

NN31050.82-3

1982-03

stora

Geluid van puntbeluchters

Bibliotheek STOWA

stowa

alleen ter inzage, niet voor uitlening
nagebruik RETOUR s.v.p.

serie: thema zuivering van afvalwater -
effect op andere milieucomponenten

STOWA
Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 8090
3503 RB Utrecht
tel. 030-321199
fax 030-321766

Publikaties en het publikatieoverzicht
kunt u uitsluitend bestellen bij:
Hageman Verpakkers BV
Postbus 281
2700 AC Zoetermeer
tel. 079-611188
fax 079-613927
o.v.v. ISBN- of bestelnummer en
een duidelijk afleveradres.

440 (82-03)

BIBLIOTHEEK DE HAAFF
Droevendaalsesteeg 3a
Postbus 241
6700 AE Wageningen



postbus 414, 2280 AK Rijswijk Z.H. ☎ 070 - 980.287 stichting toegepast onderzoek reiniging afvalwater

2 DEC 2003

Geluid van puntbeluchters



170207

	Inhoud	I
	Ten geleide	II
1	SAMENVATTING	1
2	INLEIDING	2
3	GELUID (BEGRIFFEN)	3 - 8
3.1	Geluid	3
3.2	Geluidvermogen en geluidintensiteit	4
3.3	dB(A) waarde	4
3.4	Ruimtelijke uitbreiding	4
3.5	Optellen van decibels	5
3.6	Verschillen in geluidniveaus	5
3.7	Geluidniveau	5
3.8	Geluidhinder	5 - 8
4	GELUID VAN PUNTBELUCHTERSISTEEMEN	9 - 20
4.1	Algemeen	9
4.2	Geluidniveaus zonder additionele maatregelen	9 - 11
4.2.1	<i>motor</i>	
4.2.2	<i>tandwielkast</i>	11 - 12
4.2.3	<i>spattend water</i>	13 - 14
4.2.4	<i>ruimtelijke uitbreiding</i>	14
4.3	Geluidniveaus met additionele maatregelen	14 - 20
4.3.1	<i>motor en tandwielkast</i>	14 - 16
4.3.2	<i>spattend water</i>	16 - 20
5	RICHTLIJNEN VOOR HET ONTWERP	21 - 27
5.1	Overige geluidbronnen op een rwi	21
5.2	Eenvoudige prognose-procedure	21 - 23
5.3	Invloed van vormgeving	23 - 24
5.3.1	<i>het bassin</i>	23
5.3.2	<i>de inrichting</i>	23 - 24
5.4	Bestekseisen	24 - 25
5.5	Geluidbeperkende maatregelen	25 - 27
	BIJLAGEN	29 - 46
	1. Lijst van gebruikte symbolen	29
	2. Meetmethode en meetinstrumenten	30
	3. Rekenmethoden geluidvermogeniveau	31 - 33
	4. Meetresultaten	34 - 46

Ten geleide

Dit rapport is een aanpassing van een STORA-onderzoek dat eerder in hoofdlijnen werd gepubliceerd in het tijdschrift H₂O als onderdeel van de elfde vakantiecursus in de behandeling van afvalwater aan de Technische Hogeschool te Delft.

De aanpassingen hebben uitsluitend betrekking op de wettelijke en technische voorschriften en zijn door het secretariaat van de stichting verzorgd. De resultaten van het onderzoek worden hierdoor niet beïnvloed.

Het onderzoek werd door het algemeen bestuur van de STORA op voorstel van de Onderzoekadviescommissie* opgedragen aan DHV Raadgevend Ingenieursbureau B.V. met het Akoestisch Adviesbureau Ir. V.M.A. Peutz B.V. als gespecialiseerde "onderuitvoerder".

DHV werd bij zijn werkzaamheden namens de STORA begeleid door een commissie bestaande uit ir. J.S.J. Dragt (voorzitter), ir. J. van den Eijk, J.Th. Haas, ing. en ir. A.G. Spruyt.

Rijswijk, juli 1982.

De directeur van de STORA

drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff

* De Onderzoekadviescommissie, die tot dit project adviseerde, bestond uit:
prof.ir. A.C.J. Koot (voorzitter), drs. J.F. Noorthoorn van der Kruijff (secretaris) en
dr.ir. H.J. Eggink, ir. R. Karper, ir. C. Kuggeleijn, ir. M. van der Lugt, ir. Th.G.
Martijn, ir. H.A. Meijer, jhr.dr. J.J. Quarles van Ufford, ir. H.M.J. Scheitinga, dr.ir.
D.W. Scholte Ubing, ir. J. van Selm, ir. F.B. Veldkamp, ir. A.P. Vernimmen M.Sc. (leden).

I SAMENVATTING

Onderzoek werd verricht naar de geluidemissie van puntbeluchtersystemen en de ten gevolge daarvan veroorzaakte geluidniveaus in de omgeving. Van de drie belangrijkste geluidbronnen bij zo'n systeem - de aandrijfmotor, de tandwielkast en het spattende water - blijkt het spattende water de grootste geluidproducent te zijn.

Uit de geïnterpreteerde en uit de speciaal voor deze studie verrichte metingen zijn systematische verbanden af te leiden, waardoor het mogelijk is het door een puntbeluchtersysteem in de omgeving veroorzaakte geluidniveau te voorspellen. Het blijkt dan dat binnen een afstand van 300 à 400 m vanaf één beluchter een overschrijding van veelal gehanteerde richtlijnen voor toelaatbaar geluidniveau mogelijk is.

Maatregelen tegen een dergelijke overschrijding kunnen bestaan uit het omkassen van motor en tandwielkast en het afdekken van het spattende water. Afhankelijk van de aard en de opbouw van dergelijke constructies, alsmede van de aard van de beluchter zijn geluidniveaureducties tot maximaal circa 20 dB(A) van het motorgeluid en tot maximaal circa 15 dB(A) van het watergeluid realiseerbaar. Mede in verband met het vaak grote aantal min of meer secundaire geluidbronnen (overstorten en dergelijke) dat zich op de gehele installatie bevindt, blijft een strook van 100 à 200 m rond de installatie vaak toch een akoestisch kritisch gebied.

Dit onderzoek had tot doel het bepalen en uittesten van methoden ter beperking van geluidoverlast bij puntbeluchtersystemen, teneinde tot richtlijnen voor het oplossen van deze problemen te komen.

Het onderzoek heeft zich in twee fasen voltrokken.

In de eerste fase is op grond van bestaande gegevens een inzicht verkregen in de "normaal" te verwachten geluidproductie van puntbeluchtersystemen. In de tweede fase is dat inzicht door middel van aanvullende metingen verdiept en is tevens aandacht geschonken aan mogelijke maatregelen ter reductie van het geluid.

Bij het onderzoek heeft steeds voorop gestaan dat "voorkomen beter is dan genezen". Een eerste vereiste is derhalve dat ontwerpers van rioolwaterzuiveringsinrichtingen met puntbeluchtersystemen in een zo vroeg mogelijk stadium een indruk kunnen krijgen van de mate van geluidoverlast die hun inrichting kan veroorzaken en van het feit of, en zo ja welke, maatregelen mogelijk zijn om die overlast te voorkomen.

Deze rapportage van het onderzoek is dan ook primair opgezet voor de ontwerper van rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Hij zal aan de hand van dit rapport moeten kunnen bepalen:

- of de gekozen plaats van de inrichting uit het oogpunt van geluidhinder geschikt, ongeschikt of marginaal geschikt is;
- of (in het laatste geval) door additionele maatregelen voldoende geluidreductie mogelijk is;
- of inschakeling van een akoestisch specialist nodig is.

Het rapport vermeldt na een korte uiteenzetting in hoofdstuk 3 over geluid, geluidniveau en geluidhinder, in hoofdstuk 4 de geluidniveaus die gemeten (en te verwachten) zijn in de omgeving van rioolwaterzuiveringsinrichtingen zonder en met additionele geluidreducerende maatregelen.

In hoofdstuk 5 worden op grond hiervan richtlijnen voor het ontwerp geformuleerd.

Alhoewel dit onderzoek zich heeft beperkt tot de geluidproductie van vaste puntbeluchters, treft men op een rioolwaterzuiveringsinrichting uiteraard ook andere geluidbronnen aan; o.a. overstorten, vijzels en algemeen mechanische geluidbronnen zoals motoren, compressoren, pompen, ventilatoren, persen en ovens.

Opgemerkt zij dat ook andere beluchtingssystemen zoals borstels, mammoetrotoren, bellen, drijvende beluchters enzovoorts, geluid produceren.

De door dergelijke systemen veroorzaakte geluidniveaus kunnen van dezelfde orde zijn als die afkomstig van de beschouwde puntbeluchters.

Ten behoeve van een eventuele akoestische specialist is in de bijlagen van dit rapport de uitgebreide akoestische informatie opgenomen die het onderzoek heeft opgeleverd, terwijl daar ook nog dieper op enkele specialistische onderwerpen wordt ingegaan.

Als bijlage aan dit rapport zijn toegevoegd: een omschrijving van de bij de verrichte geluidmetingen toegepaste meetmethode en meetinstrumenten (bijlage 2), een omschrijving van de wijze waarop uit gemeten geluidniveaus een aantal geluidvermogen-niveaus is berekend (bijlage 3), een lijst van gebruikte symbolen (bijlage 1), alsmede o.a. een weergave van relevante meet- en rekenresultaten in figuren (bijlage 4).

3 GELUID (BEGRIPPEN)

3.1 Geluid

Doorgaans worden de zeer kleine luchtdrukvariaties, die door het gehoor worden waargenomen, geluid genoemd. De beweging van de luchtdeeltjes (meestal veroorzaakt door een mechanische beweging) heeft zeer kleine luchtdrukvariaties tot gevolg: een rimpeling op de atmosferische druk. De effectieve waarde van die rimpeling noemt men de geluiddruk p . Geluid is veelal samengesteld uit geluiden met verschillende toonhoogten. De toonhoogte (frequentie) van het geluid wordt bepaald door het aantal drukvariaties per seconde. Het aantal drukvariaties per seconde wordt aangegeven in Hertz (afgekort Hz). De grafiek waarin voor een bepaald geluid het verband is aangegeven tussen de frequentie en het geluidniveau noemt men het geluidspektrum. Het is gebruikelijk het frequentiegebied te verdelen in oktaafbanden (in sommige gevallen in tertsbanden). De geluiddruk is alleen interessant wanneer de intensiteit daarvan via het oor kan worden waargenomen. Daarom werkt men met de verhouding tussen de werkelijk optredende geluiddruk p en de geluiddruk p_0 die nog juist waarneembaar is (gehoordrempel). Het hoorbare geluid wordt globaal begrensd door de frequenties 20-20.000 Hz en de geluiddrukken $20 \cdot 10^{-6}$ Pa (gehoordrempel) en 200 Pa (pijngrens, fig. 1).

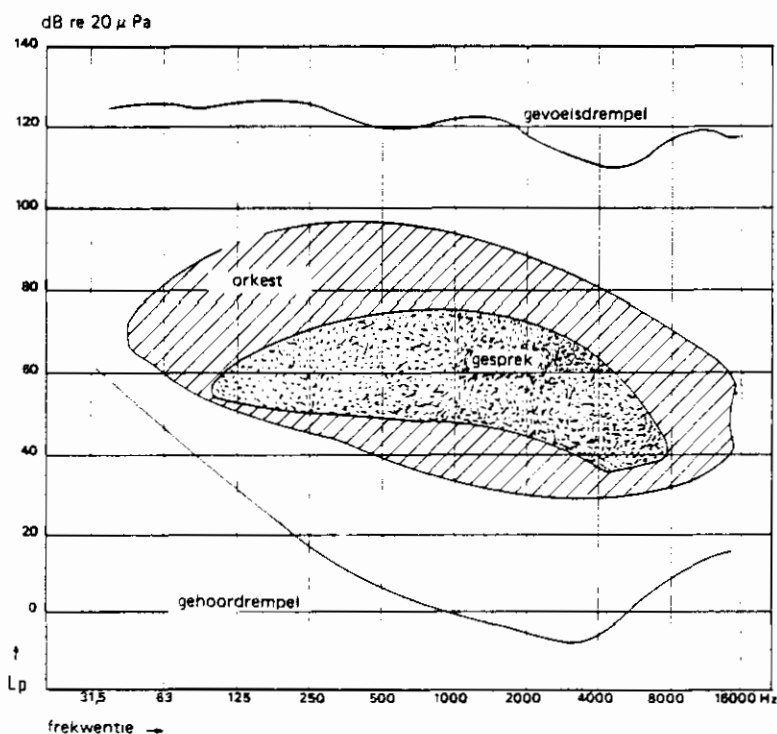


Fig. 1. Het bereik van het gehoor.

De grote range van hoorbare geluidsterkten, drukverhoudingen tussen 1 en meer dan 10^6 , heeft geleid tot het weergeven van de geluiddruk in een logaritmische maat: het geluiddrukkniveau L_p in decibel (dB).

$$L_p = 10 \log p^2/p_0^2 \text{ dB}; \quad p_0 = 20 \cdot 10^{-6} \text{ Pa} \quad (1)$$

3.2 Geluidvermogen en geluidintensiteit

De geluiddruk is kenmerkend voor de mate waarin het geluid wordt ontvangen. Het geluidvermogen is kenmerkend voor de mate waarin een geluid-bron geluid uitzendt.

Het uitgezonden vermogen (= energie per tijdeenheid) verspreidt zich in beginsel alzijdig en heeft een geluidintensiteit (= vermogen per oppervlakte) tot gevolg die afneemt met grotere afstand. Afhankelijk van het medium (vrijwel altijd lucht) is er vervolgens een vaste relatie tussen geluidintensiteit en geluiddruk.

Vergelijk respectievelijk (uitgestraald) warmtevermogen, (ingestraalde) warmte-intensiteit en resulterende temperatuur.

Ook geluidvermogen en geluidintensiteit worden in decibel uitgedrukt; geluidvermogenniveau (L_W) en geluidintensiteitsniveau (L_I):

$$L_W = 10 \log W/W_0 \text{ dB}; W_0 = 10^{-12} \text{ watt} \quad (2)$$

$$L_I = 10 \log I/I_0 \text{ dB}; I_0 = 10^{-12} \text{ watt/m}^2 \quad (3)$$

3.3 dB(A) waarde

Het menselijk oor is niet in gelijke mate gevoelig voor geluiden van verschillende toonhoogten.

Een geluiddruk-niveau van 40 dB bij 100 Hz klinkt zachter dan 40 dB bij 1000 Hz. Het oor blijkt het gevoeligst te zijn voor frequenties rond 3000 à 4000 Hz en minder gevoelig voor de hoge en lage frequenties.

Door in een geluidmeter een soortgelijk gevoeligheidsverloop in te bouwen (zgn. A-kurve) meet men een gewogen geluidniveau in dB(A), dat al meteen aangeeft hoe hard het geluid wordt gehoord.

Tevens geeft dit gewogen dB(A)-niveau een globale indicatie van eventueel optredende geluidhinder.

Hoewel niet als zodanig officieel gedefinieerd, wordt de laatste tijd ook nogal eens gebruik gemaakt van de dB(A) om gewogen geluidvermogenniveaus aan te duiden.

Deze kunnen worden bepaald door op de afzonderlijke vermogenniveaus per oktaafband door berekening soortgelijke correcties toe te passen als in de eerder bedoelde geluidniveau-meter zijn ingebouwd.

3.4 Ruimtelijke uitbreiding

Van een alzijdig stralende puntvormige geluidbron is, zoals in 3.2 is aangeduid, aan te tonen dat door het gelijkmatig verdelen van het uitgestraalde geluidvermogenniveau op groter wordende afstanden steeds een geringer geluiddruk-niveau ontstaat. Deze fysisch onontkoombare afname met de afstand bedraagt 6 dB met elke afstandverdubbeling. Andere dan puntvormige geluidbronnen kunnen een andere ruimtelijke uitbreiding (afname met de afstand) vertonen: in de praktijk zal geen enkele geluidbron geheel aan de ideale puntbron-condities voldoen.

Toch kan op afstanden veel groter dan de afmetingen van de geluidbron een afname van 6 dB per afstandverdubbeling worden aangenomen.

Naast deze fysische afname met de afstand vindt nog geluidreductie plaats door absorptie in de atmosfeer en aan de bodem. Daarnaast kunnen meteorologische condities de ruimtelijke uitbreiding positief en negatief beïnvloeden.

3.5 Optellen van decibels

Door de logarithmische maat van de decibel mag men de getalwaarden niet zonder meer optellen. Twee geluiden met dezelfde geluidintensiteit hebben samen de dubbele intensiteit zodat de samen een niveau hebben dat $10 \log 2 = 3$ dB hoger is dan elk afzonderlijk.

Dus $80 \text{ dB} + 80 \text{ dB} = 83 \text{ dB}$

$0 \text{ dB} + 0 \text{ dB} = 3 \text{ dB}$

$- 3 \text{ dB} + - 3 \text{ dB} = 0 \text{ dB}$

Op dezelfde wijze is aantoonbaar dat drie dezelfde geluidniveaus samen 5 dB sterker zijn dan elk afzonderlijk, etc.

Voor het optellen van ongelijke geluiden houdt de logarithmische definitie een vrij complexe procedure van optelling in. Daarop wordt later teruggekommen bij de prognoseprocedure. Vermeldenswaard is hier dat een geluid dat 10 dB lager is dan een al aanwezig geluid slechts 1/10 van de geluidintensiteit inhoudt en dan ook ten opzichte van het bestaande geluid vrijwel verwaarloosbaar is. Samen zijn ze slechts circa 0,5 dB hoger dan het hoogste niveau alleen.

3.6 Verschillen in geluidniveaus

Een verschil van circa 1 dB in geluidniveau is in laboratorium-omstandigheden juist waarneembaar. Een verschil van circa 3 dB is in praktijksituaties nog juist relevant. Pas verschillen van meer dan 5 dB zijn in het algemeen waard om kosten en moeite aan te besteden.

3.7 Geluidniveau

In zijn dagelijkse omgeving ervaart de mens een grote variëteit van geluidniveaus. Ter illustratie is in tabel 1 een globale indicatie gegeven van optredende geluidniveaus.

binnen	db(A)	buiten
	200	vertrekken maanraket op 300 m
	160	piekniveau karabijn op 0,3 m
	140	startend straalvliegtuig op 25 m
machinekamer in onderzeeboot	120	
luidruchtige fabriek	100	helicopter op 30 m hoogte
in startend vliegtuig	90	dieselvrachtauto op 7,5 m
luidruchtige auto (100 km/u)	80	nabij drukke verkeersweg
typekamer, computerruimte	70	25 m van drukke verkeersweg
gespreksniveau (lm)	60	el. grasmaaier op 7,5 m
kantoorruimte	50	normale woonwijk overdag
rustig kantoor	40	rustige woonstraat overdag
slaapkamer	30	rustige woonstraat 's-nachts
zeer stille slaapkamer	25	op het land (zonder verkeer en wind)
omroepstudio	20	

Tabel 1. Voorbeelden van geluidniveaus

3.8 Geluidhinder

Het zou een misverstand zijn om te menen dat het geluidniveau in dB(A) rechtstreeks de mate van eventueel optredende geluidhinder zou weergeven.

Het geluidniveau in dB(A) geeft een indruk van de door de mens ervaren geluidsterkte of wel van de luidheid.

Voor de ondervonden hinder is echter niet alleen de luidheid bepalend, maar tevens de (on)gewenstheid van het geluid (fabrieksgeluid of bladgeritsel), de aard van het geluid (janken van een elektromotor of klateren van water) de omgeving waar het geluid wordt gehoord (in een auto of in de slaapkamer; in de stad of op het land) en nog diverse andere factoren, waaronder niet in de laatste plaats de persoonlijke geaardheid van de luisteraar.

Grenswaarden voor geluidniveau uit het oogpunt van hinder kunnen daardoor in het algemeen slechts betrekking hebben op ongewenste geluiden in een goed gedefinieerde omgeving en ervaren door "gemiddelde" luisteraars. Overschrijding van een dergelijke grenswaarde betekent geen scherpe overgang tussen "geen" en "wel" geluidhinder, maar een op diverse gronden vastgestelde overgang tussen "aanvaardbare" en "niet aanvaardbare" kans op geluidhinder.

Er bestaan wettelijke regelingen waarin bepalingen voorkomen waarmee, door het stellen van grenswaarden, geluidhinder kan worden bestreden.

De Hinderwet bevat een aantal bepalingen dat moet voorkomen dat bedrijven naar buiten gevaar, schade of hinder (waaronder geluidhinder) veroorzaken. De categorieën van bedrijven die onder de Hinderwet vallen, worden opgesomd in het Hinderwetbesluit. De vergunningverlenende instantie, meestal het gemeentebestuur, koppelt aan de vergunning voorwaarden ter beperking van geluidhinder. Daarbij wordt doorgaans uitgegaan van de aanbeveling van de International Organization for Standardization ISO/R 1996 "Assessment of noise with respect to community response". De directe toepassing van deze ISO-aanbeveling is te vinden in de circulaire "Geluidhinder 1973" van het Directoraat-Generaal voor de Milieu-hygiëne van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne. Aan deze circulaire is tabel 2 ontleend, waarin grenswaarden voor zogenaamde "nieuwe situaties" worden gegeven. De toepassing kan door verschillen in interpretatie per gemeente en per regio tot enigszins verschillende grenswaarden leiden.

aard van de woonomgeving	aanbevolen grenswaarden dB(A)		
	dag	avond	nacht
1. landelijke omgeving (ook voor herstellingsoorden en stille recreatie)	40	35	25
2. rustige woonwijk, weinig verkeer	45	40	30
3. woonwijk in stad	50	45	35
4. woonwijk nabij hoofdweg, drukke spoorlijn; woonwijk in stad met enkele werkplaatsen of bedrijven	55	50	40
5. stadscentrum (bedrijven, handel, kantoren, vermaakcentra)	60	55	45
6. gebied met voornamelijk zware industrie	65	60	50

Tabel 2 . Aanbevolen grenswaarden voor de woonomgeving volgens circulaire "Geluidhinder 1973"

Onder nieuwe situaties worden in de brochure "Geluidhinder 1973" verstaan die situaties waarbij ontwerp, constructie of planning van de geluidbron, van de geluidgevoelige bestemming of van beide nog veranderd kan worden (zonder buitensporige maatregelen) zodat aan de aanbevolen grenswaarden kan worden voldaan. Voor rioolwaterzuiveringsinrichtingen (<100.000 i.e.) is voor de continu werkende delen de nachtwaarde bepalend.

Een aantal specifiek geluidhinderlijke categorieën inrichtingen, waarvoor de Hinderwet een niet voldoende instrumentarium tegen geluidhinder biedt, is onder de werking van de per 16-2-1979 van kracht geworden Wet geluidhinder gebracht.

Het gaat hierbij met name om het onderdeel industrielawaai, waarbij voor de zogeheten A-inrichtingen ("grote lawaaimakers") waarschijnlijk met ingang van najaar 1982 een vergunningplicht ingevolge de Wet geluidhinder gaat gelden.

Het kenmerk van deze A-categorie van bedrijven is dat ook na toepassing van technische geluidemissie-beperkende maatregelen aan de bron ("best particulate means"), de geluiduitstraling rond deze bedrijven zo hoog is dat de naaste omgeving minder geschikt is voor bewoning. De emissiecontour, die de etmaalwaarde 50 dB(A) aangeeft, ligt buiten de grenzen van het bedrijfsterrein.

Tot de categorie A-inrichtingen worden gerekend inrichtingen voor het reinigen van afvalwater met een capaciteit van meer dan 100.000 i.e., die gebruik maken van waterstraal- of oppervlaktebeluchters. (Staatsblad 671: Besluit categorie A-inrichtingen Wet geluidhinder van 15 oktober 1981).

Als toetsteen bij de beoordeling van de toelaatbaarheid van industrielawaai wordt het referentieniveau van het omgevingsgeluid gebruikt, nl. een gemiddeld geluidsniveau van 50 dB(A) overdag en van 40 dB(A) 's-nachts. Vooruitlopend op de geluidhindervergunningplicht wordt hiermee reeds gewerkt; in toenemende mate ook voor normaal hinderwetplichtige inrichtingen.

In tabel 3, welke is ontleend aan de brochures "Samenvatting van de Wet geluidhinder" en "Industrielawaai" van het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne zijn de grenswaarden binnen een vast te stellen zone weergegeven.

Uit het voorgaande blijkt dat geen éénduidige grenswaarde voor geluid kan worden opgegeven. Uit de praktijk van de afgelopen jaren blijkt dat de meeste opgelegde grenswaarden bij nieuwe rwzi's zich bevinden in het bereik van 30, 35 of 40 dB(A).

De keuze van de uiteindelijke grenswaarde wordt door de vergunningverlenende overheid gedaan.

Bij die keuze speelt het zogenaamde achtergrondgeluidniveau of 95% - niveau (L₉₅) - een belangrijke rol. Het L₉₅ is het geluidniveau dat 95% van de tijd wordt overschreden, en komt ongeveer neer op het minimaal optredend niveau bij afwezigheid van de beschouwde (potentiële) geluidbron.

Het kan voor de ontwerper nuttig zijn om zelf reeds een bepaling van het achtergrondniveau (referentiekader) te (doen) verrichten*. De Wet geluidhinder kan dit (artikel 73) verplicht stellen.

* De uitvoering van deze soort metingen wordt beschreven in het rapport "Richtlijnen voor karakterisering en meting van omgevingsgeluid" no. IL-HR-15-01 van de Interdepartementale Commissie Geluidhinder. Uitgave door het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

		grenswaarden als etmaalwaarde in dB(A)		
situatie	stadium woning	nog niet in aanbouw	in aanbouw of aanwezig	
nieuw industrie-terrein	maximum buiten woning	50	50	
	maximum na onthef-fing buiten woning	55	60	
	binnen woning bij gesloten ramen	35	35	
bestaand industrie -terrein	maximum buiten woning	50(55)	50	55 ¹ 55 ²
	maximum na onthef-fing buiten woning	55	60	65 ²
	binnen woning bij gesloten ramen	35	35	40 ²

Tabel 3. Grenswaarden voor geluidbelasting van woningen binnen een geluidzone rondom een industriële vestiging

¹ De tussen haakjes geplaatste waarden in tabel 3 gelden wanneer de heersende geluidbelasting ten tijde van de eerste zonevaststelling reeds hoger is dan 55 dB(A).

² Alleen bij "saneringsgevallen". Hiervan is sprake indien de heersende geluidsbelasting ten tijde van de eerste zonevaststelling hoger is dan 55 dB(A).

4 GELUID VAN PUNTBELUCHTERSISTEMEN

4.1 Algemeen

Bij een puntbeluchtersysteem is sprake van drie min of meer te onderscheiden geluidbronnen: de aandrijfmotor, de overbrenging (tandwielkast) en het spattende water. Tezamen bepalen deze geluidbronnen het geluidniveau in de omgeving. De bijdrage van deze drie bronnen is zeer ongelijk. Verreweg de belangrijkste bron is het spattende water. De motor en vooral de overbrenging zijn 10 à 20dB(A) stiller. Door de plaatsing van de aandrijving (in het volle zicht en gehoor) ten opzichte van het (afgeschermd) water is buiten de inrichting het verschil minder groot, maar bijna steeds zal toch het watergeluid de overhand hebben.

Uit een inventarisatie van geluidniveaus nabij ruim 20 inrichtingen met puntbeluchters is figuur 2 samengesteld, bevattende gemeten geluidniveaus met één puntbeluchter in werking. Van elke gemeten puntbeluchter is daarbij het veroorzaakte geluidniveau op een reeks afstanden bepaald.

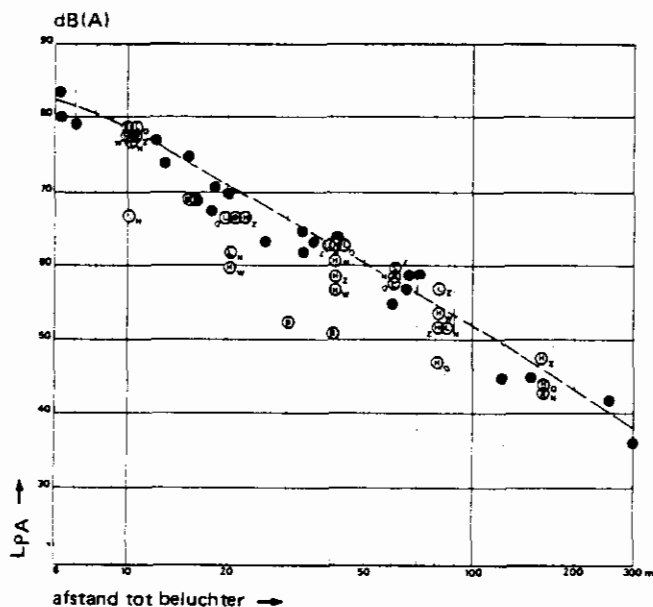


Fig. 2. Geluidniveau ten gevolge van één beluchter (diverse inrichtingen)

De spreiding in deze metingen is, behalve van verschillende meteorologische condities, tevens afhankelijk van factoren als motorvermogen, pompdiepte, type bassin etc. In het volgende is getracht deze afzonderlijke invloeden nader te specificeren.

4.2 Geluidniveaus zonder additionele maatregelen

4.2.1 *motor*

Figuur 3 geeft het geluidvermogenniveau na rekenkundige correctie in dB(A) weer van motoren met verschillend (geïnstalleerd) vermogen P_m .

Er is met enige goede wil een verband tussen geluid- en motorvermogen te leggen, maar anderzijds blijkt dat dit nauwelijks opgaat als men alleen het belangrijke gebied van motorvermogens tussen 35 en 100 kW beschouwt.

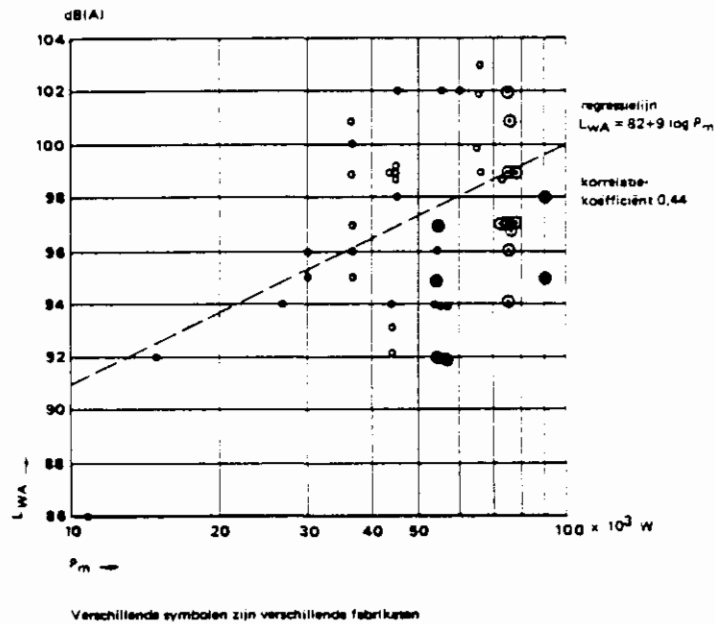


Fig. 3. Geluidvermoggenniveau in dB(A) van beluchtermotoren als functie van het vermogen P_m

In dat gebied zijn de verschillen binnen één type motor (op één inrichting konden soms 6-10 motoren van hetzelfde type worden gemeten) van dezelfde orde van grootte als de verschillen tussen de typen met ongelijk vermogen. Nagenoeg alle motoren hebben een geluidvermoggenniveau van $L_{WA} = 97 \pm 5$ dB(A).

Het corresponderend geluid(druk)niveau L_{pA} op 1 m vanaf het contour van de motor is te vinden in figuur 4.

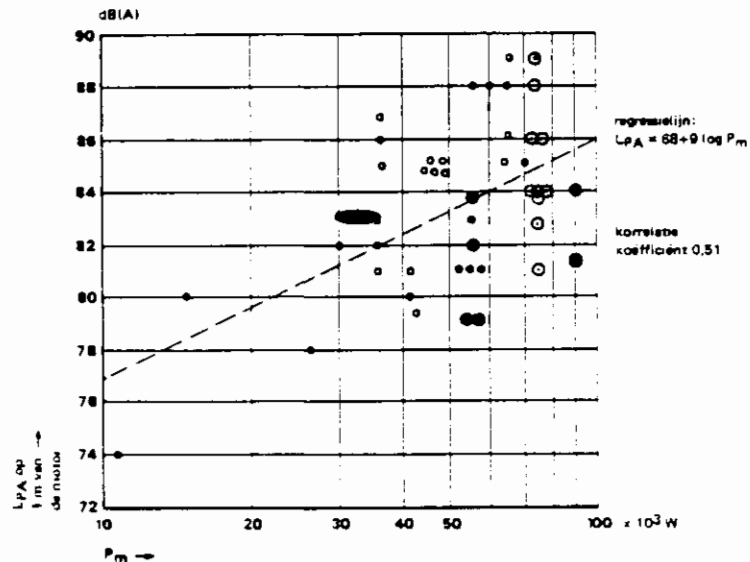


Fig. 4. Geluidniveau in dB(A) op 1 m vanaf beluchtermotoren als functie van het vermogen P_m .

Bijna alle motoren liggen binnen de range van $L_{pA} = 84 \pm 5$ dB(A), op 1m. Zeer voorzichtig (in verband met de kleine steekproef) valt af te lezen

dat binnen de standaardproducties van elektromotoren relatief stille exemplaren in de handel verkrijgbaar zijn.

Het spectrum van het motorgeluid, gemiddeld per fabrikaat is weergegeven in figuur 5.

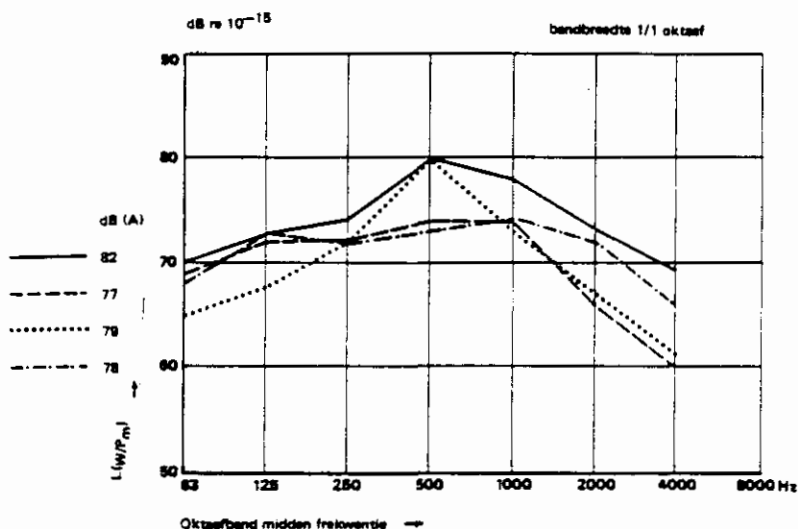


Fig. 5. Gemiddelde spectra van motorgeluid, uitgewerkt als niveau van geluidvermogen

- Haemaf motoren (gemiddeld over 27 exemplaren)
- - - Schorch motoren (gemiddeld over 6 exemplaren)
- A.E.G.-motoren (gemiddeld over 10 exemplaren)
- . - . B.B.C.-motoren (gemiddeld over 4 exemplaren)

4.2.2 tandwielkast

De figuren 6 en 7 zijn gelijk aan de figuren 3 en 4, maar ditmaal voor de tandwielkasten.

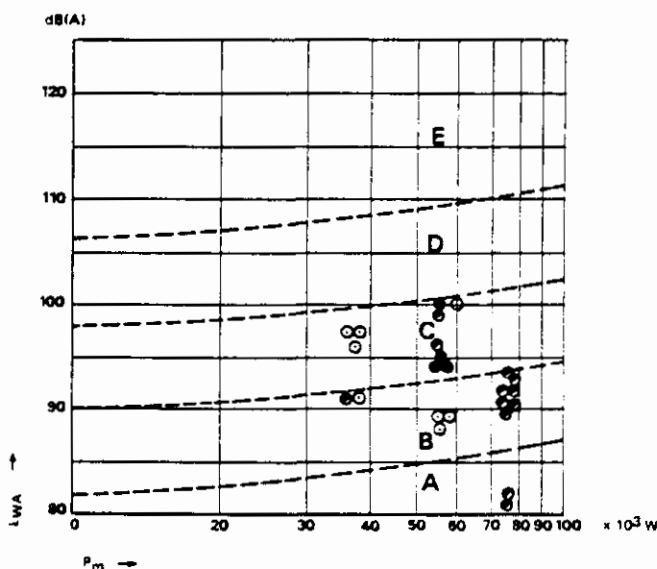


Fig. 6. Geluidvermogeniveau in dB(A) van tandwielkasten als functie van het vermogen P_m

KWALITEITSKLASSEN volgens VDI 2159.

- A - Bij de huidige stand van de techniek niet te bereiken, kan slechts m.b.v. secundaire akoestische voorzieningen bereikt worden.
- B - Slechts met zeer nauwkeurige fabricagemethoden te bereiken.
- C - Met nauwkeurige fabricagemethoden te bereiken.
- D - Met normale fabricagemethoden te bereiken.
- E - Bij de huidige stand van de techniek te vermijden.

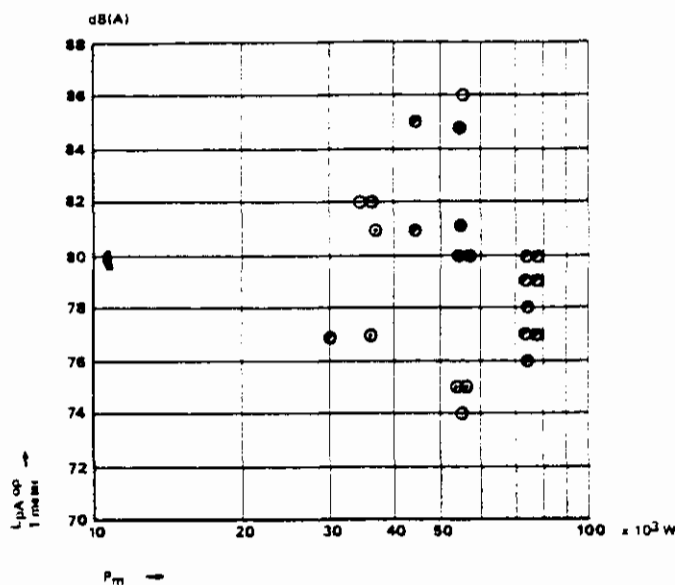


Fig. 7. Geluid(druk)niveau op 1 m vanaf tandwielkasten als functie van het vermogen P_m

Een rechtstreeks verband met het geïnstalleerd motorvermogen is hier helemaal niet waarneembaar. De verschillen binnen één type kast zijn ook hier groot. De kasten voor een vermogen van 30-100 kW leveren bijna alle een geluidvermogeniveau in de range van $L_{WA} = 94 \pm 6$ dB(A), wat neerkomt op een geluiddruk-niveau van $L_{pA} = 80 \pm 6$ dB(A) op 1 m.

Vergeleken met de kwaliteitsklassen voor tandwielkasten uit VDI 2159 (fig. 6) blijkt dit een relatief goede kwaliteit te vertegenwoordigen.

Een gemiddeld spectrum van het tandwielkastgeluid is weergegeven in figuur 8; het maken van een onderscheid naar de verschillende fabrikaten is dus als weinig zinvol achterwege gelaten, gezien de geringe omvang van de steekproef.

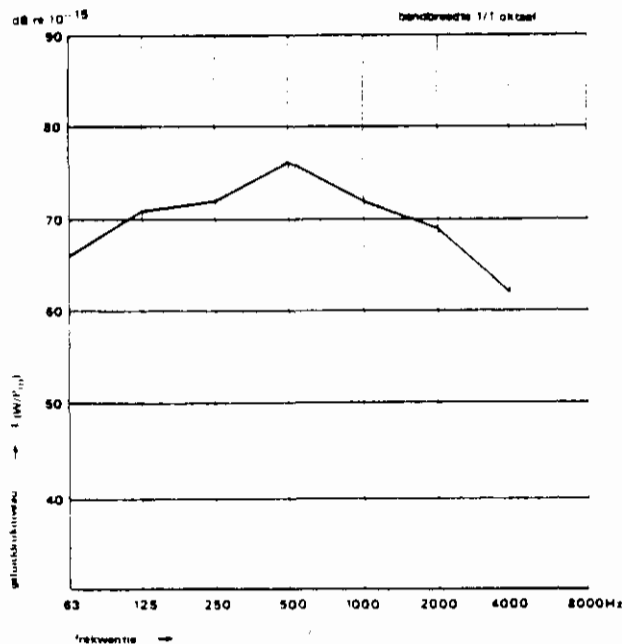


Fig. 8. Gemiddeld spectrum van tandwielkastgeluid, uitgedrukt als niveau van geluidvermogen per kilowatt motorvermogen

4.2.3 spattend water

Bepaling van het geluidvermogeniveau van spattend water is zeer complex. Een dergelijke bepaling heeft alleen plaatsgevonden bij drie speciaal voor dit onderzoek geselecteerde inrichtingen. Voor deze inrichtingen bleek het geluidvermogeniveau $L_{WA} = 110, 110$ en 111 dB(A) te bedragen. Vroegere bepalingen (minder nauwkeurig en vermoedelijk met een systematische afwijking naar beneden) aan meer inrichtingen gaven geen duidelijk verband met het geïnstalleerde elektrische vermogen te zien; men mag er daarom van uit gaan dat zo'n verband er niet is. Wel bleek uit de vroegere bepalingen een spreiding van ± 3 dB(A) rond het gemiddelde geluidvermogeniveau.

In figuur 9 zijn de vroegere metingen samengevat; de absolute hoogte van de vermogeniveaus is daarbij niet geheel nauwkeurig bepaald.

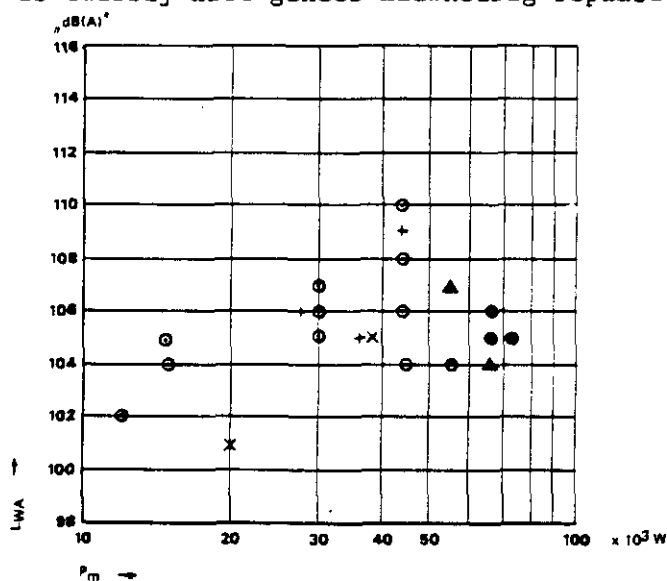


Fig. 9. Geluidvermogeniveau in dB(A) van watergeluid (N.B. Oudere metingen; absolute hoogte niet geheel maatgevend)

In de spectra van het spattende water (fig. 10) blijken per inrichting afwijkingen op te treden.

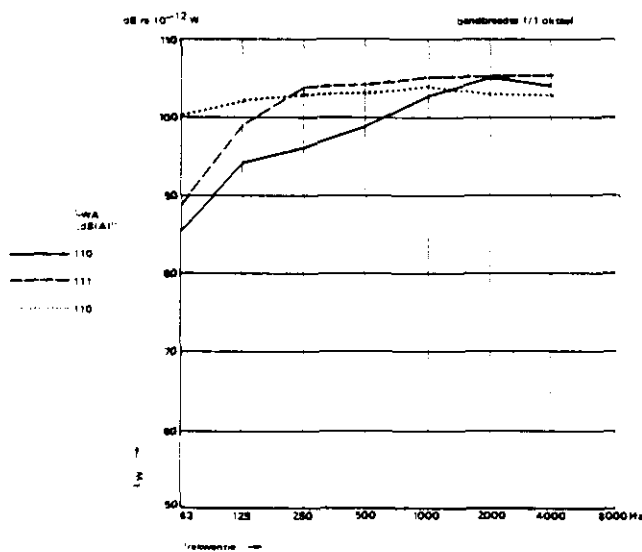


Fig. 10. Geluidvermogeniveaus in dB(A) en spectra van watergeluid; nauwkeurige bepaling

Vrijwel alle spectra zijn vlak, dat wil zeggen dat tussen circa 125 en 4000 Hz in alle oktaven ongeveer even veel geluidenergie aanwezig is. Bij twee der inrichtingen bleek echter een afwijkend spectrum op te treden. In deze beide gevallen bleek het spectrum minder lage tonen te bevatten; in één geval alleen voor zover het extreem lage tonen betreft, in het andere geval is het gehele spectrum "aflopend" naar de lage frequenties. Dit verschijnsel is mogelijk verklaarbaar uit verschillende spatpatronen: bij visuele waarneming worden enigszins afwijkende spatpatronen geconstateerd, maar aangezien het vóórkomen van bepaalde spatpatronen niet voorspelbaar is, wordt het vooralsnog niet mogelijk geacht de spectrale verdeling te voorspellen. De dB(A) waarde is ondanks dat wel voorspelbaar, waarbij vrijwel in alle gevallen het hoogfrequente geluid bepalend is voor de subjectieve indruk.

De invloed van de dompeldiepte op het geluidniveau blijkt zich praktisch te beperken tot de lage frequenties, met als gevolg dat weliswaar het geluidsspectrum met de dompeldiepte verschilt, maar deze invloed maximaal 2 dB(A) bedraagt.

Op grond van o.a. deze recente onderzoeken kan geconcludeerd worden dat het geluidvermogeniveau van het spattende water van één puntbeluchter $110 + 3$ dB(A) bedraagt: dit geluidvermogeniveau blijkt onafhankelijk van het geïnstalleerde elektrische vermogen van de puntbeluchter.

4.2.4 *ruimtelijke uitbreiding*

Voor een puntvormige geluidbron is de uitbreiding van het geluid in de vrije ruimte betrekkelijk goed te berekenen. Complicaties in zo'n berekening kunnen zich voordoen wanneer de geluidbron onvoldoende als puntbron kan worden beschreven.

In het geval van het spattende water is bepaald geen sprake van een puntbron. Ook naar gelang de bassinvorm (reflecterende wanden e.d.) is een verschillend gedrag van de geluiduitstraling te verwachten.

Deze effecten zijn uitgebreid onderzocht. Het blijkt dat deze verschillen in gedrag inderdaad waarneembaar zijn, maar dat op iets grotere afstanden (daar waar men woningen van derden mag verwachten) deze verschillen worden overheerst door invloeden van terreinomstandigheden en bebouwing op de inrichting zelf, alsmede door invloeden van meteorologische omstandigheden zoals windgradiënten en temperatuurgradiënten.

Voor de ontwerper van de inrichting is het van belang om te weten dat de uitstraling in de lengterichting van een rechthoekige bak iets groter is dan in de dwarsrichting en dat de uitstraling bij een carrousel naar de "voet" van het bassin iets groter is dan naar de drie overige richtingen. Het exact kwantificeren van dat verschil in combinatie met overige factoren is echter een zaak van de akoestisch specialist.

In figuur 2 zijn metingen op verschillende afstanden van telkens één werkende puntbeluchter weergegeven. Het gaat daarbij om metingen in verschillende (wind)richtingen en bij verschillende opgenomen motorvermogens. Voor de ontwerper is in dit verband het belangrijkste gegeven, welk maximaal geluidniveau normaliter te verwachten is, op enige afstand van de inrichting. Op dit facet wordt in hoofdstuk 5.2 (pp. 21 - 23) teruggekomen.

4.3 Geluidniveaus met additionele maatregelen

4.3.1 *motor en tandwielkast*

De mogelijkheden van geluidbeperking door directe ingrepen aan een motor zijn vrij klein; dergelijke ingrepen hadden al in het motorontwerp of uiterlijk tijdens de fabricage moeten worden gepleegd.

Dergelijke ingrepen kunnen ertoe leiden dat - mits er in het bestek om is gevraagd - motoren met maximaal 75 à 80 dB(A) op 1 m worden geleverd: dat kan gepaard gaan met hogere kosten.

Zijn nog lagere waarden vereist dan zijn verdere maatregelen in de vorm van omkastingen of eventueel afschermingen nodig. (Gaat men eenmaal tot omkasting over dan kan het goedkoper zijn om die omkasting alle reductie te laten leveren en dus geen stillere en daardoor vaak duurdere motoren, toe te passen).

Afscherming

In uitzonderingsgevallen kan afscherming van het motorgeluid voldoende zijn om geluidhinder te voorkomen. Dat zal echter in het algemeen alleen mogelijk zijn wanneer slechts in één bepaalde richting geluidhinder te verwachten is, zodat de geluidenergie zonder bezwaar in die ene richting kan worden afgeschermd, met als gevolg een gelijke of zelfs iets verhoogde uitstraling in andere richtingen.

Een afscherming naar alle richtingen (m.a.w. vier wanden zonder dak) verschilt in uitvoering zo weinig en in effect zoveel van een complete omkasting, dat die tussenvorm voor zover bekend nog nimmer is toegepast.

Daarbij moet worden opgemerkt dat tot nu toe alleen maatregelen zijn getroffen waar duidelijke geluidproblemen waren, zodat steeds een groot akoestisch effect nodig was. In minder kritische gevallen kan het wel eens handig zijn om in het ontwerp al wel op vier wanden te rekenen, maar het dak nog afhankelijk te stellen van het eindresultaat. Zolang geen dak nodig is zal in een aantal gevallen namelijk ook geen extra ventilatievoorziening voor de aandrijving nodig zijn.

Isolatie (omkasting)

In dit onderzoek zijn meetresultaten geïnventariseerd van toegepaste omkastingen om een motor + een tandwielkast. Afhankelijk van de opbouw van de omkasting zijn reducties tot 15 à 20 dB(A) gemeten. Figuur 11 geeft de mate van reductie weer van een viertal omkastingen als functie van de frequentie. Welke reductie uiteindelijk kan worden gerealiseerd hangt echter ten nauwste samen met o.a. de bouwkundige uitvoering van de installatie, d.w.z. constructiewijze van brug over bordes enzovoorts.

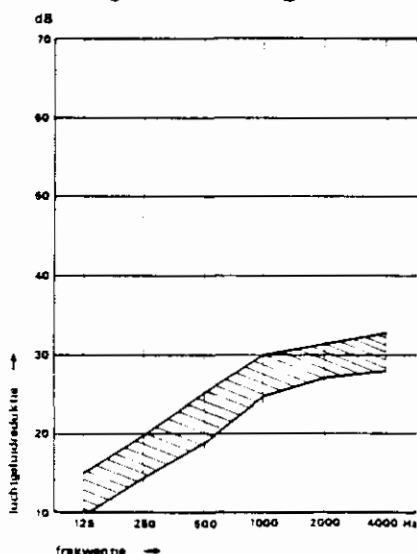


Fig. 11. Geluidreductie van diverse in de praktijk gemeten omkastingen om motor + tandwielkast

Het betreft hier dus de reductie van het naar de omgeving gestraalde geluidvermogen voor zover afkomstig van de motor en tandwielkast samen. Om tot dit resultaat te komen moesten veelal correcties op de meetwaarden worden uitgevoerd om voor de invloed van het watergeluid te corrigeren. Alle gemeten omkastingen waren later aangebrachte, betrekkelijk lichte constructies. De waarden tot 20 dB(A) reductie zijn daarom niet geheel kenmerkend voor wat in extremo mogelijk is. Indien de brugconstructie zwaar genoeg is om een omkasting van beton of metselwerk (met adequate demping in ventilatie-openingen) te dragen dan zijn reducties van 25 á 30 dB(A) zeker mogelijk. Zie daartoe 5.5 (pp. 25 - 27).

4.3.2 *spattend water*

Aangezien het watergeluid dominant is, mag men niet verwachten dat een omkasting van motor en tandwielkast het totale geluid van de inrichting op enige afstand wezenlijk zal beïnvloeden. Een goed voorbeeld hiervan gaf de zuivering, waar alleen een omkasting werd geplaatst. De omkasting reduceerde het mechanisch geluid met ca. 15 dB(A); het totale geluidniveau werd echter niet beïnvloed (zoals blijkt uit de figuren 12 en 13).

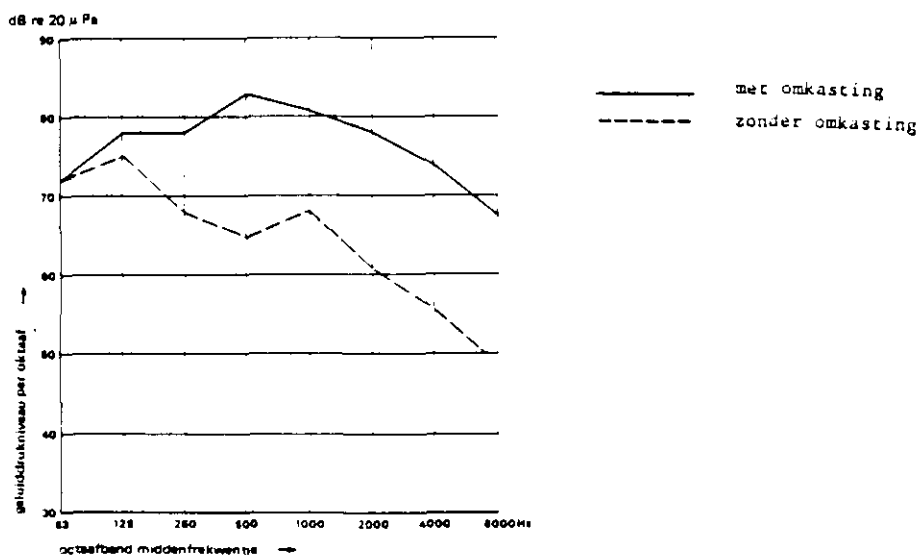


Fig. 12. Praktijkgeval: geluidreductie van motorgeluid door omkasting (niveau op 1 m)

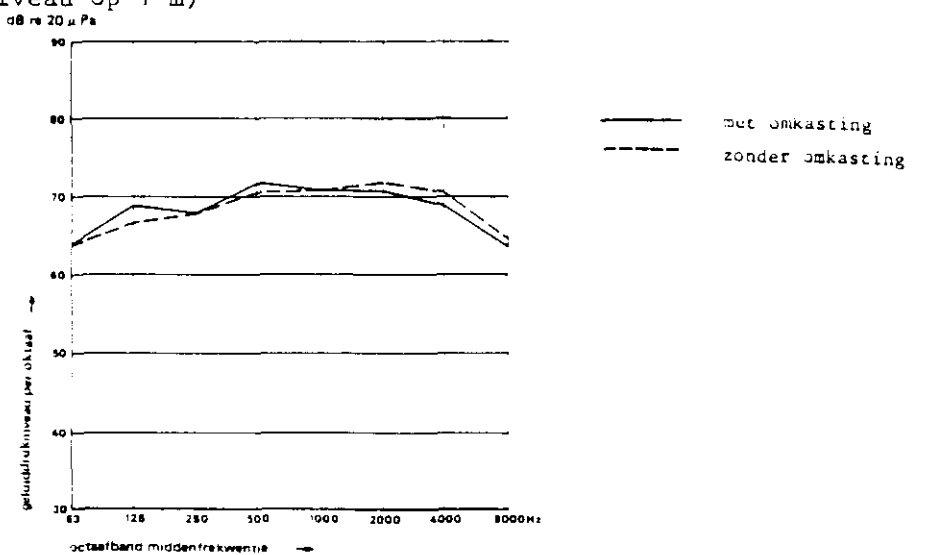


Fig. 13. Praktijkgeval: water + motorgeluid op 10 m.

De hinder kan desalniettemin toch verminderd zijn doordat bijvoorbeeld hoorbare "janktonen" van de motor gereduceerd kunnen worden en een meer aanvaardbaar "geklater" resteert.

Afscherming

Indien men het watergeluid zelf wil reduceren zou men de bassinrand kunnen verhogen om aldus meer afscherming te bereiken. Op grotere afstanden, en vooral zodra enige meteorologische invloed bij de overdracht een rol speelt, blijkt de bereikte reductie echter marginaal te zijn. Dit wordt mede veroorzaakt doordat de afschermdende bassinrand niet dichter dan 5 à 10 m bij de geluidbron kan staan en toepassing van absorberende schermen in het natte en spattende milieu problematisch is.

Voor zover bekend is in Nederland nergens een extra hoge bassinrand toegepast om geluidproblemen te voorkomen.

Isolatie (afdekking)

Een andere mogelijkheid is isolatie, het beluchten van het water binnen een geheel gesloten ruimte. Het probleem waar men daarbij op stuit is de beluchting. Complete geluidisolatie betekent in uiterste vorm de onmogelijkheid van beluchting. Het zal dus duidelijk zijn dat bij de isolatie van het watergeluid altijd aandacht moet worden besteed aan (zodanig geluiddempende) luchttoevoeropeningen. De ervaring tot nu toe leert dat dergelijke openingen beslist niet groot hoeven te zijn. In feite is nog in geen enkel geval vermindering van de zuurstofinbreng aangetoond, ondanks soms vergaande afsluiting van het wateroppervlak. De minimaal noodzakelijke luchttoevoer is derhalve nog niet bepaald. Hierop wordt teruggekomen in 5.5 (pp. 25 - 27).

Op deze plaats is het van belang om de resultaten weer te geven van maatregelen tegen watergeluid, die op enkele inrichtingen werden getroffen.

Carrousel

Bij enkele carrousel is de beluchttingszone afgedekt, door houten delen of betonplaten van de brug naar de bassinrand te leggen, zoals in figuur 14 is aangegeven.

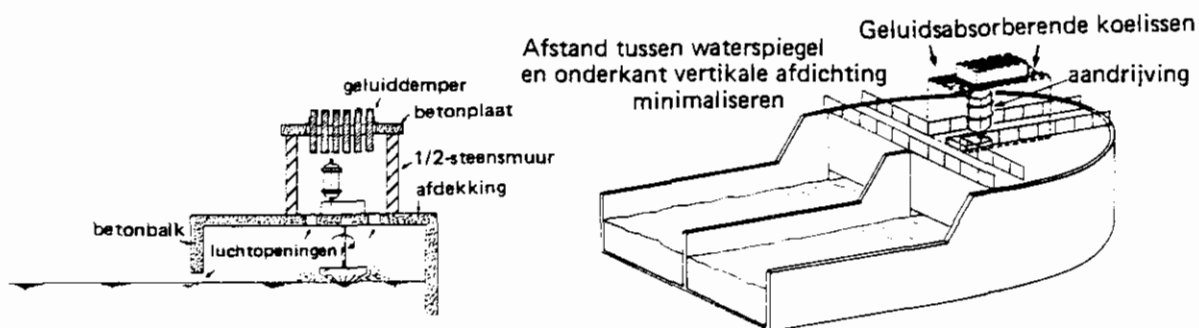


Fig. 14. Mogelijkheden voor geluidreductie bij een carrousel

Met name aan de "achterzijde" en opzij heeft dit een gunstig effect (zie tabel 4, p. 18).

Zolang echter alleen een horizontale afdekking wordt toegepast zal alle geluidenergie een uitweg zoeken in de richting van de voet van de carrousel. In figuur 15 blijkt dan ook dat in die richting de geluid-uitstraling door de afdekking wordt verhoogd.

situatie t.a.v. watergeluid		L_{eq} in dB(A) op ca. 64 m
beluchtingszone niet afgedekt	richting voet	ca. 57
	richting opzij	ca. 47
	richting kop	ca. 45
beluchtingszone horizontaal afgedekt	richting voet	ca. 60
	richting opzij	ca. 41
	richting kop	ca. 35
beluchtingszone horizontaal afgedekt, verticale opening tot ca. 0,1 m beperkt	richting voet	ca. 53
	richting opzij	ca. 37
	richting kop	ca. 35

Tabel 4. Watergeluid gemeten op 64 m afstand van één beluchter

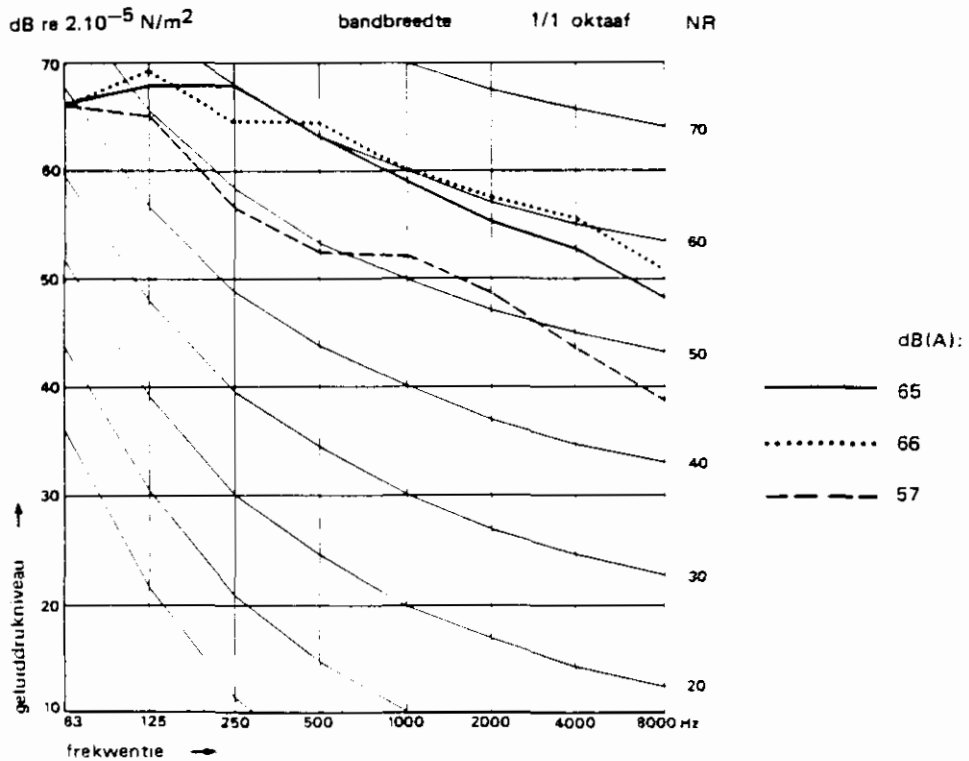


Fig. 15. Praktijkgeval: geluidniveau aan de voet van een carrousel; effect van afdekking van watergeluid

Gegevens meetplaats: in bakrichting, aandrijving omkast

- Geen afdekking
- Alleen horizontale afdekking
- - - Horizontale + verticale (10 cm spleet) afdekking

De logische consequentie is dat tussen brug en wateroppervlak nog een verticale afdichting nodig is. Figuur 15 geeft tevens het resultaat weer van een afdichting tot op circa 10 cm boven het wateroppervlak. Bij de bedoelde inrichting bestaan horizontale afdekking en verticale afdichting uit circa 2 cm dik hout. Uitvoering in beton biedt een grotere massa en dus een grotere isolatie. Naar de voet van de carroussel blijft echter de opening boven het water bepalend voor de geluiduitstraling. Er zijn nog geen installaties waarbij ook die opening is afgedicht. (Zie verder 5.4 (pp. 24 en 25).

Bak

Bij een vierkante of rechthoekige bak is afdekking van de gehele bak bijzonder kostbaar en gecompliceerd door de afmetingen van de overspanningen. Voor zover bekend bestaat slechts één bak met complete afdekking. Door o.a. de rumoerige omgeving ter plaatse zijn van dat geval geen exacte resultaten bekend. Bij een andere inrichting is in de bakken wel een ander type afdekking toegepast, namelijk een verlengde spatkap, die tot in het water reikt (fig. 16).

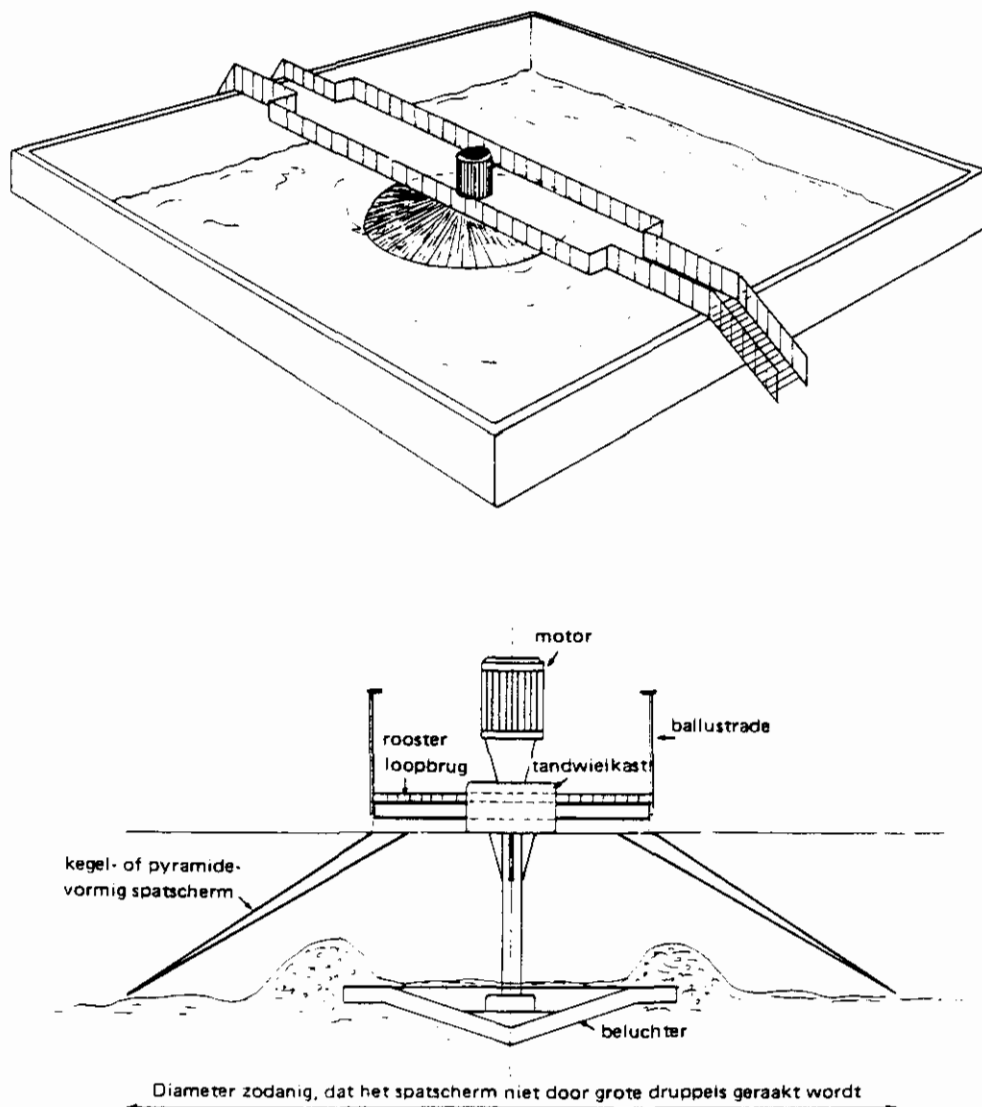


Fig. 16. Mogelijkheden voor geluidreductie in een bak

Ook bij een carrousel is zoiets toegepast. De resultaten van die maatregel zijn te vinden in figuur 17.

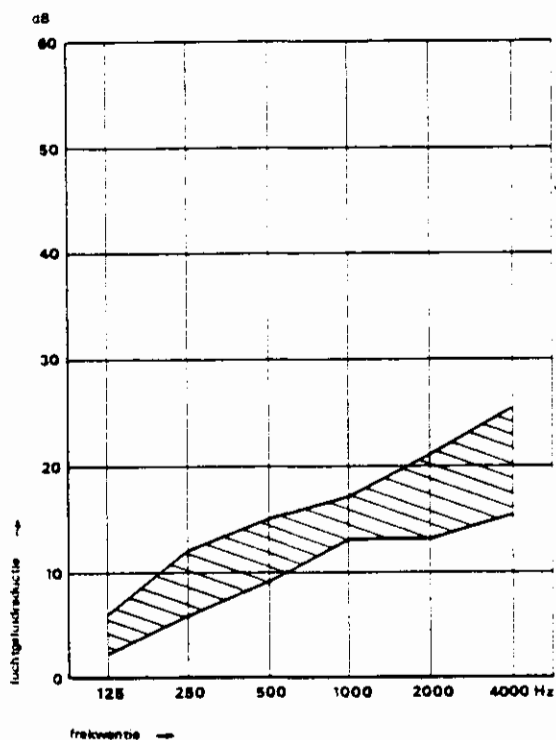


Fig. 17. Geluidreductie van diverse in de praktijk gemeten spatschermen

Daar de constructie beperkingen oplegt aan de massa van de kap is ook de geluidisolatie aan beperkingen onderhevig; anderzijds is bij deze kapvorm aangetoond dat doortrekken tot in het water geen nadelig effect heeft op de zuurstofinbreng. Belangrijk is bij het ontwerp dat de kap niet rechtstreeks wordt aangestoten door watergolven.

5 RICHTLIJNEN VOOR HET ONTWERP

5.1 Overige geluidbronnen op een rwzi

Dit onderzoek heeft zich beperkt tot vaste puntbeluchters en niet tot andere beluchtingssystemen. Uit de algemene ervaring valt niettemin wel enige indicatie te geven over het geluid daarvan zonder een en ander te kwantificeren.

Beluchting met perslucht, ingebracht via bellen onder in het aëratiebasin kent twee geluidbronnen: het persluchttransport en de bellenbeluchting zelf.

Bij voldoende lage luchtsnelheden en vooral door het voorkomen van turbulentie hoeft het persluchttransport geen probleem te vormen. Een goede isolatie van het persluchtkanaal (desnoods ondergronds) is goed uitvoerbaar.

Bij de bellenbeluchters is de geluidproduktie sterk afhankelijk van afmeting en inblaassnelheid van de bellen. Bepaalde systemen met grote bellen kunnen dezelfde geluidproduktie hebben als puntbeluchters; andere systemen met fijne bellen kunnen daarentegen zeker zo'n 20 dB(A) stiller zijn dan de grote bellen.

Beluchting met borstels en mammoetrotoren is vooral qua watergeluid van dezelfde orde als puntbeluchting.

Beluchting met straalbeluchters lijkt (mede door het grote aantal geluidbronnen) vooralsnog luidruchtiger dan puntbeluchting.

Beluchting door wateruitstroming op een oxydatiebed kan een vrijwel geruisloos systeem zijn.

5.2 Eenvoudige prognose-procedure

Wanneer vermoed kan worden dat door de toepassing van puntbeluchters geluidhinder kan ontstaan voor de omgeving, is het dienstig om door middel van een eenvoudige prognose-procedure vast te stellen welke geluidniveaus bij geluidgevoelige bebouwingen in de omgeving zich kunnen gaan voordoen. Door deze prognose-procedure kan men dan voorspellen welk redelijkerwijs maximaal geluidniveau ter plaatse van een geluidgevoelige bestemming is te verwachten (onder "redelijkerwijs maximaal" wordt verstaan dat bijvoorbeeld geen onnodig "jankende" motoren worden toegepast).

De procedure verloopt als volgt:

- bepaal de afstanden van de afzonderlijke beluchters tot de dichtsbijzijnde woningen of andere plaatsen waarop men het te verwachten geluidniveau wil berekenen;
- lees in figuur 18 het maximaal te verwachten geluidniveau per beluchter bij de gevonden afstand af;
- tel deze geluidniveaus bij elkaar op tot het totaal veroorzaakte geluidniveau, door successievelijk steeds twee geluidniveaus bij elkaar op te tellen volgens de procedure van figuur 19 (zie ook 3.5, pp. 23 en 24).

Indien slechts het terrein bekend is en nog niet de plaats van de beluchters zal men de prognose nog grover moeten uitvoeren door uit figuur 18 het niveau van één beluchter af te lezen op een afstand gerekend tot een gemiddelde fictieve plaats van de beluchters. Om vervolgens het totaal niveau van alle beluchters te berekenen moet aan de gevonden waarde een correctie worden toegevoegd die afhankelijk is van het totaal aantal beluchters (tabel 5).

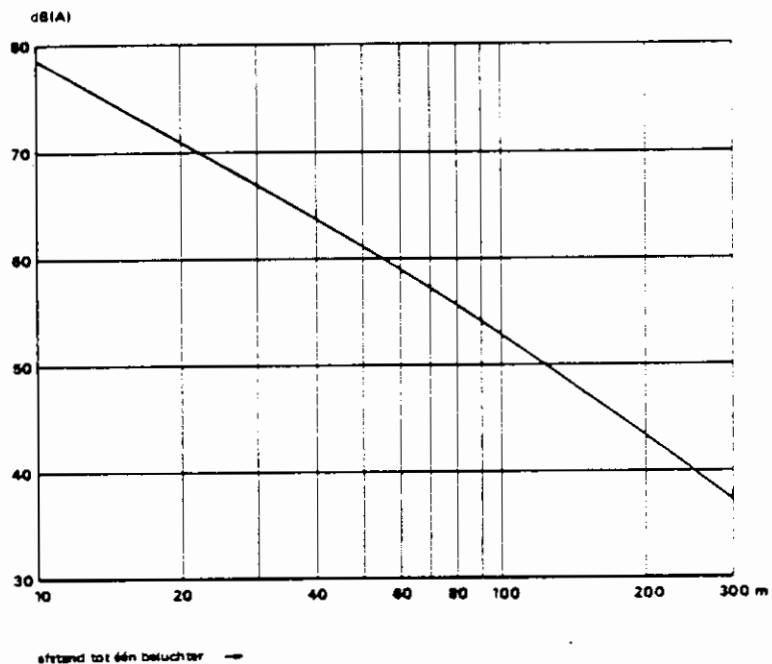


Fig. 18. Maximaal te verwachten geluidniveau t.g.v. één belufter
(globale prognosemethode)

- N.B. - niet neutrale weercondities
 - andere ontvanghoogten dan circa 1,5 m
 - richtingseffecten
 - afscherming enzovoorts
 kunnen het geluidniveau beïnvloeden

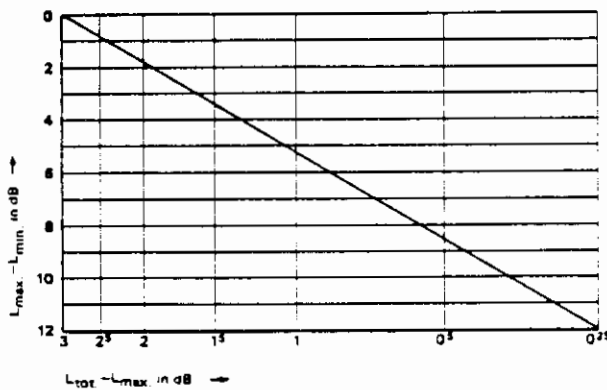


Fig. 19. Berekening van een totaalniveau als combinatie van twee bekende niveaus (L_{max} en L_{min})

aantal beluchters	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
correctie dB(A)	+ 0	3	5	6	7	8	8,5	9	9,5	10

Tabel 5. Correctie afhankelijk van aantal beluchters.

In beide gevallen beperkt de prognose zich tot het redelijkerwijze maximale geluidniveau onder neutrale weersomstandigheden (geen wind, geen temperatuurinversie) en op 1 à 1,5 m boven maaiveld. Bij geringe dompediepte kan het niveau tot ca 2 à 3 dB(A) lager zijn.

Bij niet neutrale weersomstandigheden kunnen extreem grote afwijkingen (meer dan 10dB(A) zowel positief als negatief) van de prognose optreden; vooral bij controlemetingen moet hiermee rekening gehouden worden.

De Wet geluidhinder stelt vast bij welke weersomstandigheden controlemetingen plaats dienen te vinden, welke correcties daarop van toepassing zijn en voor welke weersomstandigheden een prognose moet gelden*.

In afwijking van de hier gebruikte meethoogte van 1 à 1,5 m, wordt daarbij een meethoogte van 5 m voorgeschreven, omdat daarmee een betere reproduceerbaarheid van de meetresultaten verkregen wordt; de op deze wijze gevonden niveaus zijn gewoonlijk enige dB(A)'s hoger dan die op 1,5 m. Zeker bij slaapverdiepingen van eensgezinswoningen en flatgebouwen dient daarmee rekening te worden gehouden.

Treden gecombineerde effecten op dan mogen de tendensen per effect niet zonder meer bij elkaar opgeteld worden. Zou in de prognose zo'n gedetailleerdheid verlangd worden, dan is inschakeling van een akoestisch specialist gewenst.

5.3 Invloed van vormgeving

5.3.1 *het bassin*

Hoewel uit de inventarisatie is gebleken dat er op grotere afstanden slechts marginale verschillen bestaan in het geluidniveau van diverse inrichtingen, moet toch worden bedacht dat "alle kleine beetjes helpen" en dat het voorkomen van geluidhinder veelal bestaat uit het rekening houden met zeer veel - op zichzelf niet doorslaggevende - details.

Zo moet bij een carrousel bij voorkeur de hoge bassinrand van de kop gericht zijn naar geluidgevoelige objecten, en wel des te meer wanneer de kop is afgedekt (bijvoorbeeld tegen spatten). Zo'n afdekking tegen spatten heeft naar de voet van de carrousel een geluidverhoging tot gevolg, tenzij tevens de opening tussen brug en wateroppervlak wordt verkleind (zie 4.2.2, pp. 11 en 12).

Evenzo moet bij een rechthoekige bak de lengte-as bij voorkeur niet naar geluidgevoelige objecten gericht zijn.

Voor de afscherming op zeer korte afstand kan het in een uitzonderingsgeval wel eens nuttig zijn als het bassin in zijn totaliteit hoog is gelegen; in het algemeen moet de voorkeur worden gegeven aan een zo laag mogelijk waterniveau ten opzichte van het maaiveld.

Een speciaal detail vormt soms de brugconstructie. Relatief lichte brugdelen (leuningen, metalen roosters en vooral platen) kunnen door de beluchter in trilling worden gebracht (het hoeft daarbij geen voelbare beweging te betreffen). Deze bewegende delen kunnen geluidbronnen vormen, die in ongunstige gevallen het geluidvermogen van tandwielkasten kunnen benaderen. Met name in kritische omstandigheden, waar extra geluidbestrijdingsmaatregelen nodig zijn, dienen vooral geheel metalen bruggen vermeden te worden.

5.3.2 *de inrichting*

Behalve de vormgeving van het bassin is ook de opzet van het gehele terrein van de inrichting van belang. De plaats van bedrijfsgebouw, slibin-

*Volgens: "Handleiding meten en berekenen van industrielawaai". nr. IL-HR-13-01 van de Interdepartementale Commissie Geluidhinder. Uitgave Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne.

dickers, etc. kan zowel positief (afscherming) als negatief (reflectie) de geluidsituatie buiten het terrein beïnvloeden.

Door een akoestisch deskundige zijn deze effecten te kwantificeren; voor de ontwerper moge als richtlijn gelden dat het voordelig is om bedrijfsgebouw en andere elementen (voor zover niet zelf geluidbronnen bevattend) tussen de beluchters en geluidgevoelige objecten te plaatsen. Daarbij is het van belang dat deze elementen een "gesloten front" vormen. Soms kan een toegangsweg tussen twee gebouwen een enorm geluid- "gat" vormen, terwijl een verbindingsmuur juist een grote geluidreductie zou hebben betekend.

Vooraf wanneer het bassin laag is gelegen kan in de accidentering van het terrein ook een element van geluidreductie via afscherming worden ingebouwd.

Voor effectieve afscherming is nodig (maar niet voldoende) dat de geluidbron aan het oog wordt onttrokken. Daarmee wordt echter niet de (psychologisch niet te onderschatten) onzichtbaarheid door beplanting bedoeld. Een vrij geconcentreerde ophoging (wal) nabij het bassin is effectiever dan een zacht glooiend landschap, ook al is dat laatste wellicht beplant.

5.4

Bestekseisen

Aan de leverancier(•) van electromotoren en tandwielkasten kunnen via het bestek eisen gesteld worden met betrekking tot het geluidvermogen. Dergelijke eisen moeten eenduidig, controleerbaar en haalbaar zijn. Naast de eis als zodanig zijn nog twee dingen van belang: in de eerste plaats moet uit het bestek ook het gevolg van niet voldoen aan de eis blijken; ten tweede moet de ontwerper al voor de opdracht kunnen nagaan of de leverancier aan de eisen kan voldoen. Een op elkaar afgestemde vorm van

- specificatie-voorwaarde
- geluidgrens-voorwaarde
- sanctie-voorwaarde

is onderstaand als voorbeeld weergegeven.

Specificatie

Gespecificeerd moeten worden de bovenste grenzen van het geluiddrukniveau in dB ten opzichte van $20 \cdot 10^{-6}$ Pa per octaafband (met middenfrequenties van 63 tot en met 8000 Hz) en van het geluidniveau in dB(A) alle waarden op 1 m afstand van enig punt van de contour van het aggregaat en wel afzonderlijk voor bedrijfsconditie en voor de aanloopperiode.

Grenswaarde

Het aggregaat dient onder normale bedrijfscondities op 1 m afstand van enig punt van de contour van het aggregaat geen hoger geluiddrukniveau te veroorzaken dan . . . dB(A).

Sanctie

Indien bij beproeving blijkt dat het geluidniveau - zo nodig na correctie voor door andere bronnen veroorzaakt geluid en, ingeval van de aanwezigheid van hoorbaar zuivere tonen, na toepassing van een verhoging van 5 dB(A) - de in par. . . . genoemde waarde met meer dan 2 dB(A) overschrijdt, komen alle schade en kosten, direct of indirect voortvloeiend uit het te niet doen van deze overschrijving, voor rekening van de aannemer.

De geluidmetingen zullen worden verricht overeenkomstig de norm van de ISO (International Organization for Standardization). "Acoustics-Guide to the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on man". Ref.nr. ISO 2204-1973 (E), eerste editie, mei 1973 (als nederlandse norm NEN 22204 aanvaard).

Het eerder genoemde ICG-rapport no. IL-HR-13-01 wordt ook toegepast; dit is grotendeels gebaseerd op ISO-2204-1973 (E).

Wat betreft de invulling van de grenswaarde kan normaliter 85 dB(A) worden aangehouden; in kritische gevallen is 80 dB(A) te eisen; in zeer uitzonderlijke gevallen 75 dB(A).

Controle kan in eerste instantie eenvoudig plaatsvinden door het geluidniveau in dB(A) met een dB(A)-meter op 1 m van het apparaat te bepalen, zoveel mogelijk buiten de invloed van watergeluid en geluid van andere bronnen. In verband met de interpretatie van de meetgegevens is meting door een deskundige aan te bevelen.

Meting door een deskundige is ook nodig in alle gevallen dat het aggregaat niet staat opgesteld op de uiteindelijk daartoe bestemde plaats, zoals bijvoorbeeld op de proefstand bij de fabrikant.

5.5 Geluidbeperkende maatregelen

In paragraaf 4.3 zijn resultaten weergegeven van geluidmetingen aan inrichtingen waar additionele maatregelen zijn getroffen. Daarmee is echter geen systematisch beeld gegeven van de mogelijke maatregelen. In deze paragraaf zal een dergelijk overzicht worden gegeven, zonder in dit bestek een volledig handboek lawaaibestrijding te kunnen geven. In het algemeen zal juist wanneer additionele maatregelen nodig zijn, de hulp van een deskundige gewenst zijn.

Zowel voor aandrijving als voor water is een geluidreductie van 5 tot maximaal 10 dB(A) (in uitzonderingsgevallen van uitstraling naar één richting) te bereiken via afscherpende wanden. Deze wanden zelf kunnen velerlei uitvoering hebben, mits ze een minimaal gewicht van circa 15 kg/m² bezitten en geheel dicht zijn (geen kieren, spleten of perforaties).

Wanneer de schermwanden aan meer dan één zijde zijn opgesteld zal het ter voorkoming van reflecties nodig zijn om de binnenzijde geluidabsorberend te bekleden met poreus materiaal (b.v. mineraalwol). Kant en klare elementen, zoals gebruikt langs verkeerswegen, zijn geschikt.

Wanneer geluidreductie in alle richtingen nodig is zal om de aandrijving een complete omkasting nodig zijn. Men hoede zich ervoor om dan de gewenste reductie direct te vergelijken met de opgegeven geluidisolatie R van het wandmateriaal. De geluidisolatie is een maat voor het verschil tussen de binnen op de wand vallende geluidintensiteit en de uitgestraalde geluidintensiteit. De geluidreductie daarentegen is een maat voor het verschil in de vóór en ná maatregelen uitgestraalde geluidintensiteit.

Omdat binnen de omkasting een hoger geluidniveau gaat ontstaan is de bereikte reductie altijd geringer dan de isolatie van het materiaal.

Een belangrijk hulpmiddel om de reductie te vergroten is om deze niveauverhoging binnen de omkasting zo klein mogelijk te houden. Dat gebeurt door de binnenzijde zoveel mogelijk geluidabsorberend uit te voeren.

Een goede geluidwerende omkasting is dan ook altijd inwendig bekleed met bijvoorbeeld mineraalwol, houtwolcement, variantex of dergelijke, zo nodig tegen beschadiging beschermd door middel van open latten, geperforeerd metaal, gaas, of dergelijke.

Een aantal soorten omkastingsopbouw met opklimmende geluidreductie is weergegeven in tabel 6. Ook het gewicht is in beginsel opklimmend; het zou te ver voeren om in dit bestek in te gaan op mogelijke afwijkingen van die vuistregel.

opbouw	gewicht kg (m ²)	niveau-reductie in dB(A)
- aluminium, 1 à 2 mm dik, geen absorptie	5	5
- enkelvoudig staal, ca. 1 mm dik, of kunststof, ca. 1 cm dik, geen ab- sorptie	10	10
- enkelvoudig staal, 1 mm dik of kunststof, ca. 1 cm dik, voorzien van ontdreuning en geluidabsor- berend bekleed	15 à 20 15 à 20	15 15
- enkelvoudig staal, ca. 3 mm dik of dubbelwandig staal (1 en 2 mm dik), geluidab- sorberend bekleed	25 à 30	20
- metselwerk + absorptie	>100	25 à 30

Tabel 6. Mogelijke opbouw van omkastingen met globaal te verwachten geluidreductie (mits ook ventilatie-openingen adequaat van demping zijn voorzien)

In alle gevallen moet rekening worden gehouden met de ten behoeve van koeling nodige luchttoevoer in de omkasting. De daarvoor nodige openingen zullen moeten zijn voorzien van geluiddempers, die afgestemd zijn op de geluidisolatie van de kast zelf. Indien een mechanische ventilatie nodig is zal ook rekening moeten worden gehouden met de geluidproductie van de ventilator. Een automatische signalering bij eventuele storing in de ventilatie kan nuttig zijn.

Opgemerkt moet worden dat het niet noodzakelijk is om een omkasting uit metaalplaat of dergelijke op te bouwen. Een gemetseld of betonnen huisje zal, mits inwendig bekleed, in het algemeen met meer gemak de gewenste geluidreductie opleveren. Een nadeel kan het gewicht zijn. Een mogelijk nadeel bij demontage van de totale aandrijving kan worden ondervangen door het dak als los afneembare betonplaat (eventueel met sparring ten behoeve van geluiddemper) uit te voeren.

Afdekking van het spattende water kan met een verlengde spatkap. Zie paragraaf 4.3.2. Deze zal constructief bij voorkeur zo licht mogelijk zijn, terwijl akoestisch juist veel massa nodig is.

Alhoewel nog meer ervaring met verlengde spatkappen moet worden opgedaan, is te verwachten dat met relatief lichte kappen uit een sandwich-constructie van polyester goede resultaten kunnen worden bereikt.

Afdekking van een carrousel-kop kan worden uitgevoerd met betonplaten. Indien een lichtere constructie nodig is kan soms worden volstaan met houten delen. Verticale afdichting van de opening tussen brug en wateroppervlak is steeds nodig.

Om de zuurstofinbreng te waarborgen is tot nu toe in de verticale afdichting van de carrousel circa 10 cm direct boven het water en in de hori-

zontale afdekking steeds circa 1,5 m² open gelaten.
De verwachting is gerechtvaardigd dat afdichting van ook deze laatste
10 cm (bijvoorbeeld met rubber slab en/of drijfschot) nog geen invloed
heeft op de zuurstofinbreng; dit is echter nog niet aangetoond.

Lijst van gebruikte symbolen

<u>begrip</u>	<u>symbool</u>	<u>eenheid</u>	<u>dB gerefereerd aan</u>
geluiddruk	p	Pa	-
geluidintensiteit	I	W/m ²	-
geluidvermogen	W	W	-
geluiddrukniveau	L _p	dB	p _o = 20 · 10 ⁻⁶ Pa
geluid(druk)niveau met "A"-weging	L _{pA}	dB(A)	p _o = 20 · 10 ⁻⁶ Pa
geluidintensiteitsniveau	L _I	dB	I _o = 10 ⁻¹² W/m ²
geluidvermogenniveau	L _W	dB	W _o = 10 ⁻¹² W
geluidvermogenniveau met "A"-weging	L _{WA}	"dB(A)"	W _o = 10 ⁻¹² W
niveau van geluidvermogen per kW geïnstalleerd motor- vermogen	L(W/Pm)	dB	(W/Pm) _o = 10 ⁻¹⁵
geïnstalleerd motorvermogen	Pm	kW	-
geluidisolatie	R	dB	-
oppervlakte	S	m ²	-

Meetmethode en meetinstrumenten

De metingen zijn, voor zover zulks mogelijk was en voor zover hierin voorzien wordt, verricht volgens de norm van de ISO (International Organization for Standardization) "Acoustics-Guide to the measurement of airborne acoustical noise and evaluation of its effects on man", ref. no. ISO 2204-1973 (E), eerste editie, mei 1973, welke als Nederlandse norm NEN 22204, 1e druk, december 1973 aanvaard is.

De metingen werden uitgevoerd met behulp van de volgende instrumenten:

- precision sound level meter, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 2203 met microfoon, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 4145 (1")
- sound level meter, fabrikaat General Radio, type 1565 C
- microfoon, fabrikaat Sennheiser, type MD 211 N
- taperecorder, fabrikaat Uher, type Report Stereo 4200
- trillingopnemer, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 4332

In het laboratorium werden de metingen geanalyseerd met behulp van:

- taperecorder, fabrikaat Revox, type A 77
- level recorder, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 2305
- audio frequency spectrometer, fabrikaat Brüel & Kjaer, type 2112
- real time analyzer, fabrikaat Hewlett Packard, type 8064 A
- computer, fabrikaat Hewlett Packard, type 2100 S.

De nauwkeurigheid van de meetresultaten bedraagt, voor de octaafbanden met middenfrequenties 63 en 125 Hz, 3 dB en voor de octaafbanden met middenfrequenties 250 t/m 8000 Hz, 2 dB.

De metingen op grotere hoogten zijn met behulp van met heliumgas gevulde ballonnen verricht.

De metingen op korte afstand boven het wateroppervlak zijn verricht met behulp van een microfoonhengel.

Rekenmethoden geluidvermogenniveau*Motoren*

Rond de motoren zijn zowel op 1 meter afstand als op kleinere afstand geluidmetingen verricht. Tevens zijn ook trillingmetingen op het motorhuis uitgevoerd. De meetresultaten zijn ook gecorrigeerd voor het geluid afkomstig van het spattende water en van de tandwielkast. Bij een enkele inrichting werd het geluidniveau van de motor in de octaafbanden met middenfrequenties van 2000 Hz en 4000 Hz geheel gemaskeerd door het watergeluid ten gevolge van de open-brugconstructie.

De geluidproduktie van de motoren in deze octaafbanden kan zodoende niet worden bepaald.

Uit de trillingmetingen kan echter worden afgeleid dat deze octaafbanden niet bijdragen tot de dB(A)-waarde.

Met behulp van het gemiddelde gecorrigeerde geluidniveau en een contour op 1 meter afstand rondom de motor is het geluidvermogen van de motor berekend volgens de formule:

$$L_W = L_p + 10 \log S \quad (1)$$

waarin:

S = het totale meetoppervlak op 1 meter afstand van de contour van de motor in m²

L = geluidvermogenniveau

L_p = geluiddrukkniveau.

Bij de dimensies van de gemeten motoren blijkt de factor 10 log S te variëren van 12 tot 14 dB.

Teneinde de geluidvermogens van de verschillende motoren met elkaar te vergelijken is het geluidvermogen per kW geïnstalleerd vermogen berekend L(W/P_m). Om praktische redenen is het geïnstalleerde vermogen gekozen in plaats van het in werkelijkheid opgenomen vermogen, daar dit slechts in enkele gevallen bekend is.

Het geluidvermogen per kW wordt berekend met de formule:

$$L(W/P_p) = L_W - 10 \log P_m \quad (2)$$

waarin:

P_m = het geïnstalleerde motorvermogen in kW is.

Dit geluidvermogenniveau per kW wordt gerefereerd aan de dimensieloze constante 10⁻¹⁵.

Tandwielkasten

Rond de tandwielkasten zijn zowel op korte afstand als op 1 meter afstand geluidmetingen verricht. Tevens zijn ook trillingmetingen op de tandwielkast uitgevoerd. De geluidniveaus zijn gecorrigeerd voor het geluid van de overige geluidbronnen.

Met behulp van het gemiddelde gecorrigeerde geluidniveau en een contour op 1 meter afstand rondom de tandwielkast is het geluidvermogen van de tandwielkast berekend volgens de formule:

$$L_W = L_p + 10 \log S \quad (1)$$

Bij dimensies van de gemeten tandwielkasten blijkt de factor $10 \log S$ van het totale meetoppervlak op 1 meter afstand van de tandwielkast globaal circa 14 dB te bedragen.

Bij een enkele inrichting werd het geluidniveau van de tandwielkast in de octaafbanden met middenfrequenties van 2000 Hz en 4000 Hz geheel gemaskeerd door het watergeluid. De geluidproduktie van de tandwielkasten in deze octaafbanden kan zodoende niet worden bepaald. Uit trillingmetingen kan echter worden afgeleid dat deze octaafbanden niet bijdragen tot de dB(A)-waarde.

Water

Direct boven het wateroppervlak (met behulp van een microfoonhengel) als ook op grotere afstanden tot het wateroppervlak op verschillende hoogten (met behulp van een microfoon bevestigd aan met heliumgas gevulde ballonnen) is het geluidniveau bepaald.

Indien noodzakelijk zijn de gemeten geluidniveaus gecorrigeerd voor invloeden van andere geluidbronnen.

Het geluidvermogen van het spattende water is op vier methoden berekend:

- "Rand bank methode"

Deze methode is bij de oudere geïnventariseerde metingen gevolgd. Bij deze berekeningen is aangenomen dat de geluidbron zich bevindt in het midden van de beluchter en als een puntbron kan worden opgevat, welke straalt in de vorm van een halve bol. In dit geval geldt relatie (3):

$$L_W = L_p - 10 \log \frac{1}{2\pi r^2} \quad (3)$$

Het geluidniveau L_p wordt ter plaatse van de bakrand bepaald. Deze methode blijkt ten gevolge van een afwijkend stralingspatroon niet geheel correct te zijn.

- De "richtingskarakteristiek methode"

Deze methode is theoretisch de meest exacte manier voor de bepaling van het geluidvermogen. In principe worden uit de gemeten richtingskarakteristieken de equi-dB-contouren bepaald. Voor het geluidvermogen geldt dan relatie (1) (in eenvoudige vorm):

$$L_W = L_p + 10 \log S \quad (1)$$

waarin:

S = het totale oppervlak van een equi-dB-contour (eventueel richtingsafhankelijk)

L_p = het geluidniveau behorende bij een equi-dB-contour.

In de praktijk is deze methode echter zeer complex. Daarom zijn ook andere methoden onderzocht, waarbij gebruik wordt gemaakt van geluidmetingen vlak boven het wateroppervlak.

- De zogenaamde "ringmethode"

Hierbij wordt het geluidveld direct boven het spattende water in verschillende ringen verdeeld. Boven elk van deze ringen wordt het geluidniveau bepaald en met behulp van relatie (1) wordt het geluidvermogen van iedere ring berekend. Sommatie over een gesloten oppervlak levert het totale ge-

luidvermogen van het water.

- De "diameter-methode"

Het boven het spattende water op een bepaalde afstand maximaal optredende geluidniveau wordt bepaald, alsmede de diameter van het spattende water. Met behulp van een uit deze diameter te bepalen oppervlak ("afgeknotte cilinder") en onder aanname van een constant geluidniveau over het totale oppervlak wordt volgens relatie (1) het geluidvermogen bepaald.

Het geluidvermogen per kW van het spattende water wordt berekend zoals bij motoren.

Uit de metingen kon worden geconcludeerd, rekening houdend met meet- en reken nauwkeurigheden, dat ter bepaling van geluidvermogen van spattend water, naast de "richtingskarakteristieken-methode" ook de praktisch eenvoudigere uitvoerbare "ringmethode" mag worden toegepast.

Bij de verdere verwerking van de resultaten is het gemiddelde van de ringmethode en de "richtingskarakteristiek-methode" genomen.

Meetresultaten



Fig. 20. Puntbeluchterinstallatie tijdens meting

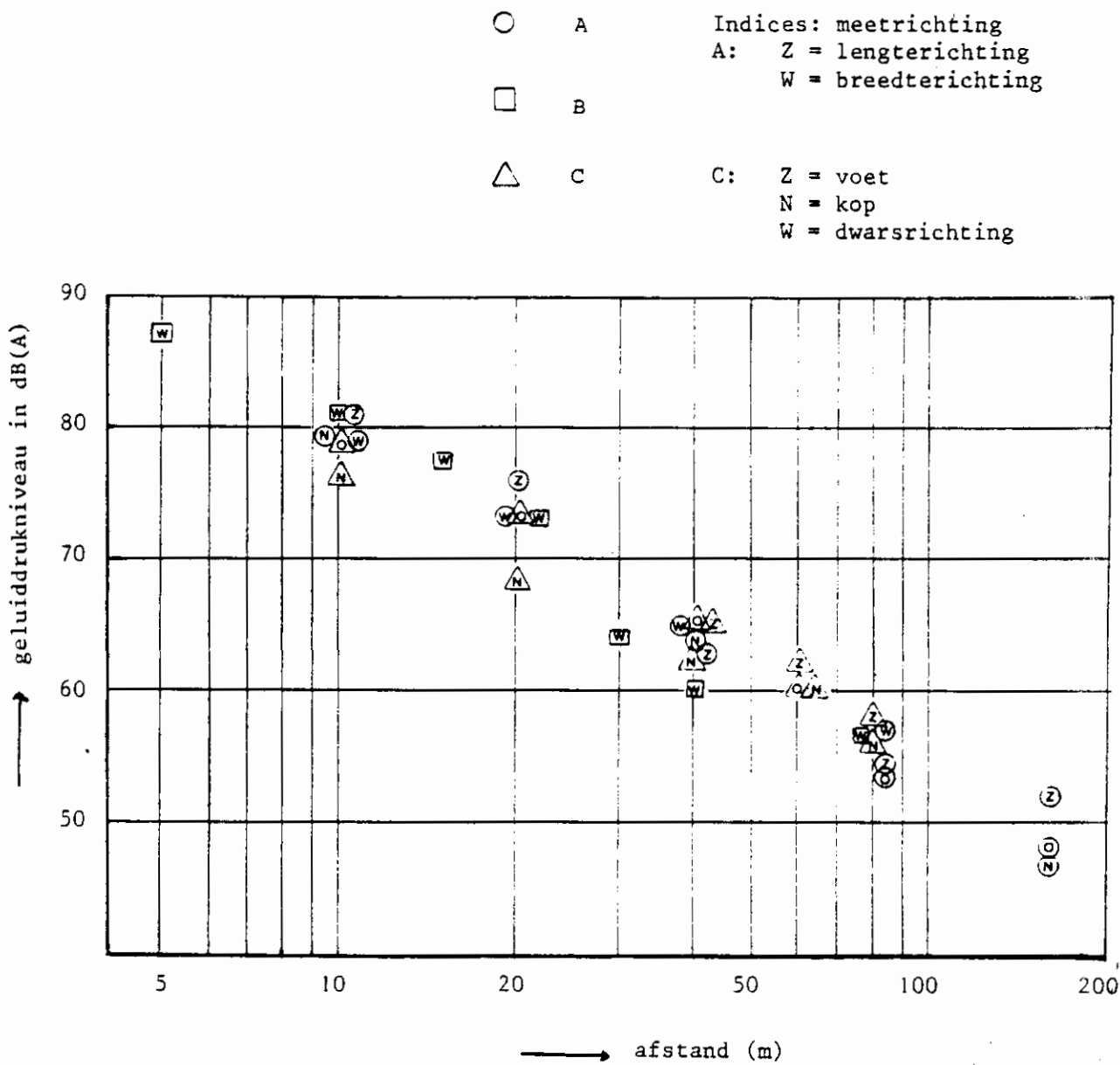


Fig. 21. Geluidniveau in dB(A) op 5 meter hoogte als functie van de afstand tot de beluchter (ongekorrigeerd)

LUCHTGELUIDNIVEAUMETING

gegevens meetplaats: - - - - 3 meter tot beluchter rwzi A
 ————— 4 meter tot beluchter 1 meter boven wateroppervlak, gekorrigeerde geluidniveaus, dompediepte 45 cm.
 ————— 5 meter tot beluchter
 - · - · - · 6 meter tot beluchter
 - - - - 7 meter tot beluchter
 - - - - 8 meter tot beluchter
 ————— 9 meter tot beluchter

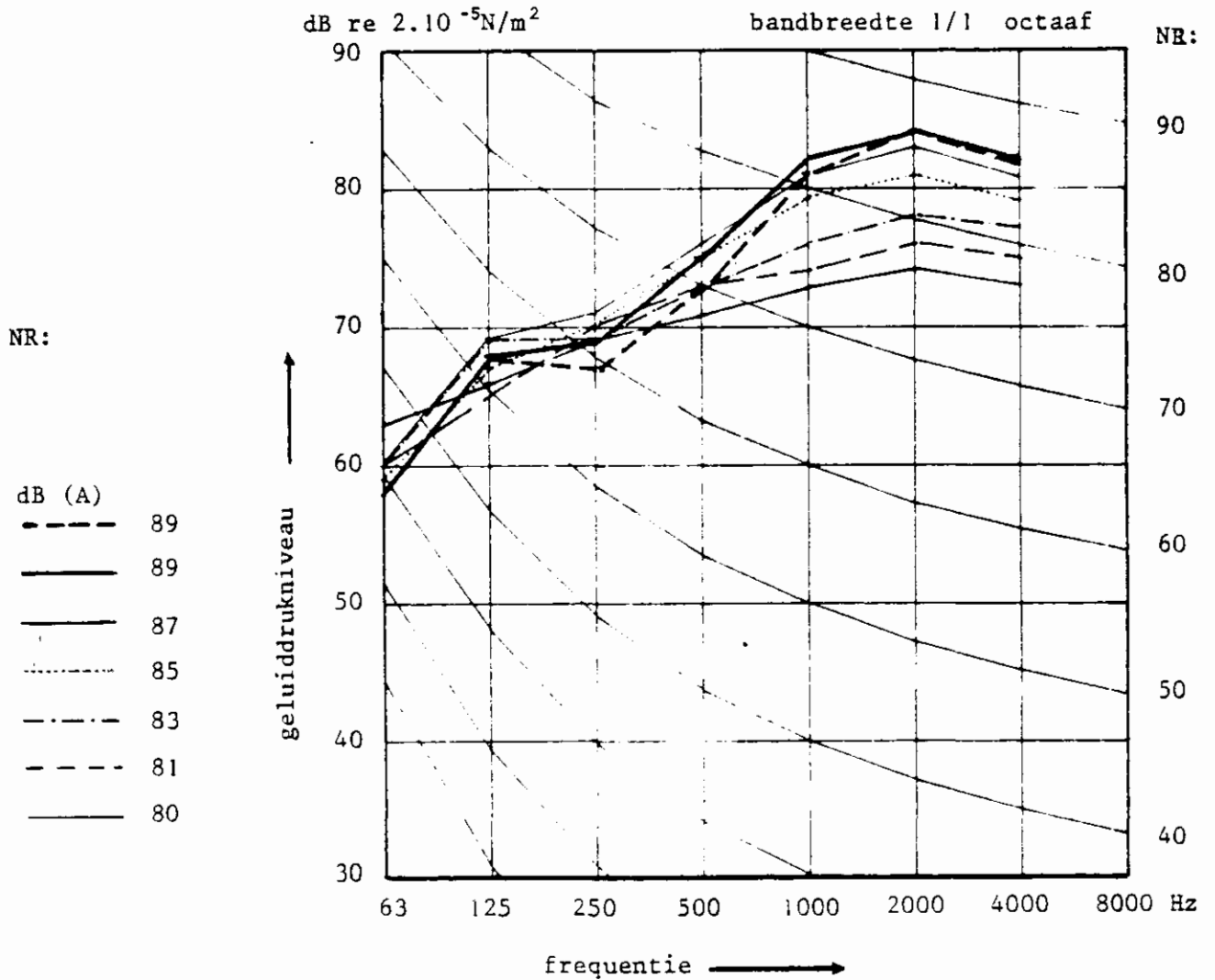


Fig. 22. Watergeluid van puntbeluchters

gegevens meetplaats: — 2 meter tot beluchter
 - - - - 3 meter tot beluchter
 - · - · 4 meter tot beluchter
 · · · · 5 meter tot beluchter
 — 6 meter tot beluchter
 - - - - 7 meter tot beluchter
 - - - - 8 meter tot beluchter
 — 9 meter tot beluchter

rwzi B

1 meter boven wateroppervlak, gekorrigeerde geluidniveaus, dompeldiepte 10 cm

NR:

dB(A)
 — 98
 - - - - 93
 - · - · 90
 · · · · 87
 — 83
 - - - - 81
 - - - - 80
 — 79

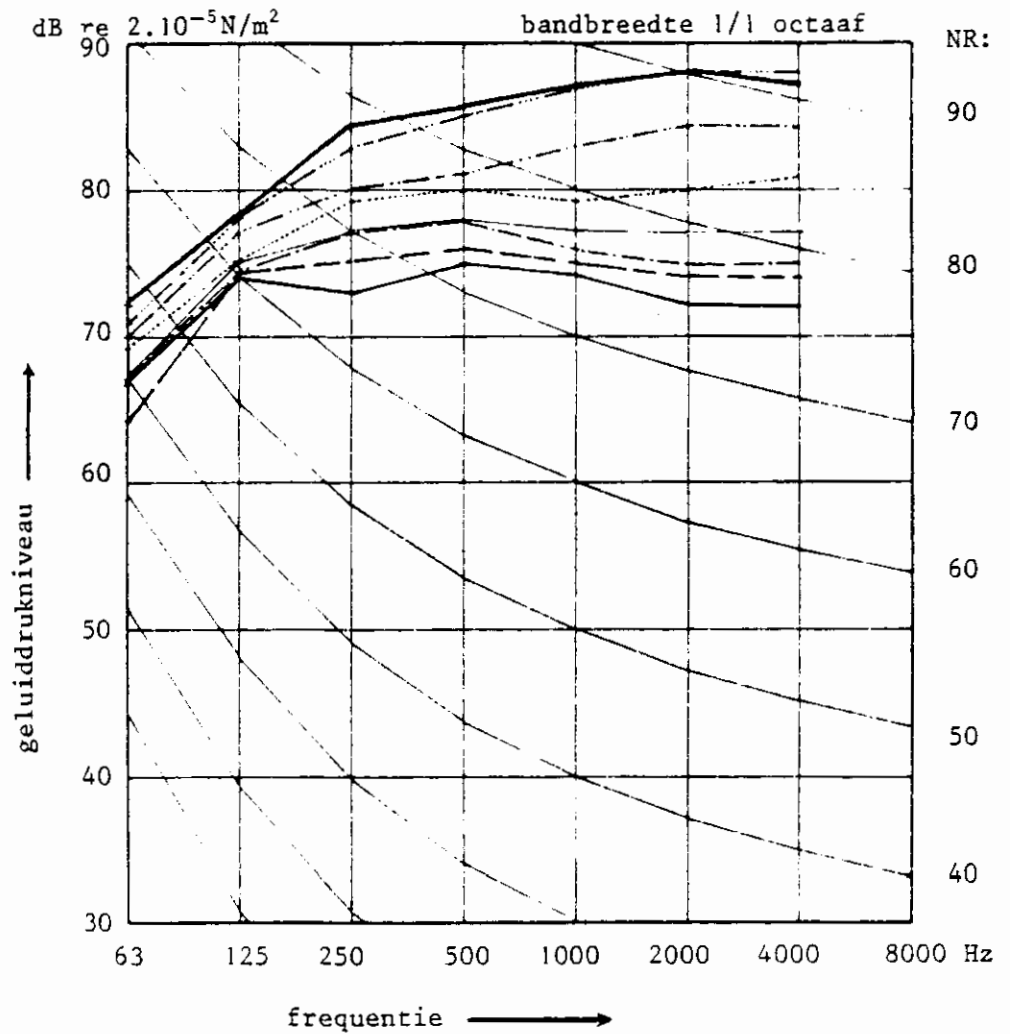


Fig. 23. Watergeluid van puntbeluchters

LUCHTGELUIDNIVEAUMETING

gegevens meetplaats: _____ 2 meter tot beluchter rwzi C
 - - - - - 3 meter tot beluchter 1 meter boven wateroppervlak,
 4 meter tot beluchter gekorrigeerde geluidniveaus,
 - - - - - 5 meter tot beluchter dompeldiepte 33 cm
 _____ 6 meter tot beluchter
 - - - - - 7 meter tot beluchter
 _____ 8 meter tot beluchter

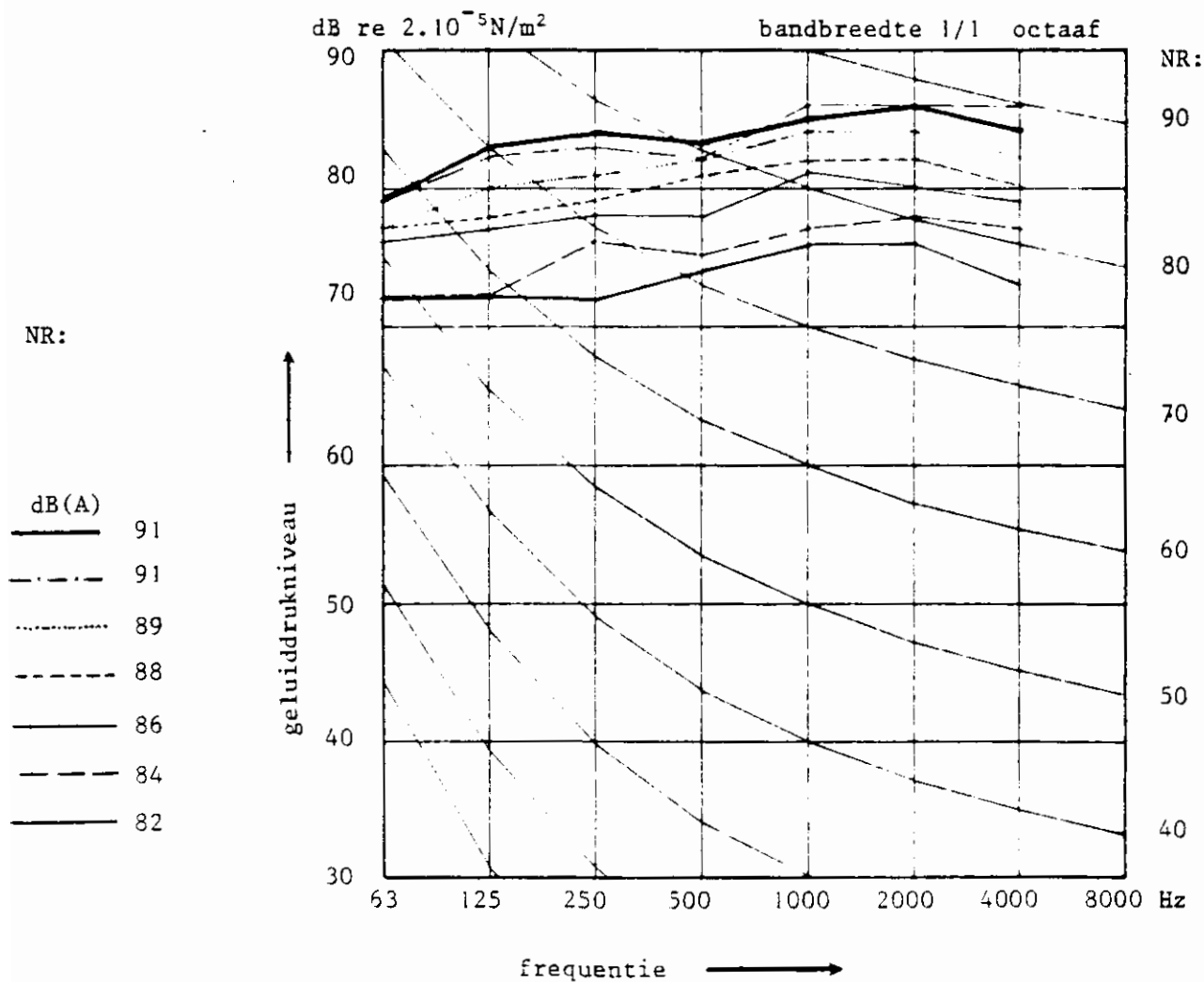
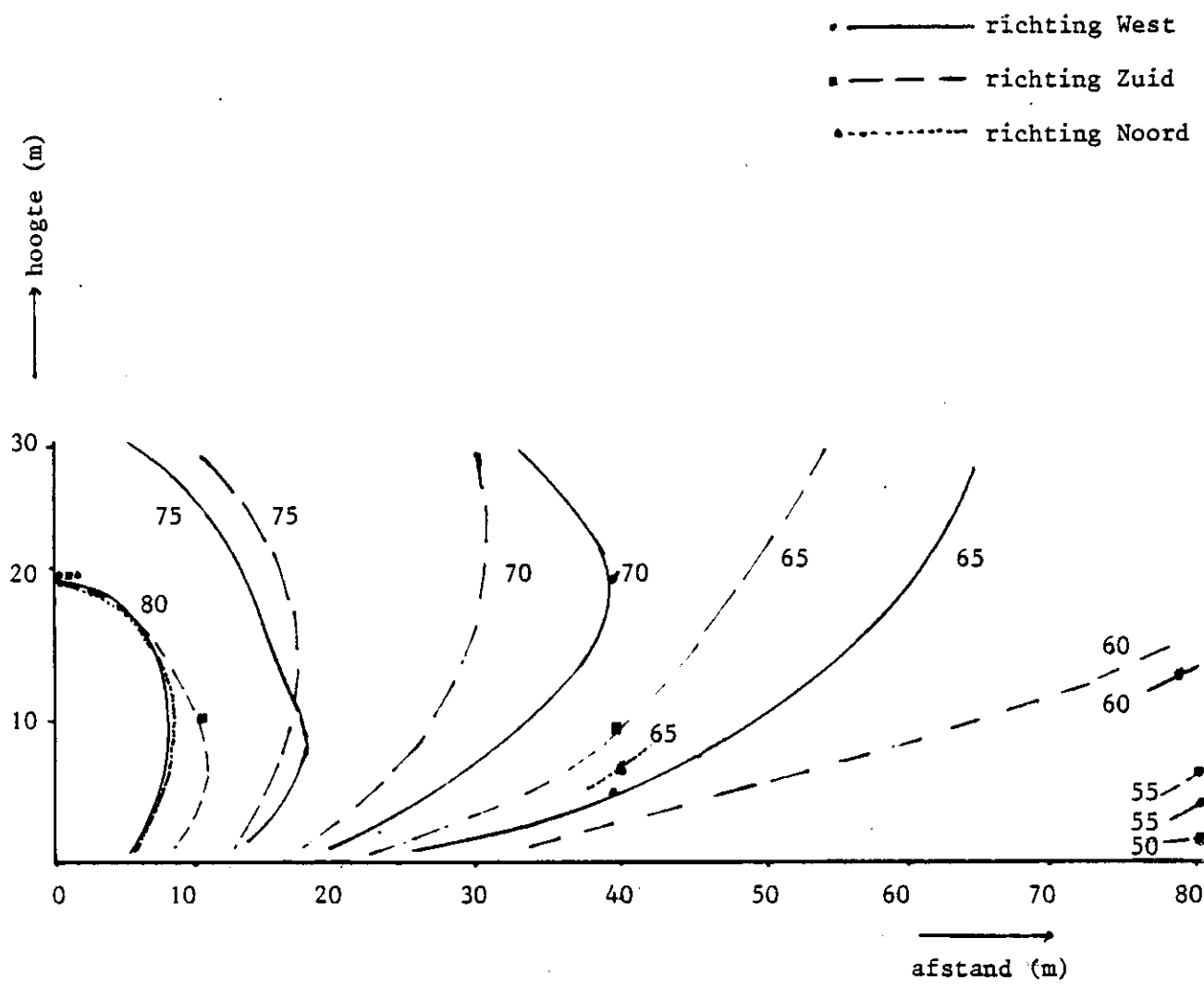


Fig. 24. Watergeluid van puntbeluchters



windrichting: W
 windsnelheid: 0,5 - 1 m/s

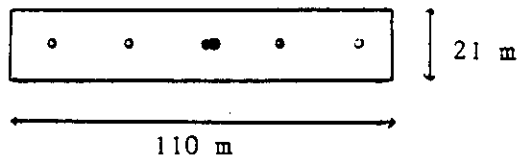
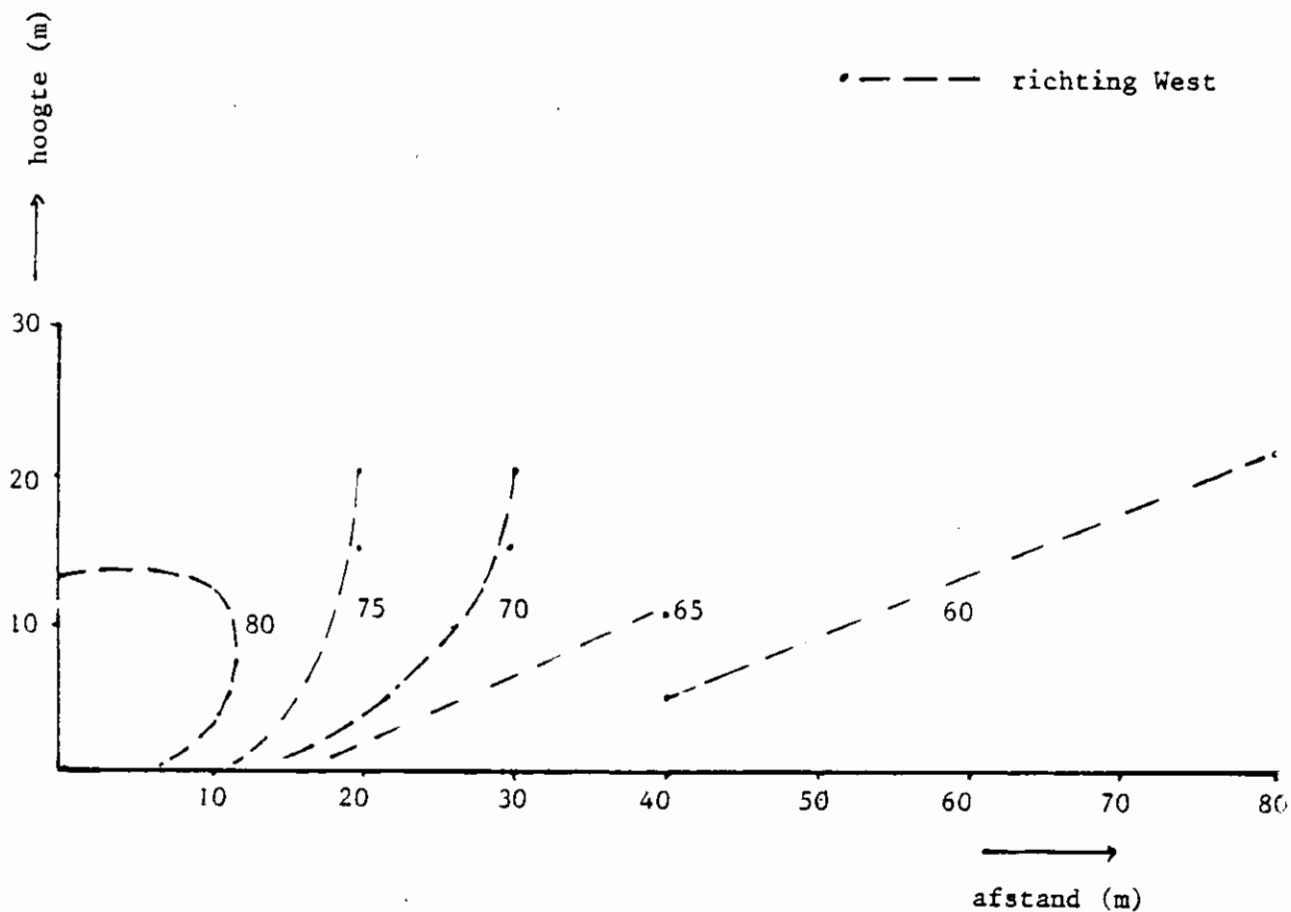


Fig. 25. Richtingskarakteristiek voor het geluidniveau in dB(A) voor het watergeluid bij rwzi A gecorrigeerd voor motor en tandwielkast



windrichting: z
windsnelheid: 2 à 3 m/s

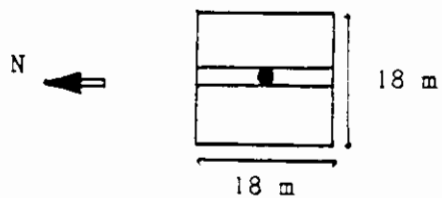
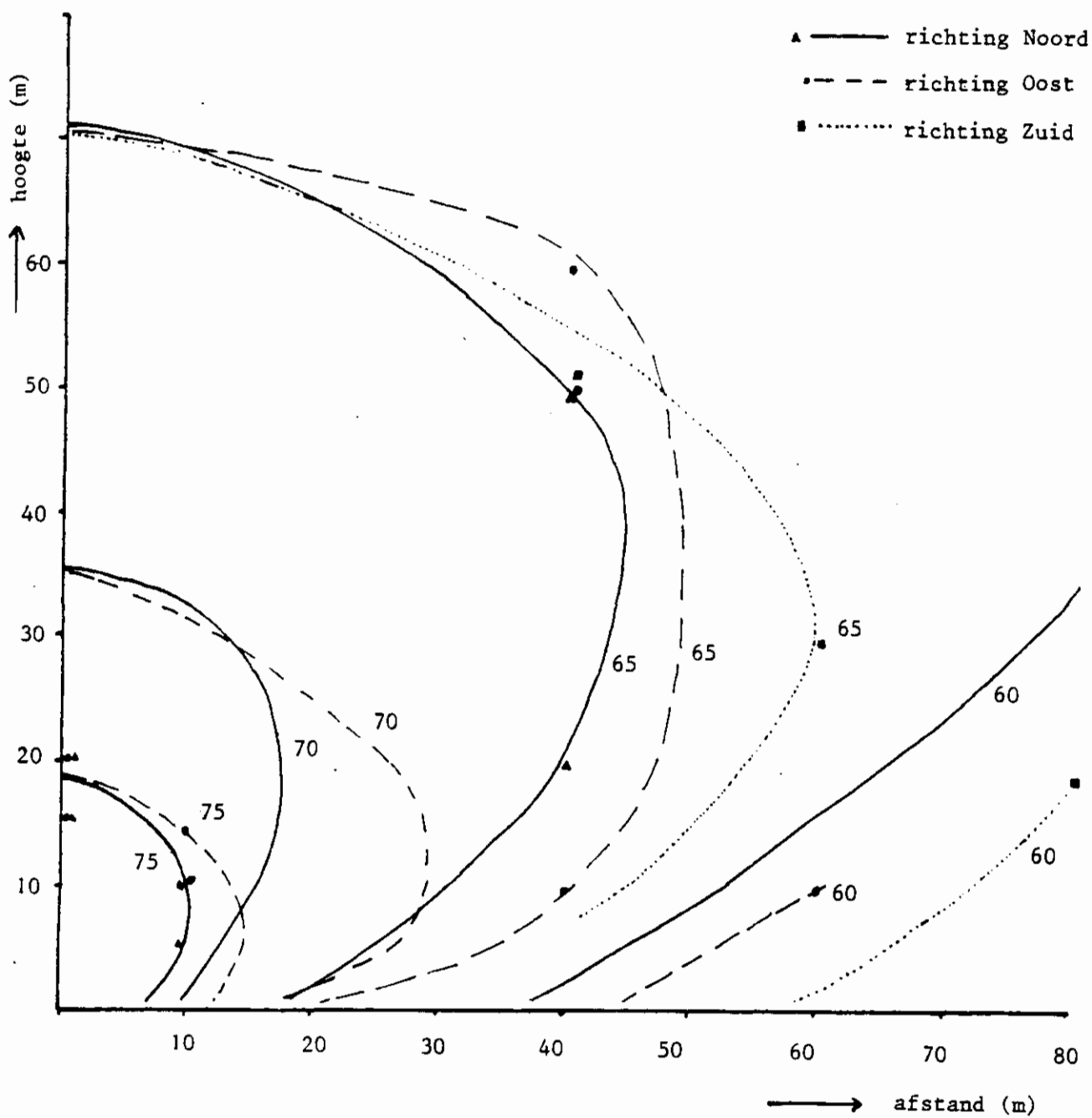
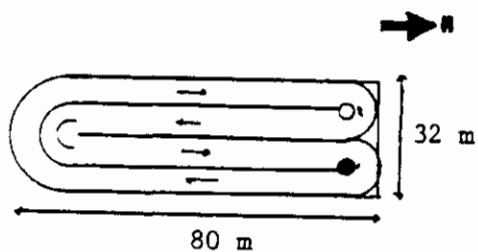


Fig. 26. Richtingskarakteristiek voor het geluidniveau in dB(A) voor het watergeluid bij rwzi A gecorrigeerd voor motor en tandwielkast

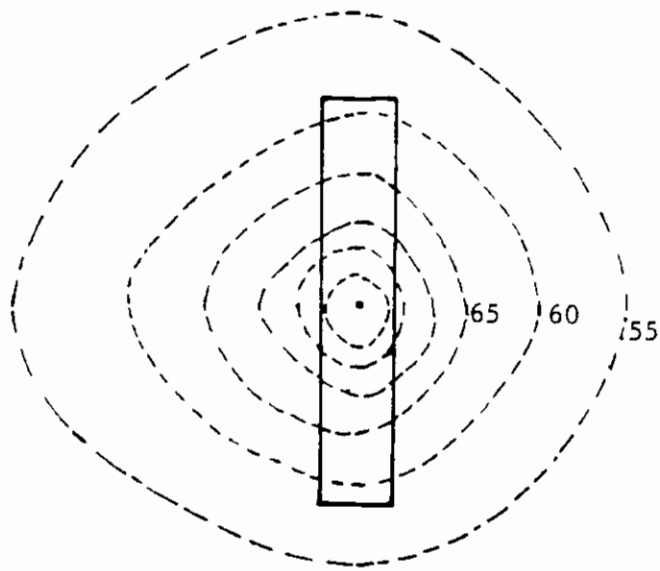


windrichting: W-NW
 windsnelheid: 0÷1 m/s



beluchter 1 in bedrijf

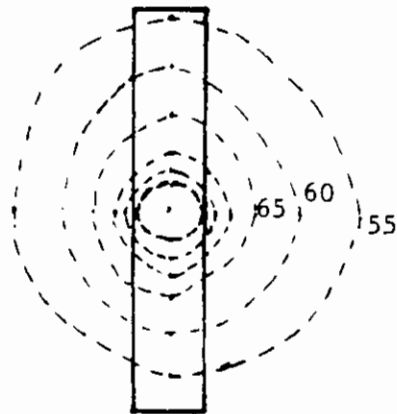
Fig. 27. Richtingskarakteristiek voor het geluidniveau in dB(A) van het watergeluid bij rwzi C gekorrigeerd voor motor en tandwielkast



5 meter hoogte

windrichting: W

windsnelheid: 0,5-1 m/s

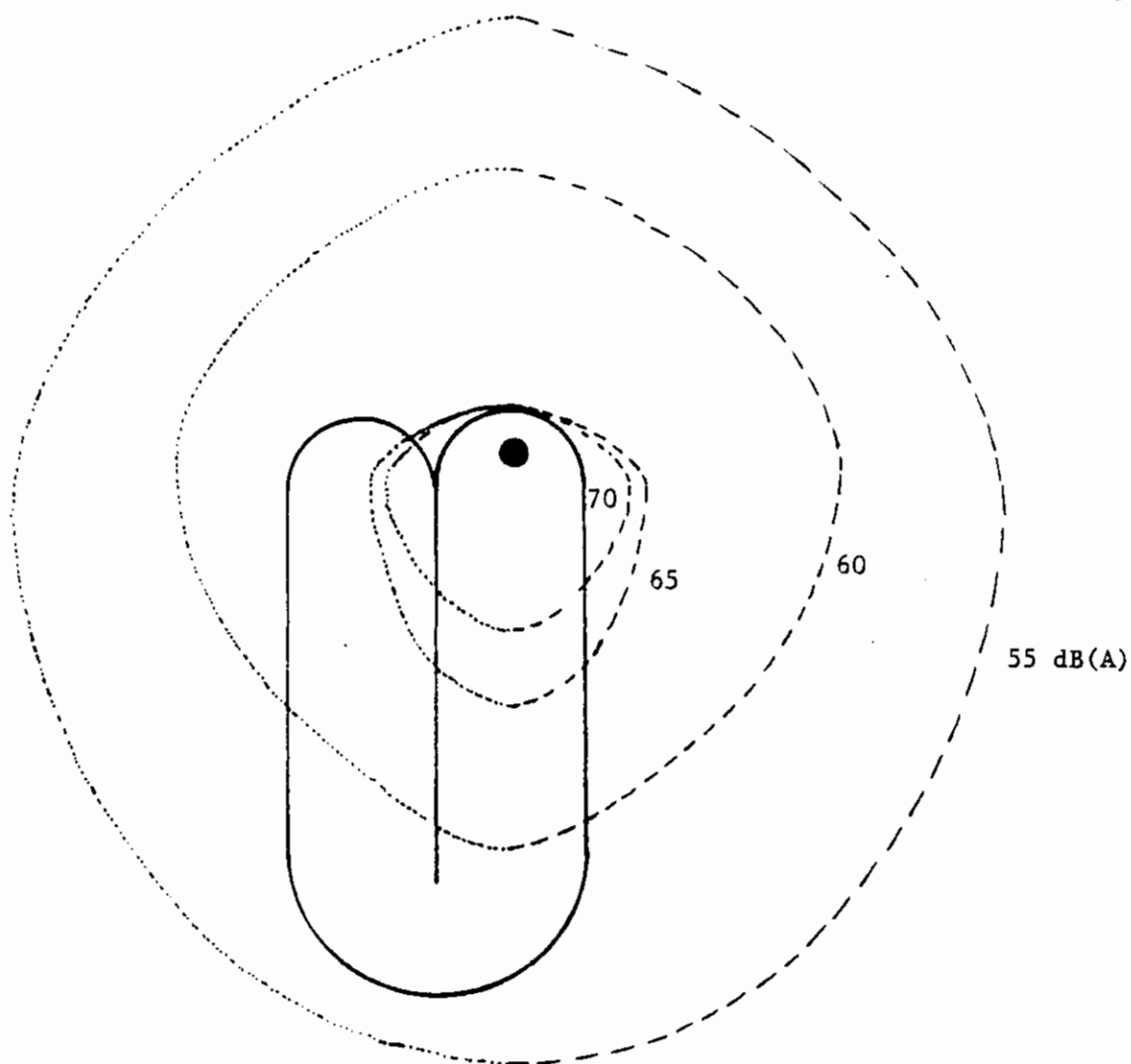


1,5 meter hoogte

schaal 1 : 2000

Fig. 28. Equi-dB(A) contouren van het spattende water op 1,5 meter en 5 meter hoogte bij de rwzi te A

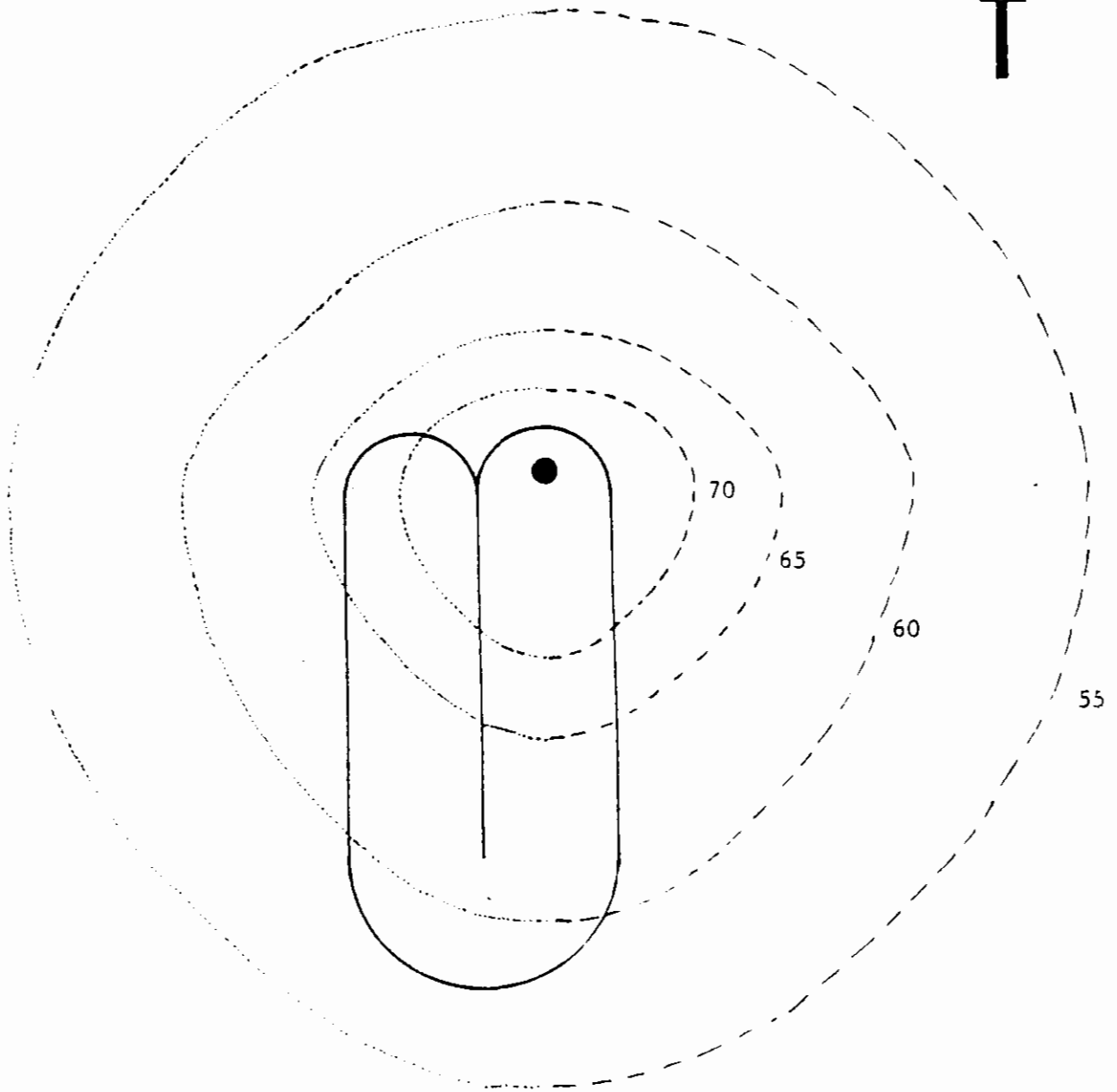
windrichting: W-NW
windsnelheid: 0-1 m/s



schaal 1 : 1000

Fig. 29. Equi-dB(A) contouren van het spattende water op 1,5 meter hoogte bij de rwzi te C.

windrichting: W-NW
windsnelheid: 0-1 m/s



schaal 1 : 1000

Fig. 30. Equi-dB(A) contouren van het spattende water op 5 meter hoogte bij de rwzi te C.

gegevens meetplaats:

- geluidvermogen water m.b.v. "ring-methode"
- - - m.b.v. "diameter-methode"
- m.b.v. "richtingskarakteristieken-methode"
- · - · - m.b.v. "rand-bak-methode"

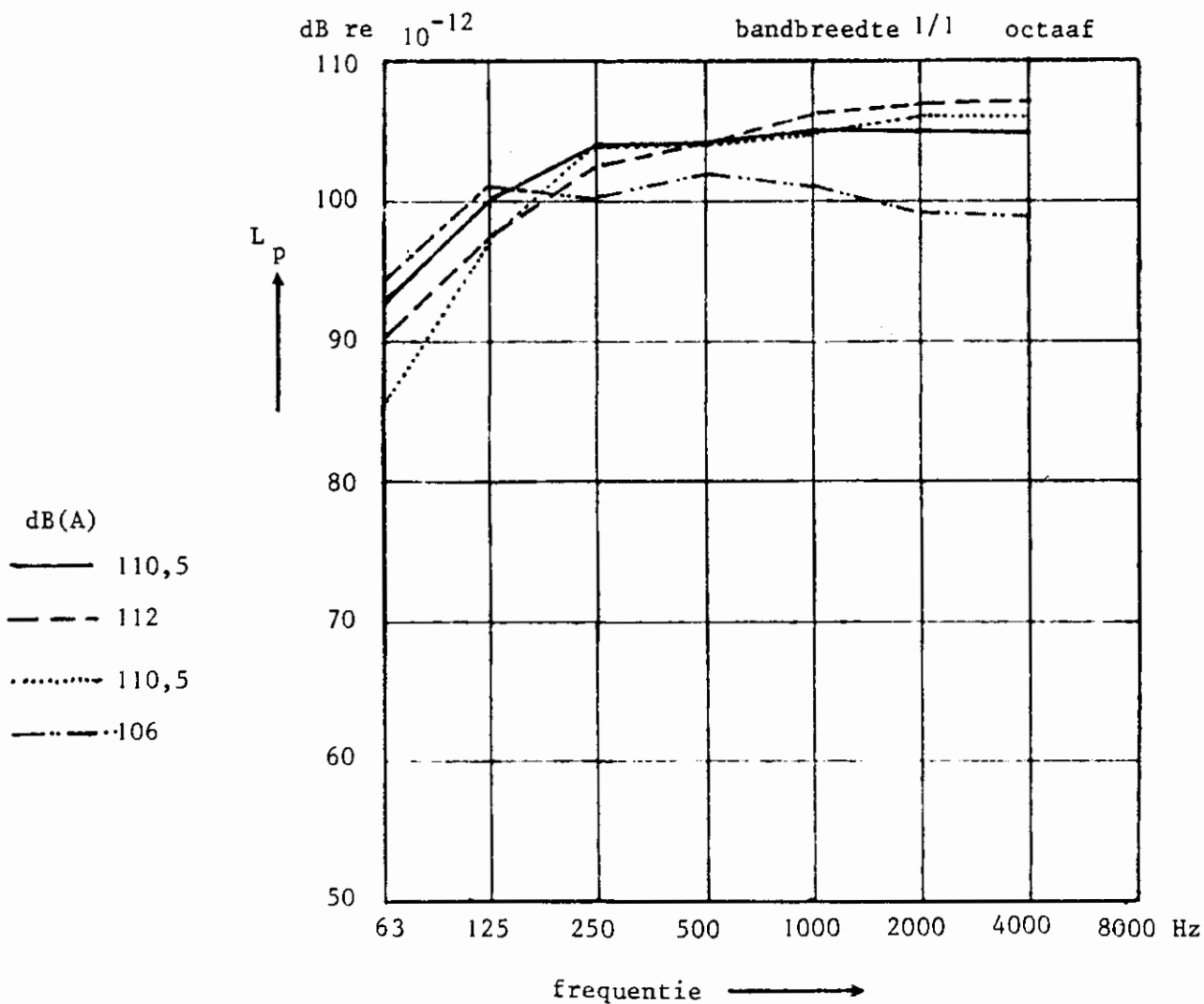


Fig. 31. Geluidvermogeniveau van het spattende water als functie van de frekwentie op verschillende manieren bepaald.

- rwzi A
- rwzi B
- △ rwzi C
- indices: meetrichting
- uitbreidingsafname (-6 dB per afstandsverdubbeling)
- .-.- uitbreidingsafname inclusief moleculaire absorptie en grondeffect
- reductie ten gevolge van barriere (rand van de bak)

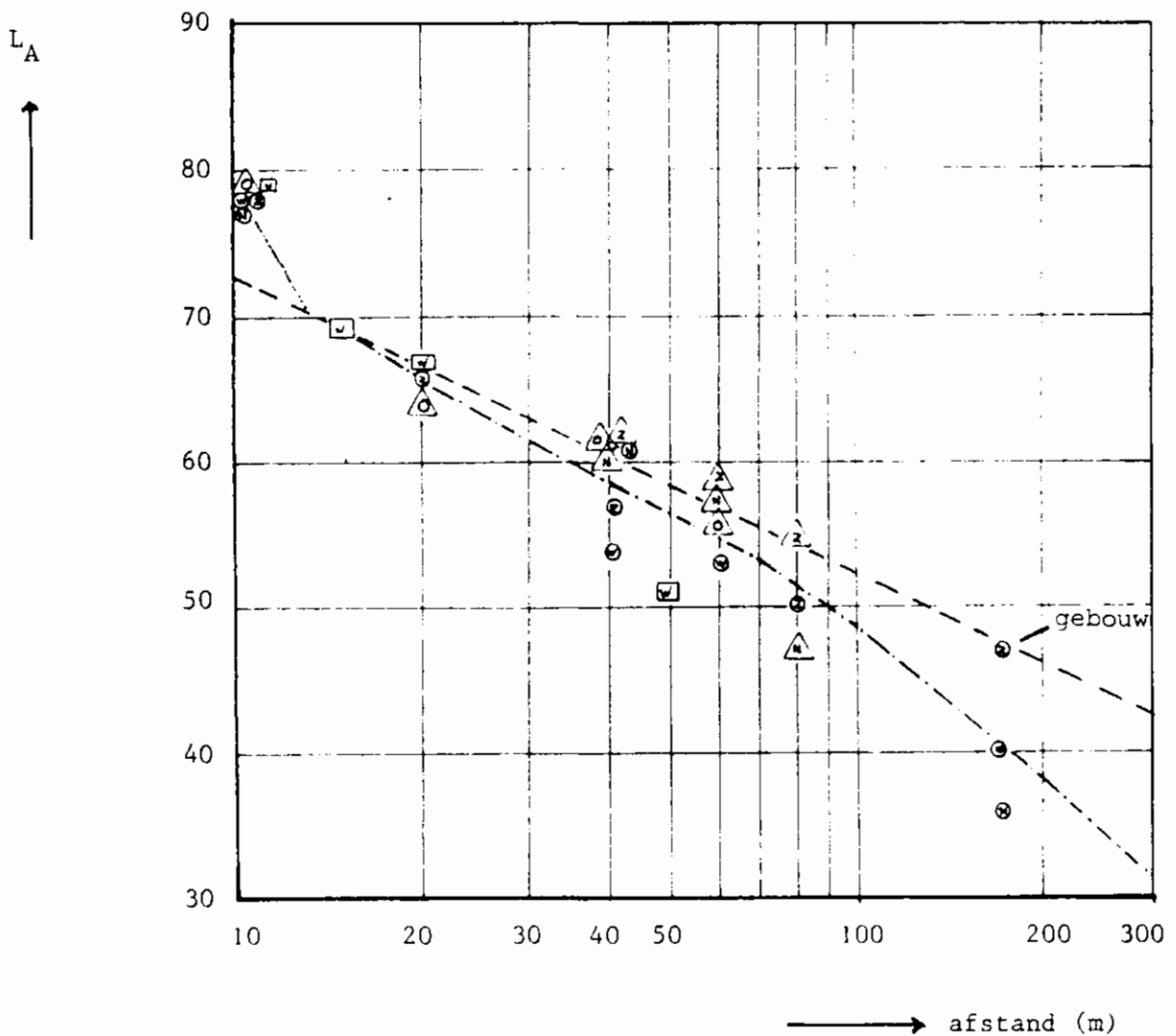


Fig. 32. Afname met de afstand van het watergeluid (gecorrigeerd) op 1,5 meter hoogte alsmede de theoretische verwachtingen hieromtrent

