zo zal men niet snel bij een aantal bestaande centrifuges een nieuwe "stille" en duurdere centrifuge bijplaatsen, enerzijds omdat het aanvankelijk geen akoestisch effect sorteert, anderzijds omdat de overige centrifuges nog vele jaren in gebruik zullen blijven.

Eerst dan wanneer geluidarme installaties op grond van andere argumenten noodzakelijk of interessant zijn, zal men eerder geneigd zijn tot aanschaf bij vervanging of uitbreiding.

In de volgende paragrafen worden voor met name die installaties en machines, waar zich min of meer vaste arbeidsplaatsen bevinden met geluidniveaus groter dan 80 dB(A), de mogelijke actieve voorzieningen aangegeven.

In de praktijk echter zal het voor een gebruiker van de machines, installaties e.d. veelal niet mogelijk zijn zelf actieve voorzieningen aan te brengen, o.a. in verband met garanties. Dergelijke voorzieningen liggen meer op het pad van de fabrikanten.

Aangezien een strikte scheiding tussen passieve en actieve voorzieningen moeilijk is, worden bij de actieve voorzieningen de mogelijkheden gegeven die betrekking hebben op voorzieningen direkt op of aan de machines of installaties.

Verder wordt verwezen naar I.C.G.-rapport LA-HR-03-01 [47] en I.C.G.-rapport LA-HR-03-02 [8].

De actieve geluidreducerende voorzieningen kunnen in het algemeen betrekking hebben op het indirect veroorzaakte luchtgeluid t.g.v.:

- aanstootkrachten;
- trillingseigenschappen;
- geluidafstraling.

Beïnvloeding van aanstootkrachten en aanstootplaatsen kan geschieden door:

- demping van resonanties;
- toevoegen van extra massa op plaatsen waar krachten aangrijpen;
- verstijven van de konstruktie.

De trillingoverdracht tussen aanstootplaats en geluidafstralende plaats kan verminderd worden door:

- het toepassen van bijv. elastische koppelingen, trillingvrije opstellingen, spermassa's;
- konstrukties met een hoge inwendige demping toe te passen;
- toegevoegde demping door ontdreuningsmiddelen.

De demping van platen kan vergroot worden door het opbrengen van ontdreuningsmiddelen welke bestaan uit visco-elastische kunststoffen met een hoge verliesfactor welke op het te dempen (ontdreunen) materiaal worden aangebracht;

- sandwich-konstrukties.

Sandwich-konstrukties onderscheiden zich van ontdreunde platen in zoverre dat op het ontdreuningsmateriaal een stijve afdekking is aangebracht. Sandwichplaten kunnen relatief gemakkelijk gesneden, gezet, diepgetrokken en gepuntlast worden.

Bij dunne platen kan de geluidafstraling verminderd worden door:

- ontdreunen van de platen met een ontdreuningsmiddel;
- verstijven van de konstruktie door bijv. kruisgewijs ribben aan te brengen;
- indien mogelijk geperforeerde platen toepassen;
- een materiaal met zo hoog mogelijke grensfrekwentie kiezen, zie bijlage A.

### 6.2.2. Centrifuges

Door de fabrikanten van de meest voorkomende centrifuges in de zuivel, kunnen centrifuges, zowel separatoren als dekanterers geleverd worden in een geluidarme uitvoering met een maximaal geluidniveau van 80 à 85 dB(A) op 1 m, afhankelijk van ruimte-afmetingen, wandafwerkingen e.d. zie ook [49].

De centrifuges worden o.a. uitgevoerd met een dubbele wand van de trommelbehuizing, gevuld met water, en een omkasting van de aandrijfmotor.

### 6.2.3. Homogenisatoren

Op het gebied van geluidarme homogenisatoren zijn ontwikkelingen op gang gekomen. Ontwikkelingen zijn gaande met laagtoerige

aandrijfmotoren en losse zich niet star aan de machine bevindende behuizingen, waarbinnen zich tevens het kneuskopgedeelte bevindt. Bij deze installaties zijn geluidniveaus in de orde van 80 à 85 dB(A) op 1 m mogelijk.

#### 6.2.4. Pasteurs

Geluidarme pasteurs zijn niet uit de handel te betrekken.

Als mogelijke voorzieningen t.a.v. het stromingsgeluid, afgestraald via de platen, kan voor de buitenbeplating dikkere plaat of sandwichplaat toegepast worden. Tevens is een omkasting van de pomp noodzakelijk om 80 dB(A) op 1 m te realiseren.

#### 6.2.5. Flessenlijnen

Ten aanzien van het principe van voorzieningen bij flessenlijnen kan o.a. verwezen worden naar het I.C.G.-rapport LA-HR-02-015 de "Stand der techniek van de lawaai bestrijding in bottelarijen" [41].

Een belangrijk verschil met de zuivelindustrie is echter dat de snelheden van flessenlijnen in bottelarijen veel hoger is.

##### 6.2.5.1. Krattentransport

Verbeteren van de snelheidsregeling i.e. verlagen van de snelheid van de kratten, waardoor botsingen tussen de kratten worden vermeden, kan voor geluidniveaureductie zorgdragen.

Bij gevulde kratten levert dit tevens vermindering van botsingsgeluid tussen flessen en krattenwanden op.

Daarnaast dient bij voorkeur niet van rollenbanen gebruik gemaakt te worden aangezien hierbij het vermijden van botsingen moeilijk in de hand te houden is.

#### 6.2.5.2. Krattenwassers

Verwezen kan worden ten aanzien van actieve voorzieningen naar die ten behoeve van krattentransport, paragraaf 6.2.5.1.

Ten aanzien van omkastingen e.d. van pompen en aandrijvingen is te verwijzen naar paragraaf 6.3.5.

#### 6.2.5.3. Flessentransport

Ook hier kan het verlagen van de snelheid en daarmee het verminderen van de botsingssnelheden tot geluidniveaureductie leiden.

#### 6.2.5.4. Krattenvullers en krattenlegers

Botsingen tussen de kratten bij start- en stopprocessen kunnen o.a. door snelheidsverlaging vermeden worden, daarnaast dient de kans van metaal-aanslagen in het mechanisme verlaagd te worden o.a. door toepassen van kunststof o.d.

#### 6.2.5.5. Flessenvul- en flessensluitmachines

Zoals is gebleken uit metingen aan flessenvul-/sluitmachines zonder flessendoorvoer blijkt het flessenbotsingsgeluid hierbij dominant, zie paragraaf 6.2.5.3.

Overige maatregelen betreffen omkastingen e.d. ten behoeve van aandrijvingen, zie paragraaf 6.3.5.

#### 6.2.5.6. Flessenspoelmachines

Ten aanzien van het vermijden van botsingen tussen de flessen is te verwijzen naar paragraaf 6.2.5.3.

Het aanbrengen van geluiddempende rubber of kunststofmaterialen op de invoergoten en de tafel waarop de flessen uitgevoerd worden kan de

geluidniveaus reduceren, naast het beperken van de valhoogte bij de uitvoer.

Voorzieningen ten behoeve van pompen en aandrijvingen in de vorm van omkastingen e.d. behoren tot de passieve maatregelen, zie paragraaf 6.3.5.

#### 6.2.6. Vorm-, vul- en sluitmachines

##### 6.2.6.1. Karton

Een belangrijk facet bij het ontstaan van geluid bij karton vorm-, vul- en sluitmachines is het vormen van de kartonverpakking, die in veel gevallen in vorm wordt "geslagen".

Hoewel nog niet in de praktijk toegepast, kan het meer vloeiend laten verlopen van het vormen, het aanbrengen van trillingdempend materiaal (rubber o.d.) ter plaatse van aanslagen, zodat het kracht-tijd-verloop meer wordt uitgesmeerd, goede resultaten geven.

Daarnaast dienen metaal-metaal contacten bij aanstoten e.d. vermeden te worden, ofwel door het aanbrengen op één van beide metaaldelen van rubber, kunststof o.d., dan wel door het geleidelijk terugbrengen van de snelheid van bewegende delen.

Aandacht dient besteed te worden aan een mogelijk nadeel, het teruglopen van de totale machinesnelheid, dus van de produktie per tijdseenheid.

Het voorkomen van afstraling van metalen delen door verzwaren, dikker materiaal of het toepassen van materialen met hoge inwendige demping (sandwichplaat) behoort tevens tot de mogelijkheden.



#### 6.2.6.2. Bekers

Verwezen kan worden naar paragraaf 6.2.1. en volgende en 6.2.6.1. aangezien ook bij de beker vorm-, vul- en sluitmachines, aanslagen metaal op metaal, abrupte start- en stopprocessen e.d. plaatsvinden.

#### 6.2.6.3. Plastic flessen

Ook hier kan in verband met het plaatsvinden van aanslagen, abrupte start- en stopprocessen e.d. verwezen worden naar paragraaf 6.2.1. e.v.

#### 6.2.6.4. Krattenvullers en stapelaars

Bij krattenvullers en krattenstapelaars zijn er geluidreductiemogelijkheden door het voorkomen van aanslagen, en vloeiender verloop etc. Zie ook paragraaf 6.2.1. e.v.

#### 6.2.7. Bliklijnen

##### 6.2.7.1. Gecondenseerde melk

Zowel bij het transport, het vullen en sluiten, het steriliseren en etiketteren van blikken speelt het botsinggeluid tussen de blikken onderling, tussen de blikken en de transportband en tussen de blikken en de geleidingsrand van de transportbanden en glijgoten een zeer belangrijke rol. Het aanpassen van transportbaansnelheden, wat vaak neerkomt op snelheidsverlaging, het toepassen van kunststoffen bij banen als zijgeleiding, het toepassen van magneetbanden en het op elkaar aanpassen van verwerkingssnelheden van diverse bewerkings-elementen in een lijn kunnen deze botsinggeluiden verminderen. Hetgeen gezegd is in paragraaf 6.2.5. voor flessenlijnen geldt in analogie hier voor de bliklijnen.

Daarnaast kan ook hier door toepassing van bijvoorbeeld kunststof in plaats van staal, metaal-op-metaal geluid verminderd worden bij het bliktransport in de vulmachines, etc.

#### 6.2.7.2. Poeder

Ten aanzien van bliklijnen voor poeder wordt in het kader van de akoestische voorzieningen verwezen naar bliklijnen voor gecondenseerde melk, paragraaf 6.2.7.1.

#### 6.2.7.3. Stempelmachines

Het stempelen van de coderingen in de deksels van blikken is als grootste geluidbron aan te merken, doch noodzakelijk.

Eventueel kan een ander coderingssysteem, bijv. inkt-jet een oplossing brengen.

#### 6.2.8. Palletizers en depalletizers

Het vloeiender laten verlopen van de diverse bewegingen, waardoor minder abrupt stop- en startbewegingen worden uitgevoerd kan de geluidniveaus verlagen, zie ook paragraaf 6.2.1. e.v.

#### 6.2.9. Boterfabricage

##### 6.2.9.1. Boterkarns

Een akoestisch gedegen opstelling van een boterkarn, waarbij de aandrijving en lagerstoelen losgekoppeld zijn van het bedieningsbord kan constructiegeluid beperken.

Daarnaast kan de afstraling van de karnwanden verminderd worden door toepassing van bijvoorbeeld sandwichplaat of dubbelwandige uitvoering.

#### 6.2.9.2. Boterkanonnen

Het voorkomen van een starre verbinding tussen de behuizing van het boterkanon en de machine zelf en een volledig gesloten uitvoering van de behuizing kunnen als mogelijke voorzieningen genoemd worden.

#### 6.2.9.3. Kleinverpakking

Ook hier spelen aanstootgeluiden een rol welke door afstraling van de constructie de geluidniveaus mede bepalen, zie paragraaf 6.2.1. e.v.

Het meer vloeiend laten verlopen van abrupte bewegingen, zoals bij het doseren van de te verpakken hoeveelheid boter door een heen en weer gaande beweging met twee aanslagen, het vervangen door een cirkelvormige beweging zonder aanslagen, kan een mogelijke oplossing bieden.

#### 6.2.9.4. Grootverpakking

Bij de grootverpakking kan o.a. verwezen worden naar paragraaf 6.2.12. ten gevolge van het dozevormen en naar paragraaf 6.2.1. e.v. ten aanzien van aanstootgeluiden e.d.

#### 6.2.10. Kaasfabricage

##### 6.2.10.1. Kaasvaten transport

Het toepassen van kunststoffen in plaats van metaal niet alleen voor de vaten zelf, doch ook voor de transportbanden en een vloeiender transportverloop kan een geluidreductie betekenen.

##### 6.2.10.2. Kaasvaten vullen

Ook bij het automatisch vullen van kaasbakken kan door een vloeiender verloop en het vermijden van aanstotingen een reductie gerealiseerd worden.

### 6.2.11. Indampers (verdampers of vacuuminstallaties)

Gangbare technieken t.b.v. de geluidreductie bij stromingtoestellen, bijv. regelafsluiters etc., bestaan vaak uit snelheidsreductie, bij voorkeur tot ver onder de geluidsnelheid. Bij een stoomstraalpompe is een dergelijke aanpak strijdig met de beoogde werking van het apparaat.

Bij enkele specifieke installaties met thermocompressoren is waargenomen dat het geluid dat in de thermocompressoren wordt opgewekt vrijwel alleen aan de perszijde optreedt. De geluidstransmissie naar de zuigzijde is niet mogelijk door de zeer hoge (supersone) stromingssnelheden in of voor het gebied waar de hoge geluidproductie ontstaat.

Door middel van geluidrukniveaumetingen op zeer korte afstand en konstruktiegeluidniveaumetingen werd een verschil in geluidemissie tussen pers- en zuigzijde geconstateerd van ruim 30 dB(A).

In principe kan het injecteren van stoom in de stoomstraalpompe plaatsvinden zonder dat lawaai door schokgolven ontstaat, middels toepassing van speciale uitstroomopeningen, zoals de Laval-nozzle.

Bij toepassing van dergelijke systemen op de ontwerpdruk treedt geen schokgolvenlawaai op. De tot op heden toegepaste stoomstraalpompen zijn, voorzover bekend, niet met een dergelijke nozzle uitgevoerd c.q. in bedrijf. Wellicht is dit een (praktische) mogelijkheid tot geluidreductie van thermocompressoren.

De geluidreductie bij de pompen zou gezocht dienen te worden in het voorkomen van cavitatie. De wel toegepaste anticavitatie-regelkleppen in de persleiding functioneren doorgaans akoestisch slecht:

het debiet waarbij geen cavitatie meer optreedt is (te) laag, de regeling is ingesteld op niet te zeer beperken van het pompdebiet en daarmee op het toch toelaten van cavitatie.

Daarnaast is het mogelijk cavitatie te voorkomen door het toepassen van een niveauregeling, zodat er altijd een bepaalde kolom vloeistof boven de pomp staat en het toepassen van toerengeregelde pompen.

Bij de keuze van pompen kan men uit akoestische overwegingen kiezen voor pompen met een zo laag mogelijk toerental.

#### 6.2.12. Verstuivingstorens

Bij verstuivingstorens kunnen wielverstuivers toegepast worden in plaats van nozzleverstuivers, waardoor de hoge drukpomp niet meer toegepast hoeft te worden.

De ventilatoren bij een verstuivingstoren kunnen worden voorzien van een thyristorregeling, waardoor lagere toerentallen mogelijk zijn.

#### 6.2.13. Dozenvulmachines

Het openvouwen van de dozen, vullen en sluiten gebeurt met min of meer abrupte bewegingen, waarbij door aanslagenconstructiegeluid ontstaat.

Een minder abrupt kracht-tijd-verloop, het toepassen van kunststoffen bij aanslagen zal akoestisch positief werken.

#### 6.2.14. Blikfabricage

Het knippen, stanzen, persen, vervormen van het blik levert door aanstootgeluiden e.d. de geluidniveaus. Beïnvloeding van het kracht-tijd-verloop kan geluidniveaureducties opleveren. Aangezien e.e.a. buiten het kader van deze rapportage valt kan o.a. verwezen worden naar [29], [43], [44], [45], [46].

### 6.3. Passieve voorzieningen

Tot de passieve voorzieningen zijn te rekenen de voorzieningen die worden aangebracht aan de ruimten qua afwerking e.d. (ruimte-akoestiek) qua indeling e.d. (lay-out en compartimenteren) en tussen de geluidbronnen en de ontvanger in de overdrachtsweg (schermen en omkastingen). Daarnaast worden voorzieningen aan het directe luchtgeluid, zoals aan de pneumatiek van machines en installaties tot de passieve voorzieningen gerekend.

#### 6.3.1. Ruimte-akoestiek

Binnen de zuivel vindt de toepassing van geluidabsorberende materialen nog maar zeer miniem plaats, o.a. op grond van hygiënische en schoonmaaktechnische aspecten.

Al vele jaren vindt ten aanzien hiervan onderzoek plaats, door o.a. het NIZO (Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek), doch ook door fabrikanten van absorberende materialen, [4], [42].

Het kunnen en mogen toepassen van geluidabsorptie in de zuivel zal akoestisch goed merkbare positieve veranderingen te weeg kunnen brengen.

De ruimten waar het om gaat zijn vaak groot en hoog en bezitten lange nagalmtijden (in orde van 5 à 6 s., tot zelfs 10 s.). Bovendien worden de geluidniveaus meestal bepaald in het midden- en hoogfrequent gebied en maken daardoor een hinderlijke indruk.

Dit "schreeuwt" in feite om absorptie.

Door het toepassen van geluidabsorptie ontstaan grosso modo een drietal positieve effecten, te weten verkorting van de nagalmtijd, wijziging van het geluidspectrum, omdat de hinderlijke hoge frequenties het meest geabsorbeerd worden en, met name in het nagalmveld, een geluidniveauverlaging.

Door toepassing van bijvoorbeeld een geluidabsorberend plafond zal de afstand waarop het direkte veld overgaat in het nagalmveld vergroot worden en zal het geluidniveau in het nagalmveld met 3 à 5 dB(A) kunnen dalen.

Dichtbij de geluidbronnen die de geluidniveaus bepalen zal geen verlaging optreden, doch het geluidspectrum in de ruimte zal een verandering ondergaan, waardoor een minder onaangename klankkleur van het geluid zal ontstaan.

In algemene zin kan gesteld worden dat te streven is naar een nagalmtijd van 1,5 à 2 seconden. Een dergelijke nagalmtijd is voor de normaliter in de zuivel voorkomende ruimten gezien de functie, de afmetingen en de onderlinge afstanden tussen de machines als akoestisch optimaal te kwalificeren. Bovendien kan worden gesteld dat door het aanbrengen van geluidabsorptie het verschil tussen de nagalmtijden in de verschillende octaafbanden dusdanig wordt dat van een akoestisch goede verhouding gesproken kan worden.

De eisen die echter aan de geluidabsorberende materialen gesteld worden, "gladde" afwerking, niet hygroscopisch, goed te reinigen o.a. door afsputten, beperken de mogelijkheden t.a.v. het geluidabsorberend vermogen.

Er zijn echter inmiddels een aantal geluidabsorberende produkten op de markt die, zoals uit onderzoek gebleken, voldoen aan de eisen qua hygiëne e.d. en zeker aandacht verdienen.

Te noemen zijn als voorbeeld geluidabsorptiepanelen, bestaande uit volledig gesloten, uit PVC-folie opgebouwde, dubbelwandige elementen en geluidabsorptiepanelen voorzien van resonantieholten, bestaande uit kunststof met volledig gesloten celstructuur.

De materialen zijn zeer goed schoon te maken, ook door afsputten, en bieden geen voedingsbodem voor schimmel- en bacterieënvorming.

Daarnaast bestaan absorptiepanelen die door middel van een speciale sterke dunne folie rondom gesloten zijn uitgevoerd.

In ruimten waar hygiënische eisen niet zo stringent behoeven te zijn, zoals etiketteerafdelingen, dozevulafdelingen, palletiseerruimten e.d., is zelfs het toepassen van conventionele geluidabsorberende plafonds of hangende panelen (baffles) uitstekend mogelijk.

### 6.3.2. Lay-out en compartimenteren

Door aanpassing van de lay-out van gebouwen en/of installaties zijn reeds op bepaalde arbeidsplaatsen geluidreducties mogelijk. De opstelling van bijvoorbeeld de roll-in container in of bij de koelcel en niet in de produktieruimte kan akoestisch een verbetering opleveren.

Een ontwikkeling die reeds is ingezet binnen de zuivel is het compartimenteren, het in aparte ruimten opstellen van diverse installaties en machines. Vooral machines of afdelingen waar geen of nagenoeg geen vaste arbeidsplaatsen aanwezig zijn lenen zich hiervoor.

Zo kunnen bijvoorbeeld in een kaasfabriek of boterfabriek de centrifuges en pasteurs uitstekend in een aparte ruimte worden opgesteld.

Een voordeel van compartimenteren ten opzichte van omkassen van machines is dat werkzaamheden aan een machine eenvoudiger kunnen plaatsvinden, de bereikbaarheid van de machines is groter.

Indien de keuze zich voordoet tussen het in een aparte ruimte opstellen van machines en installaties ten opzichte van het in een aparte ruimte plaatsen van personeel verdient uit akoestische overwegingen de eerste mogelijkheid de voorkeur.

Naast het apart opstellen van installaties waar zich geen of nagenoeg geen vaste arbeidsplaatsen bevinden, is het zeker zinvol onderdelen van lijnen apart te zetten.

Een voorbeeld is het in gescheiden ruimten opstellen van bijvoorbeeld een flessenlijn en een kartonlijn. Daarnaast is aan te bevelen



transportbanen van met name blikken en flessen in die ruimten waarin zich vaste arbeidsplaatsen bevinden zo kort mogelijk te houden.

### 6.3.3. Bedieningsruimten of panelrooms

Bij installaties welke zich uitstekend lenen voor bediening op afstand, zoals indamperinstallaties, verstuivingstorens e.d., is het zinvol over te gaan tot aparte bedieningsruimten of panelrooms. Aangezien men vanuit dergelijke ruimten toch ook regelmatig de betreffende installaties ter plaatse inspekteert, dienen de geluidniveaus in dergelijke ruimten zodanig laag te zijn, dat een dergelijke ruimte voor het oor als rustpunt kan fungeren. Daarnaast vergt de bediening van de apparatuur aandacht en concentratie, zodat in dergelijke ruimten te streven is naar geluidniveaus van 50 à 60 dB(A).

### 6.3.4. Pneumatiek

Bij nagenoeg alle machines en installaties waar kortstondige bewegingen plaatsvinden speelt pneumatiek een rol, zoals bij krattenlegers en -vullers, bij boterverpakkingsmachines, bij dozevullers, bij karton en beker vorm-, vul- en sluitmachines etc..

In nagenoeg alle gevallen wordt de gebruikte lucht direkt bij de machines vrij afgeblazen, hetgeen met hoge pulserende geluidniveaus gepaard kan gaan.

Op relatief eenvoudige wijze kunnen door het aanbrengen van afblaasdempers deze geluidniveaus gereduceerd worden.

Uit onderzoek is gebleken dat bij het selecteren van afblaasgeluiddempers de afmetingen per type geen belangrijke rol spelen, terwijl er bovendien geen samenhang blijkt te bestaan tussen de akoestische werking en de ontlasttijd, [9].

Derhalve zullen bij de keuze van afblaasgeluiddempers andere factoren een rol spelen, zoals kosten, ontlasttijd, ruimtebegrenzing (afmeting), duurzaamheid, verstopping door verontreiniging in de perslucht en materiaalcorrosie.

De dempingswaarden van afblaasdemperen kunnen variëren van 15 tot 40 dB(A).

### 6.3.5. Omkastingen

Naast het compartimenteren van geluidbronnen, waarbij meerdere lawaaiproducenten in een aparte ruimte worden opgesteld, bestaat ook de mogelijkheid machines, machine-onderdelen of componenten van een productie-, inpaklijn e.d. te voorzien van een geluidisolierende omkasting.

De machines die zich hiertoe het beste lenen, zijn die waarbij geen directe handmatige handelingen verricht dienen te worden, maar in een ruimte de geluidniveaus wel (mede) bepalen, zoals centrifuges, homogenisatoren, pompen, aandrijvingen van machines e.d.

Principieel geldt dat bij het toepassen van een gesloten omkasting in de omkasting enige mate van geluidabsorptie aanwezig dient te zijn, waarbij aspecten als niet hygroscopisch, glad en goed schoon te spuiten van belang zijn.

Bij machines en installaties waarbij regelmatig handelingen verricht moeten worden en waarbij een materiaal in- en uitgang aanwezig is kan eventueel gekozen worden voor deel-omkastingen, bijvoorbeeld deels bestaande uit doorzichtige scharnierende kunststofpanelen, zodat het zicht op belangrijke machinedelen gehandhaafd blijft en direct ingrijpen mogelijk is. Door noodzakelijke openingen en het ontbreken van absorptie is de reductie beperkt.

Bij transportbanen van bijvoorbeeld blikken en flessen is ook een deel-omkasting uit doorzichtige kunststof mogelijk, waarbij de mate van reductie o.a. mede bepaald wordt door de mate van dichtheid van de transportbaan zelve.

Een ander voorbeeld waar een deel-omkasting uit deels doorzichtige kunststof een rol kan spelen is de in- en uitvoerzijde van flessenspoelmachines.

Bij indampers waarbij niet de geluidproduktie van de thermocompressoren dominant is, doch veeleer van de pompen kunnen deze pompen apart worden opgesteld in bijv. een keldercompartiment, een aparte ruimte of omkasting.

#### 6.3.6. Afschermingen

Indien compartimenteren of het aanbrengen van omkastingen op bezwaren stuit kunnen lawaaiproducerende delen voorzien worden van bij voorkeur van absorptie voorziene afschermingen. Voorwaarde hierbij is in feite wel de aanwezigheid van geluidabsorptie tegen het plafond.

Een voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld de toepassing van een zich aan onderzijde en zijkant bevindende afscherming van vlak tegen de wand op enige hoogte lopende transportbanen.

Tegen de wand en/of tegen het plafond boven de banen dient dan geluidabsorptie te worden aangebracht.

#### 6.3.7. Uitwendige isolatie

Bij indampers is toepassing van uitwendige isolatie bij indampers met thermocompressoren momenteel min of meer gebruikelijk voor wat betreft de thermocompressoren zelve, de dampersleiding van de thermocompressor en de indamperkolom waarop de persleiding van de thermocompressor is aangesloten. Reducties in de orde van 4 à 5 dB(A) zijn mogelijk.

Verdergaande isolatie, met name van dampleidingen, cyclonen c.q. separatoren en indamperkolommen is relatief kostbaar, o.a. door het vele vorm-werk, en resulteert in de praktijk in een nogal beperkte reductie van het geluid van de gehele installatie, vooral ook door de geluidafstraling van pompen met bijbehorende leidingen.

Bij een akoestisch optimale situering van thermocompressoren met grote verschillen in geluidproduktie tussen zuig- en perszijde (zie

paragraaf 6.2.11) is in principe een aanzienlijke beperking te realiseren van het geluiduitstralende oppervlak van de installatie. Dit is te meer relevant daar thermocompressoren doorgaans damp aanzuigen uit de aan de indampkolommen verbonden cyclonen c.q. separatoren, terwijl de persleiding naar de mantel van een volgende kolom loopt. Deze persleiding en de mantel van de indamperkolom zijn eventueel relatief eenvoudig uitwendig thermisch/akoestisch te isoleren, aanzienlijk eenvoudiger dan cyclonen, etc.

## 7. KOSTEN ACOESTISCHE VOORZIENINGEN

### 7.1. Inleiding

Bij het aangeven van de kosten van geluidreducerende voorzieningen dient een onderscheid gemaakt te worden tussen:

- de kosten van voorzieningen gericht op de reductie van het geluid-niveau op de bedieningsplaats van een machine versus de kosten van voorzieningen om het geluid in de omgeving van de machine te reduceren;
- de kosten welke betrekking hebben op de aanschaf van een nieuwe geluidarme (bedieningsplaats zowel als omgeving) machine versus de kosten van voorzieningen om bestaande machines geluidarmer te maken.

Gezien de grote verscheidenheid aan uitvoeringen van bepaalde typen machines en de verschillen tussen de verschillende typen machines is het slechts mogelijk indicatief op de kosten van voorzieningen in te gaan. Opgemerkt dient te worden dat de vermelde bedragen (exclusief B.T.W.) gebaseerd zijn op het prijspeil van januari 1988.

### 7.2. Aktieve voorzieningen

De kosten van actieve voorzieningen zijn van vele factoren afhankelijk en moeilijk aan te geven.

De kosten kunnen variëren van enkele honderden guldens, het aanbrenge van rubber aanslagen, tot vele duizenden guldens, de meerprijs voor een separator met geïntegreerde akoestische voorzieningen ten opzichte van een conventionele separator.

De twee grootste leveranciers van separatoren in de zuivelindustrie kunnen momenteel separatoren leveren voorzien van o.a. akoestische maatregelen, waarmee op 1 m in het vrije veld een maximaal geluid-

niveau van 80 dB(A) gerealiseerd wordt.

Door één van de leveranciers wordt in feite alleen nog deze zogenaamde nieuwe generatie separatoren geleverd, die ook nog voorzieningen bezitten ter beperking van het energieverbruik. Een meerprijs'ten opzichte van de vorige generatie is niet of nagenoeg niet aan te geven. Bovendien bestaat er nauwelijks een prijsverschil, zowel de oude als nieuwe generatie separatoren kosten globaal f 500.000,-

Door de andere leverancier kunnen nog wel separatoren in twee uitvoeringen geleverd worden, zonder en met geïntegreerde voorzieningen [49], waarbij de meerprijs voor de voorzieningen 20 à 25 % bedraagt op een basisprijs van globaal f 400.000,-.

Indien bij een indamperinstallatie een apart opgestelde mechanische compressor wordt toegepast betekent dit een extra investering ten opzichte van thermocompressoren van 15 à 20 %. De keuze tussen beide compressoren vindt meestal plaats op grond van energetische aspecten.

De prijs van een zogenaamde anticavitatie-regelklep voor pompen bedraagt ca. f 25.000,- per set.

Een thyristorregeling bijvoorbeeld ten behoeve van de ventilatoren bij verstuivingstorens, zal qua kosten een bedrag van f 1.000,- à f 2.000,- per kW vergen.

### 7.3. Passieve voorzieningen

De kosten van passieve voorzieningen worden o.a. mede bepaald door het feit dat bij toepassing van metalen roestvrijstaal gebruik dient te worden.

De prijzen voor geluidabsorberende panelen, elementen e.d. variëren door uitvoering, materiaalsoort e.d. van f 75,- tot f 150,- per m<sup>2</sup>.

Omkastingen voorzien van de benodigde deuren, ramen, ventilatievoorzieningen e.d. zullen in een roestvrijstalen uitvoering *f* 500,- à *f* 700,- per m<sup>2</sup> kosten.

De prijs van schermen voorzien van absorptie bedraagt per m<sup>2</sup> *f* 300,- à *f* 400,-, terwijl voor kunststof panelen een prijs van *f* 200,- tot *f* 400,- per m<sup>2</sup> aan te houden is.

Uitwendige isolatie van geluidafstralende onderdelen, leidingen e.d. vergt een bedrag van *f* 250,- tot *f* 350,- per m<sup>2</sup>.

Geluid dempende afblaasfilters t.b.v persluchtsystemen zijn er in diverse uitvoeringen, afmetingen e.d.

De prijzen variëren van *f* 10,- tot *f* 100,- per stuk.

## 8. EPILOOG

Uit de gegevens met betrekking tot de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in de zuivelindustrie, zoals weergegeven in hoofdstuk 5, volgt dat bij vele machines en installaties geluidniveaus voorkomen welke altijd boven 80 dB(A), meestal boven 85 dB(A) en vaak boven 90 dB(A) liggen. Daarnaast treedt per machinetype over het algemeen een geringe tot vrij grote spreiding in de voorkomende geluidniveaus op. Indien bij het ontwerp van een machine aan het geluidaspekt aandacht is besteed, zijn voor een aantal van de beschouwde machines geluidniveaus lager dan 85 dB(A) of zelfs lager dan 80 dB(A) te realiseren.

Tabel 8.1 geeft een samenvattend overzicht van de optredende geluidniveaus op de bedienings- c.q. arbeidsplaatsen van de diverse onderzochte machines en installaties.

Zoals uit tabel 8.1 blijkt komen met name bij de bedieningsplaatsen van de flessenspoelmachines, de flessenvul-/sluitlemachines, de bekerform-, vul- en sluitmachines, de condens-blikvullijnen en sterilisatie, de stempelmachines en bij de blikfabrikage hoge geluidniveaus van meer dan 90 dB(A) voor.

Opgemerkt dient te worden dat de in werkelijkheid optredende geluidniveaus kunnen verschillen van de aangegeven waarden in verband met o.a. machinesnelheden, ruimte-akoestische aspecten, situering, aantal machines e.d.

De gegevens maken vooral een onderlinge vergelijking mogelijk en kunnen gehanteerd worden bij het stellen van eisen bij aanschaf van machines en apparatuur.



**Tabel 8.1:** Overzicht geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in de zuivel-industrie.

Betreft	Geluidniveau in dB(A)			
	70	80	90	100
centrifuges, pasteurs en homogenisatoren				
krattenlegers flessen				
spoelmachines flessen				
vul/sluit en krattenvullers flessen				
sterilisatietorens flessen				
vorm-,vul- en sluitmachines karton				
vorm-,vul- en sluitmachines bekers				
vorm-,vul- en sluitmachines plastic flessen				
vul-/sluimachines gesuikerde blik				
vul-/sluimachines ongesuikerde blik				
discontinu sterilisatie				
continu sterilisatie				
etiketteren blik				
blikvul- en sluitlijn poeder				
verpakken poeder in zakken				
stempelmachines				
palletiseermachines				
depalletiseermachines				
roll-in containers				
boterkanonnen				
boterkarns				
boter kleinverpakking				
boter grootverpakking				
wrongelbereiding en kaasvaten vullen				
kaaspakhuis				
folie-inpak kaas				
dozenvullen boter				
dozenvullen blik				
dozenvullen flessen				
dozenvullen karton en bekers				
blikfabricage				

De ontwikkeling van geluidarme installaties en machines dient wel gestimuleerd te worden.

Er blijken momenteel in de praktijk nog relatief weinig akoestische voorzieningen getroffen te zijn ter reductie van de geluidniveaus op de arbeidsplaatsen in de zuivelindustrie.

Dit is enerzijds een gevolg van het feit dat de eisen ten aanzien van hygiëne zodanig zijn dat bijvoorbeeld het toepassen van de conventionele geluidabsorptie niet verantwoord is, anderzijds blijken voor bestaande machines en installaties die een continu bediening vergen, voorzieningen dusdanig ingrijpend en derhalve kostbaar dat hiervan vooralsnog wordt afgezien.

Er zijn wel ontwikkelingen gaande aangaande de scheiding van mens en machine door compartimenteren van machines en/of het op afstand in een bedieningskamer besturen van installaties.

Daarnaast zijn en worden nieuwe geluidabsorberende produkten ontwikkeld, die voldoen aan de eisen ten aanzien van hygiëne e.d. en derhalve geen belemmering bezitten om toegepast te worden in de zuivelindustrie.

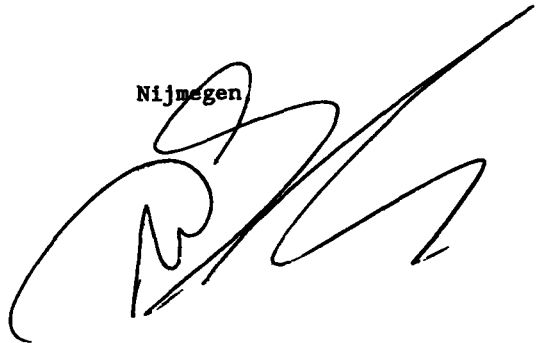
Nijmegen

Dit rapport bestaat uit:

141 pagina's

1 literatuurlijst

1 bijlage

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Literatuur

1. Handboek Hinderwet, samengesteld door de Hinderwet- en bouwtoezichtvereniging, Samson Uitgeverij.
2. Winkler Prins, Technische Encyclopedie, 1975 Elsevier Nederland B.V.
3. Schuller W.M., Stevens A.P.P.J., "Lawaai-beheersing in- en om de industrie", Hogere Kursus Akoestiek, Antwerpen, 1987.
4. L.A. Jansen, W.K. Burgstede en A.C. Bolle, Nederlands Instituut voor Zuivelonderzoek (NIZO), "De toepassing van geluidabsorberende panelen in de zuivelindustrie", Zuivelzicht nr. 34-35, augustus 1982.
5. Richard K. Miller & Associates, "Noise Control Solutions for the Food Products Industry", Southeast Acoustics Institute 1977, Engineering Report Series.
6. European Brewery Convention, Monograph IV, Noise Abatement Symposium, Copenhagen, november 1977.
7. Ministerie van Welzijn, Volksgezondheid en Cultuur, "GMP-richtlijnen 1984", Volksgezondheidsreeks VR 85/7, Leidschendam 1985.
8. Tukker J.C., Wolde T. ten, Verheij J.W., I.C.G.-rapport LA-HR-03-02, Inventarisatie basiskennis geluidarm construeren, mei 1984.
9. Tukker J.C., I.C.G.-rapport LA-HR-02-02, Geluid van perslucht, februari 1984.
10. Straatsma H., I.C.G.-rapport IL-HR-03-02, Geluidemissie van compressoren en mogelijkheden tot vermindering, februari 1982.

11. Priede T., e.a., Likely advances in mechanics, cooling, vibration and noise of automotive engines, Proc. Instr. Mech. Engrs., Vol. 198 DN.7, 1984.
12. Tukker J.C., Wolde T. ten, I.C.G.-rapport LA-HR-07-01, Meting en beoordeling van schadelijk lawaai op de arbeidsplaats, december 1983.
13. V.D.I. Richtlinie 2159 (Entwurf), Getriebegeräusche, september 1983.
14. Utley W.A., Miller L.A., Occupational noise exposure on construction sites, Applied Acoustics 18 (1985), pagina 293-303.
15. Construction Machinery Noise - A Project and a Package, Tijdschrift Noise Control Vibration Isolation, februari 1979.
16. Tukker J.C., I.C.G.-rapport LA-HR-02-08, Geluid van mechanische overbrengingen, 1987.
17. J.C. Guignard, D.L. Johnson, The relation of noise exposure to noise induced hearing damage, Sound and Vibration, januari 1975.
18. Passchier - Vermeer W., Gehoorschade ten gevolge van expositie aan constant en fluctuerend geluid, NAG-publicatie nr. 31, 1975.
19. Kryter K.D., The effects of noise on man, 1970 Academic Press, New York.
20. Kryter K.D., Ward W.D., Miller J.D., Eldredge D.H., Hazardous exposure to intermittent and steady-state noise, JASA vol. 39, no.3, 1966.
21. Miller J.D., Effects of noise on people, JASA, vol. 56, no. 3, 1974.

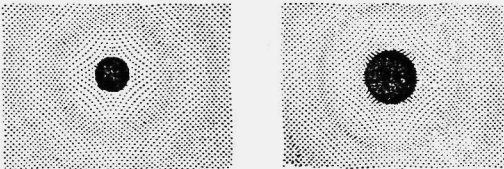
22. L.L. Beranek, Noise and Vibration Control, Mc. Graw - Hillbook Company
23. Peutz V.M.A., NAG-publikatie nr. 23, De akoestiek van grote ruimten, november 1972.
24. Peutz V.M.A., Proc. 7<sup>th</sup> Int. Congress Acoustics Boedapest 1971, vol 2, p. 37-40.
25. Meier von en Jovicic, NAG-publikatie nr. 37, augustus 1976.
26. V.D.I. Bericht nr. 239, Lärmarm Konstruieren.
27. V.D.I. Bericht nr. 278, Lärmarm Konstruieren 1977.
28. Harris, Handbook of noise Control, Mc. Graw - Hill Book Company.
29. V.D.I. Richtlinie 2564, Lärminderung bei der Blechbearbeitung.
30. V.D.I. Richtlinie 2570 | E, Lärminderung im Betrieb. Allgemeine Grundlagen.
31. Schmidt. H., Schalltechnisches Taschenbuch, V.D.I. Verlag GmbH.
32. V.D.I. Richtlinie 2711, Schallschutz durch Kapselung.
33. Straatsma, H., Geluidbewust konstrueren, De Konstrukteur, uitgave Hofstadvakpers, Thema uitgave nr. 10, 1981.
34. Advies geluid op de arbeidsplaats, Sociaal Economische Raad, Publicatie nr. 1, 17 februari 1984.

35. Lawaai op de arbeidsplaats, Publikatie P166-1 van het Directoraat-Generaal van de Arbeid van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, 1987.
36. Probst W., Geräuschemission von Getränkeabfüllanlagen und Maßnahmen zur Lärminderung, Forschungsbericht nr. 172 van de B.A.U., Dortmund (1977).
37. Barbry J.L., Damongeot A., André G. en Jacques J.R., Noise in the bottle-filling industry, Proceedings Internoise 81, bladzijde 657.
38. Moelker W.H. en Wyclieks J., Geluidemissie van pompen en mogelijkheden tot vermindering, I.C.G.-rapport IL-HR-03-09.
39. 100 Practical applications of noise reduction methods, A report by HM Factory Inspectorate (1983).
40. Kurze U.J., Pauls D., de Vos P. en Prieler J., Schallschutz durch Teilkapselung, Forschungsbericht 212, van de B.A.U., Dortmund (1979).
41. Blokland G.J., Stand der techniek van de lawaai bestrijding in bottelarijen, I.C.G.-rapport LA-HR-02-15.
42. Bakteriologisches Gutachten für den Dörken Schallabsorber DELTA SORB, Betriebskontrollstation für die Getränkeindustrie GmbH, 16 februari 1981.
43. Bobeczko M. en Landwirth D., The evolution of can plant noise control technology, Inter-Noise 82, mei 1983.
44. Waggoner S.A., Shackelford J.F., Robius F.F. en Burkhardt T.H., Materials for noise reduction in food processing environments, Applied Acoustics (11), 1978, 1-20.

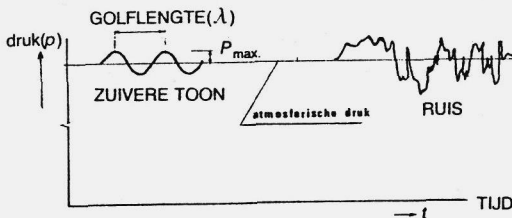
45. Croasdale W.H., American Can Company's "close-in" noise control enclosure program, Inter-Noise 78, mei 1978.
46. Bobeczko M.S., Noise control solutions can manufacturing plants, Inter-Noise 78, mei 1978.
47. Steenbrugge B. van, Gerretsen E., Tukker J., I.C.G.-rapport IL-HR-03-01, Inventarisatie basiskennis geluidarm installeren, 1985.
48. Steenbrugge B. van, Iping P.J.M., I.C.G.-rapport IL-HR-03-04, Geluidemissie van stookinstallaties en mogelijkheden tot vermindering, februari 1982.
49. Pautsch G., Borgmann H., Geräuschreduzierung bei Zentrifugen", Fett Wissenschaft Technologie, 89. Jahrgang, mei 1987.

BIJLAGE A GELUIDTECHNISCHE BEGRIPPENA.1 Geluid

Fysisch gezien hebben we bij geluid te maken met (druk)golven in de ons omringende lucht, populair gezegd elkaar snel opvolgende, uiterst kleine drukwisselingen om de heersende atmosferische druk, welke door het oor kunnen worden waargenomen (zie figuur A.1 en A.2).



Figuur A.1 Bolvormige uitbreiding van geluidgolven (zuivere toon) vanuit een bron (pulsende bron), links fase met maximale verdunning, rechts fase met maximale verdichting.



Figuur A.2 Vorm van drukverloop in de tijd voor verschillende soorten geluid



Niet alleen in geluidsterkte verschillen geluiden van elkaar, maar ook in toonhoogte of frekwentie. De toonhoogte van het geluid wordt bepaald door het aantal drukwisselingen per seconde, de frekwentie welke wordt uitgedrukt in hertz (Hz). Lage tonen hebben een frekwentie van circa 20 Hz (onderste gehoorrens) tot circa 500 Hz, middenfrekwente tonen van circa 500 Hz tot circa 1000 Hz en hoge tonen van circa 1000 Hz tot circa 18000 Hz (bovenste gehoorrens).

Geluid plant zich voort in de lucht met een snelheid van circa 340 m/s. De afstand waarover het geluid zich gedurende een volledige luchtdrukschommeling voortplant noemt men de golflengte. Het verband tussen golflengte, frekwentie en geluidssnelheid kan worden aangegeven als:

$$c = f \cdot \lambda \qquad (A.1)$$

Waarin:  $c$  = geluidssnelheid (m/s)

$f$  = frekwentie (Hz)

$\lambda$  = golflengte (m)

## A.2 Geluiddruk en geluidniveau

De geluidsterkte wordt bepaald door de grootte van de luchtdrukvariaties ten opzichte van de atmosferische druk. Daar de geluiddrukveranderingen afwisselend negatief en positief zijn en het gemiddelde derhalve circa nul, wordt voor de bepaling van de geluidsterkte uitgegaan van de zogenaamde effectieve druk.

De effectieve druk is vergeleken met de atmosferische druk (circa  $10^5 \text{ N/m}^2$ ) zeer klein. Deze bedraagt voor nog net hoorbare geluiden circa  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$  en voor zeer sterke geluiden (pijngrens) circa  $200 \text{ N/m}^2$ . Door deze enorme verschillen is een lineaire maat voor de geluiddruk niet goed bruikbaar.

Voor het aangeven van de geluidsterkte heeft men internationaal een grootheid ingevoerd, het geluid(druk)niveau  $L_p$ , gedefinieerd volgens:

$$L_p = 10 \lg \frac{(p_{\text{eff}})^2}{(p_0)^2} = 20 \lg \frac{p_{\text{eff}}}{p_0} \text{ dB} \quad (\text{A.2})$$

Waarin:  $p_{\text{eff}}$  - effectieve geluiddruk ( $\text{N/m}^2$ )  
 $p_0$  - referentiedruk =  $2 \cdot 10^{-5} \text{ N/m}^2$

Hoewel  $L_p$  een verhouding is, en dus feitelijk dimensieloos, is het gebruikelijk  $L_p$  uit te drukken in decibel (dB). In tabel A.I wordt een overzicht gegeven van enige geluidniveaus en de bijbehorende effectieve geluiddrukken en geluidniveaus.

**Tabel A.I:** Enige bekende geluiden met een globale aanduiding van bijbehorende  $p_{\text{eff}}$  en  $L_p$

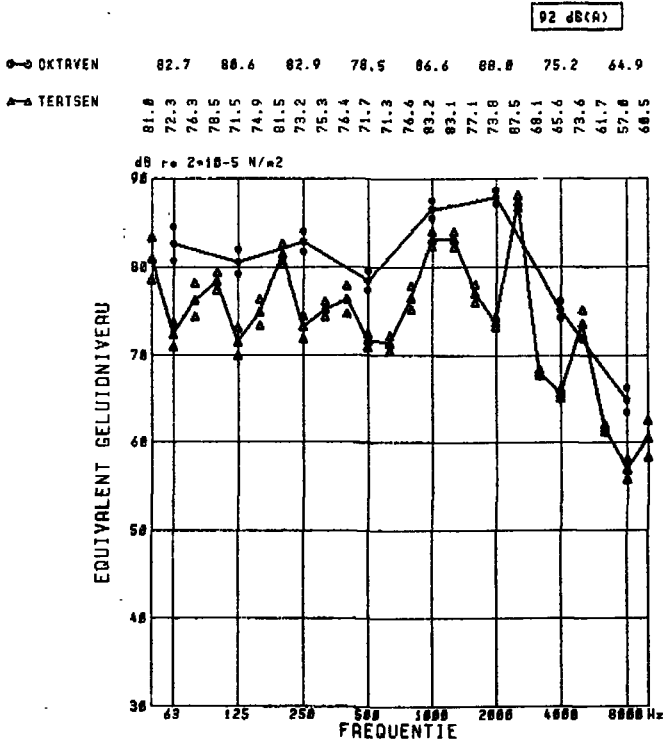
Geluiddruk $p_{\text{eff}}$ ( $\text{N/m}^2$ )	Geluidniveau $L_p$ (dB)	Voorbeeld
$2 \cdot 10^{-5}$	0	gehoordrempel
$2 \cdot 10^{-4}$	20	bladergeritsel
$2 \cdot 10^{-3}$	40	fluisteren op 1 m
$2 \cdot 10^{-2}$	60	gesprek op 1 m
$2 \cdot 10^{-1}$	80	luide radio
2	100	claxon dichtbij
20	120	mitrailleur
200	140	pijngrens

Door het invoeren van een logaritmische maat voor de geluidsterkte dienen geluid(druk)niveaus logaritmisch opgeteld te worden.

Hiervoor wordt verwezen naar paragraaf A.6.

**A.3 Geluidsspectrum**

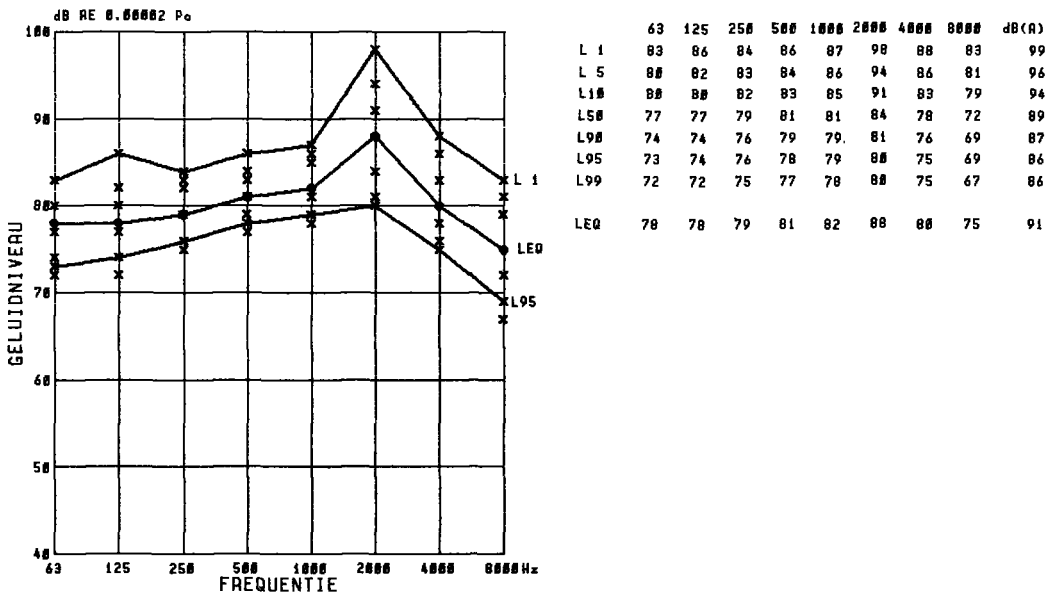
De meeste geluiden zijn samengesteld uit drukwisselingen met verschillende frekwenties. Om de samenstelling van het geluid nauwkeurig te bepalen is het nodig om de geluiddruk bij iedere frekwentie te meten. Men krijgt zo het geluidsspectrum. In de praktijk is het veelal voldoende de gemiddelde geluiddruk te meten over de frekwenties welke binnen een bepaalde frekwentieband liggen. Een voorbeeld van een geluidsspectrum in tertsen- en octaafbanden is weergegeven in figuur A.3. De symbolen O (oktaafbandbreedte) en Δ (tertsbandbreedte) geven de standaarddeviatie van de spreiding van het niveau weer tijdens de meting. Voor bepaalde gevallen kan echter een smalbandiger frekwentiespectrum gewenst zijn.



**Figuur A.3** Geluidrukniveau als functie van de frekwentie (terts- en octaafbanden) bij een mechanische compressor

In gevallen, waarbij het geluidniveau over de meetperiode sterk varieert kan het gewenst zijn om de meting statistisch te analyseren (zie figuur A.4). Hierbij wordt behalve het equivalente geluidniveau  $L_{eq}$ , tevens een analyse gegeven van bijvoorbeeld het  $L_1$ , respectievelijk het  $L_{95}$ , zijnde het geluidniveau dat gedurende 1 %, respectievelijk 95 % van het beschouwde tijdinterval overschreden wordt.

Het  $L_1$  geeft derhalve vrijwel het maximale niveau tijdens de meting weer, het  $L_{95}$  vrijwel het laagste niveau.



**Figuur A.4** Statistische analyse van het geluidniveau van flessen-transport

Om geluiden met verschillende spectra met elkaar te kunnen vergelijken wat betreft luidheidsindruk, is het wenselijk een maat te hebben die met de luidheid correleert, dat wil zeggen dat wanneer verschillende geluiden in deze maat uitgedrukt gelijke waarden geven, de subjectief

ondervonden luidheid ook gelijk moet zijn. Tegenwoordig wordt de dB(A) waarde gebruikt, die het gemeten geluidniveau "weegt" met het zogenaamde A-filter. Met dit filter wordt globaal de gevoeligheid van het menselijk oor nagebootst. Het geluidniveau in dB(A) kan uit een octaafbandspectrum berekend worden door op de relevante octaafbandwaarden de correctiewaarden volgens tabel A.II toe te passen en de gevonden waarden (logaritmisch) te sommeren.

Tabel A.II dB(A) correctiewaarden

octaafband (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
correctiewaarde dB	-26	-16	-9	-3	0	+1	+1	-1

A.4 Nagalmveld

Het geluid in een ruimte ten gevolge van een geluidbron kan onderscheiden worden in een direkt van de bron komend geluid en een zgn. nagalmgeluid. Het direkte geluid neemt sterk met de afstand tot de geluidbron af, het nagalmgeluid veel minder sterk.

Daar waar het direkte geluid van de geluidbron overheerst wordt gesproken van het direkte geluidveld, het overige gebied in de ruimte wordt nagalmveld genoemd. Het nagalmveld bevat tenminste éénmaal gereflekteerd geluid, via wanden o.d., van de geluidbron.

De plaats waar het direkte veld overgaat in het nagalmveld is o.a. afhankelijk van de nagalmtijd, de vorm en het volume van de ruimte.

In ruimten zonder absorptie, dus met een lange nagalmtijd, zal het direkte veld snel overgaan in het nagalmveld. Door de vele reflekties, door het ontbreken van absorptie, zal het geluidniveau in het nagalmveld dan ook niet veel lager zijn dan het direkte geluidniveau van de geluidbron.

### A.5 Geluidafstraling en grensfrekwentie

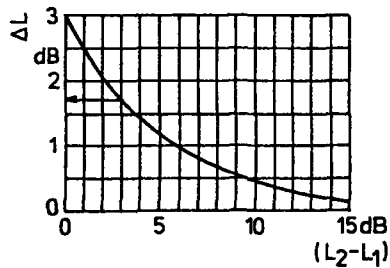
Wanneer een plaat op een punt wordt aangestoten wordt deze plaat plaatselijk uit de evenwichtsstand gebracht. Omdat het materiaal een stijfheid bezit, wordt deze verstoring doorgegeven. Er ontstaat een lopende golf met een bepaalde voortplantingssnelheid. Dit wordt een vrije buiggolf genoemd. Dat verschijnsel kan ook optreden door aanstoting met een geluidgolf in plaats van een mechanische kracht. Indien de aanstootkracht ten gevolge van de geluidgolf met dezelfde snelheid meereist met de vrije golf gaan beide golven samenwerken of koïncideren.

Bij de afstraling van buiggolven speelt de grensfrekwentie voor koïncidentie een belangrijke rol. Deze grensfrekwentie is afhankelijk van o.a. de dichtheid, de dikte en de elasticiteitsmodulus van het plaatmateriaal.

Boven de grensfrekwentie is de afstraling optimaal en beneden de grensfrekwentie ten gevolge van akoestische kortsluiting slecht, zodat materiaal met een zo hoog mogelijke grensfrekwentie een akoestische voorkeur heeft.

A.6 Optellen geluidniveaus

Zoals is aangegeven in paragraaf A.2 dienen geluidniveaus logaritmisch te worden opgeteld. Voor het optellen van geluidniveaus kan gebruik gemaakt worden van figuur A.5.



Figuur A.5 Correctiecurve voor het optellen van twee geluidniveaus

Bij het optellen gaat men als volgt te werk:

- men bepaalt het geluidniveau ten gevolge van bron 1 en 2; respectievelijk  $L_1$  en  $L_2$ ;
- men bepaalt de absolute waarde van het verschil tussen de geluidniveaus  $|L_2 - L_1|$ ;
- uit figuur A.5 bepaalt men vervolgens de  $\Delta L$  (vertikale as) behorende bij deze  $|L_2 - L_1|$  (horizontale as);
- de waarde  $\Delta L$  dient bij het hoogste niveau te worden opgeteld. De uitkomst geeft de som van de geluidniveaus.

**Voorbeeld**

Geluidniveau ten gevolge van geluidbron 1:  $L_1 = 85 \text{ dB(A)}$

Geluidniveau ten gevolge van geluidbron 2:  $L_2 = 82 \text{ dB(A)}$

$|L_2 - L_1| = 3 \text{ dB(A)}$

Correctiewaarde  $\Delta L$ :  $1,8 \text{ dB(A)}$

→ totaal niveau  $85 + 1,8 = 86,8 \text{ dB(A)}$ .

Voor het berekenen van geluidniveaus ten gevolge van meerdere bronnen kan de optelling steeds herhaald worden.

**A.7 Equivalent geluidniveau**

Bij het bepalen van de geluidbelasting van personen wordt veelal uitgegaan van het zogenaamde equivalente geluidniveau ( $L_{eq}$ ). Dit geluidniveau geeft het energetisch gemiddelde geluidniveau over een bepaalde tijd (bijvoorbeeld 8 uur).

Het  $L_{eq}$  wordt vaak in dB(A) uitgedrukt ( $L_{Aeq}$ ).

Voor het bepalen van het equivalente geluidniveau kan gebruik gemaakt worden van tabel A.III.



**Tabel A.III** Correctiewaarden ter bepaling van een equivalente geluid-niveau.

Gedeelte van de beoordelings- periode in %	Korrektiefactor in dB(A)
100	0
75	- 1,2
50	- 3,0
25	- 6,0
15	- 8,2
10	-10
7,5	-11
5	-13
2,5	-16
1,5	-18
1	-20
0,75	-21
0,5	-23
0,25	-26
0,1	-30

Indien bijvoorbeeld 75 % van een werkdag een geluidniveau heerst van 80 dB(A) en gedurende 25 % van de werkdag 90 dB(A) dan kan het equivalente geluidniveau bepaald worden uit (zie tabel A.III):

$$L_{Aeq} (75\%) = 80 - 1,2 = 78,8 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Aeq} (25\%) = 90 - 6,0 = 84 \text{ dB(A)}.$$

Uitgaande van figuur A.6 kan het totale equivalente niveau worden bepaald door sommatie; hieruit volgt:

$$L_{Aeq} = 84 + 1,2 = 85,2 \text{ dB(A)}.$$