

Akoestische problemen bij waterleidingbedrijven; lawaaibestrijding en de fysische achtergronden

Tegenwoordig wordt ons leefklimaat steeds meer bedreigd door verschillende vormen van milieuverontreiniging, namelijk de water-, bodem- en luchtverontreiniging en de geluidhinder.

De waterleidingbedrijven in Nederland maken bij de bereiding van ons drinkwater gebruik van grondwater en oppervlaktewater. Dientengevolge hebben de waterleidingmaatschappijen in het algemeen de meeste zorgen over de water- en bodemvervuiling (en wellicht in iets mindere mate over de luchtvervuiling), omdat deze soorten



ING. M. J. TENNEKES
Van Dorser BV
Akoestisch Adviesbureau
's-Gravenhage/Arnhem

vervuiling van directe invloed kunnen zijn op de kwaliteit van het geproduceerde drinkwater.

Ook met de vierde vorm van milieuverontreiniging 'de geluidhinder' krijgen de waterleidingbedrijven steeds meer te maken, omdat tegenwoordig bij de productie en het transport van drinkwater gebruik wordt gemaakt van vele soorten geluidproducerende apparaten.

De belangrijkste geluidvoortbrengende machines in een pompstation van een waterleidingbedrijf zijn in willekeurige volgorde: elektromotoren, pompen, spoelluchtblowers, compressoren, ventilatoren en niet te vergeten de noodstroomdieselaggregaten.

De akoestische problemen bij pompstations van waterleidingbedrijven kunnen zich zowel binnen in het pompstation manifesteren als daarbuiten in de omgeving.

Binnen in het pompstation kan het geluidsniveau in de diverse technische ruimten zo hoog zijn, dat het daar werkende personeel bij langdurig verblijf gehoorschade kan oplopen en het van de technische ruimten afkomstige geluid kan in de belendende ruimten, zoals bijv. een kantoor, vergaderruimte of kantine, zo hoog worden, dat geconcentreerd werken of rustig converseren niet goed mogelijk is.

Praktijkvoorbeeld

In een pompstation wordt naast de ruimte waar de noodstroomaggregaten staan opgesteld en waar een hoog geluidsniveau heerst (bijv. 105 dB(A)) een kantoorruimte gesitueerd waar een laag geluidsniveau wordt gewenst (bijv. 40 dB(A)). Enerzijds zal dan gezorgd moeten worden dat de scheidingsconstructie tussen deze twee ruimten voldoende geluidsisolatie bezit en anderzijds

Ook in pompstations van waterleidingbedrijven wordt meer geluid geproduceerd dan noodzakelijk is. In veel gevallen kunnen akoestische hulpmiddelen uitkomst bieden.

Na een uiteenzetting over enkele basisbegrippen in de akoestiek, wordt in dit artikel aangegeven welke normen wettelijk in ons land gelden.

Vervolgens wordt een globale schets gegeven van de lawaaibestrijding binnen een pompstation en de lawaaibestrijding ten behoeve van de omgeving ervan.

zal de overdracht van trillingen van de noodstroomaggregaten op de bouwkundige constructie moeten worden beperkt door het opstellen van de aggregaten op trillingsisolatoren en het opnemen van flexibele verbindingen in de leidingen.

Buiten het pompstation kan het geluidsniveau bij de woningen in de omgeving (meestal een landelijke omgeving) zo hoog zijn, dat hiervan in meer of mindere mate hinder wordt ondervonden.

Praktijkvoorbeeld

In een pompstation dat gelegen is in een mooi bos worden in een technische ruimte twee spoelluchtblowers opgesteld, die in deze ruimte een geluidsniveau produceren van 98 dB(A). In de gevel van deze ruimte is een buitenluchtrooster opgenomen. Bij een op 100 m afstand van het pompstation gelegen boswachterswoning zal zonder akoestische maatregelen tengevolge van deze spoelluchtblowers een geluidsniveau van bijv. 47 dB(A) worden bereikt, terwijl het 's nachts daar slechts 25 dB(A) mag worden.

Door het aanbrengen van een geluiddempende constructie (bijv. een geluiddemper) voor het betreffende rooster, kan het van deze blowers afkomstige geluid tot de gewenste waarde worden gereduceerd.

Theoretische begrippen

Om tot een goed begrip van het geheel te komen, zullen hier eerst enige akoestische termen nader worden toegelicht.

Zoals wellicht bekend, is de akoestiek (in het Grieks 'akoustikos', dat is het gehoor betreffend) de leer van de opwekking, voortplanting en waarneming van trillingen in media zoals gassen, vloeistoffen en vaste stoffen.

Het belangrijkste medium is de lucht en in het algemeen zullen de geluidgolven via de lucht onze gehoorgangen bereiken en de trommelvliezen in trilling brengen.

Het gedeelte van de toonschaal dat het normale menselijk gehoor kan waarnemen, ligt ongeveer tussen de 16 en 16.000 trillingen per seconde (Hertz afgekort Hz). Dit is onder andere afhankelijk van de leeftijd van de mens; vooral de bovenzijde van de toonschaal wordt op oudere leeftijd minder waargenomen.

Frequentie

De frequentie f (Hertz) van een trillende beweging is het aantal trillingen per seconde. De eenheid is de Hertz (Hz), te weten één trilling per seconde. De frequentie is gelijk aan het omgekeerde van de periode T in seconden. In de formule:

$$f = \frac{1}{T} \quad (1)$$

Voorbeeld: $T = \frac{1}{1000}$ seconde $\rightarrow f = \frac{1}{1/1000} = 1000$ Hz.

Golflengte

De golflengte λ (in m) is de afstand waarover een golf front zich gedurende één volledige trillingsperiode voortplant. Deze afstand is gelijk aan de voortplantingssnelheid c (in m/s) gedeeld door het aantal trillingen per seconde (f).

In formule:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

Voorbeeld: c lucht $\cong 340$ m/s (bij 18 °C) en $f = 100$ Hz
 $\rightarrow \lambda = \frac{340}{100} = 3,4$ m.

Opmerking: de voortplantingssnelheid van geluid in water (15 °C) is 1440 m/s.

Geluiddruk (in Pa) en geluidsdruk niveau (in dB)

De geluidgolven planten zich in de lucht voort als een longitudinaal golfverschijnsel, d.w.z. de luchtdeeltjes trillen in de voortplantingsrichting om hun evenwichtsstand.

De geluidsdruk p (in Pa of N/m²) is de afwijking van de druk ten opzichte van de barometrische of gemiddelde druk van de lucht. De geluidsdruk p wordt gemeten t.o.v. een bepaalde referentiedruk p_0 , waarvoor internationaal gekozen is het laagste niveau dat met een 'normaal' gemiddeld menselijk

gehoororgaan nog juist waargenomen wordt bij een frequentie van 1000 Hz. Deze zgn. 'gehoorgrens' ligt bij een geluidsdruk van 2×10^{-5} Pa ($20 \mu\text{Pa}$).

Omdat het bereik van de voor ons van belang zijnde geluidsdrukken erg groot is (van de gehoorrens van $20 \mu\text{Pa}$ tot de pijngrens 200 Pa en soms nog hoger), is een logaritmische maat ingevoerd en worden alzo de geluidsdruk-niveaus opgegeven in decibel (dB).

De decibel bezit geen absolute waarde en geen dimensie, maar geeft een verhouding weer tussen twee grootheden, die als volgt gedefinieerd kan worden:

$$10 \log \frac{A}{A_0} = x \text{ dB};$$

hierbij kan voor A iedere willekeurige grootheid gekozen worden, terwijl A_0 de referentiewaarde is.

Zoals eerder vermeld, is in de akoestiek het nulpunt van de decibelschaal gelegd bij de gehoorrens $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ bij een frequentie van 1000 Hz. Wiskundig luidt de definitie van het geluidsdruk-niveau L_p :

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2} = 20 \log \frac{p}{p_0} \quad (3)$$

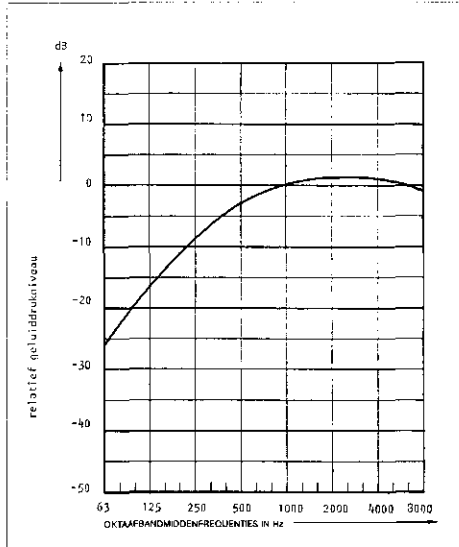
Hierin is:

- L_p = geluidsdruk-niveau in dB;
- p = de heersende geluidsdruk in Pa of N/m^2 ;
- p_0 = de referentie-geluidsdruk = $20 \mu\text{Pa}$ of $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$.

Het rekenen met deze formule (3) wordt met enkele voorbeelden verduidelijkt:
 — verdubbeling van de geluidsdruk p heeft een geluidsdruk-niveauperhoging Δp van 6 dB tot gevolg ($20 \log 2 = 6 \text{ dB}$);
 — vergroting van de geluidsdruk p met een factor 10 geeft een geluidsdruk-niveaupermeerdering van 20 dB ($20 \log 10 = 20 \text{ dB}$).

Geluidsniveau in dB(A)

Om op een eenvoudige en snelle wijze geluidsniveaus te kunnen beoordelen op hinder, heeft men de dB(A) ontwikkeld. Bij deze meet- en berekeningsmethode maakt men gebruik van een zgn. 'A-netwerk' (zie afb. 1), waarbij rekening is gehouden met bepaalde eigenschappen van het menselijk gehoor: de als minder hinderlijk ervaren lage tonen worden minder zwaar gerekend dan de hoge tonen en het menselijk gehoor is het gevoeligst in het frequentiegebied van 2000 - 4000 Hz. Bij het gebruik van dit A-netwerk wordt het te meten geluidssignaal dus verzwakt overeenkomstig de bovengenoemde subjectieve waardering van het menselijk gehoororgaan en daarna gesommeerd tot één getal. Het op deze wijze verkregen geluidsniveau



Afb. 1 - Frequentie karakteristiek van het A-filter.

L_{ap} in dB(A) is een subjective geluidsterktemaat in tegenstelling tot het eerder behandelde geluidsdruk-niveau L_p in dB, dat een echte fysische grootheid is. De dB(A) is dus een maat voor de hinderlijkheid van het geluid. Het voordeel van deze dB(A) is dat de geluidsterkte in één enkel getal kan worden uitgedrukt, maar een nadeel is dat dit dB(A)-getal niets zegt over de frequentieverdeling van het beschouwde geluid, terwijl dit voor de bestrijding van geluidhinder essentieel is. Hoe een dB(A)-waarde kan worden berekend uit een geluidsspectrum zal worden verduidelijkt met een rekenvoorbeeld:

f (Hz)	L_p (dB)	A-correctie (dB)	L_p -gecorrigeerd (dB)
63	111	- 26	→ 85
125	104	- 16	→ 88
250	100	- 9	→ 91
500	97	- 3	→ 94
1000	96	0	→ 96
2000	90	+ 1	→ 91
4000	82	+ 1	→ 83
8000	74	- 1	→ 73

$$\begin{aligned} \text{dB(A)-getal} &= 10 \log \sum 10^{8,5} + \\ &\quad 10^{8,8} + 10^{9,1} + \dots + 10^{7,3} \\ &= 10 \log 1,02 \times 10^{10} = 100 \text{ dB(A)}. \end{aligned}$$

In tabel I is een groot aantal min of meer bekende geluiden met bijbehorende dB(A)-waarden weergegeven om een indruk te krijgen van de verschillende geluidsniveaus.

NR-curven

Om de frequentiesamenstelling van geluiden te bepalen wordt het geluidsspectrum in aangrenzende frequentiegebieden geanalyseerd.

In het algemeen zijn deze frequentiegebie-

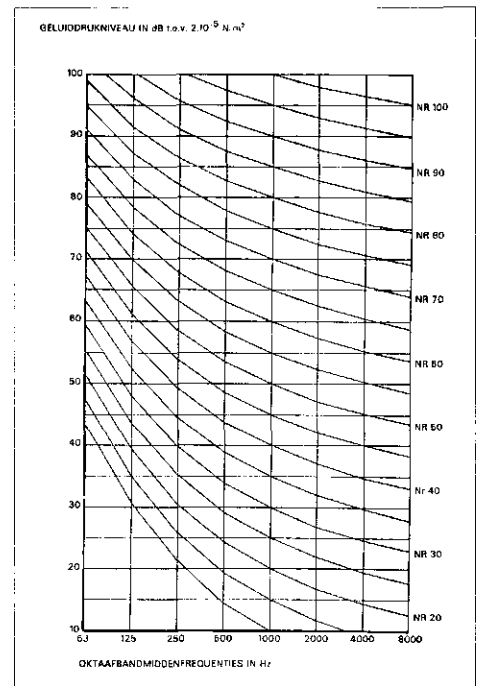
TABEL I - Geluidsniveaus.

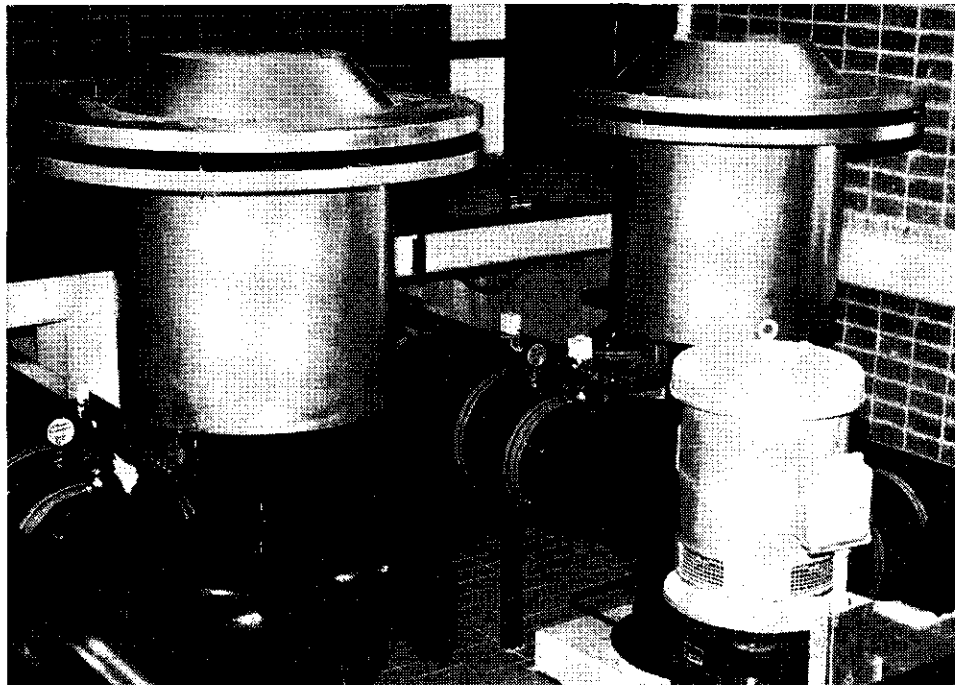
db(A)-waarde	voorbeeld
0	gehoordrempel (absoluut stil)
10	vallend blad
20	bladergeritsel
30	rustige woonwijk 's nachts (buiten)
40	koelkast op 1 m
50	normale woonwijk overdag (buiten)
60	normaal gespreksniveau
70	stofzuiger op 1 m
80	binnenin 2 CV bij 100 km/h pomp met 100 pk draaistroommotor op 1 m
90	passerende trein bij 120 km/h op 25 m pomp met 150 pk gelijkstroommotor op 1 m
100	spoelluchtblower op 1 m
110	helicopter op 30 m hoogte houtcirkelzaag op 1 m beatband dieselnoodstroomaggregaat op 1 m
120	sniijbrander op 1 m
130	startend straalvliegtuig op 50 m
140	pijngrens

den zgn. octaafbanden, hoewel het soms noodzakelijk kan zijn om in zgn. tertsbanden te moeten of in een nog smallere band. Een octaafband wordt begrensd door een benedenfrequentie en een tweemaal zo grote bovenfrequentie. Meestal wordt gewerkt met de acht octaafbanden met de volgende middenfrequenties: 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 Hz.

Om een maatstaf voor de hinderlijkheid van het geluid te verkrijgen zijn proef-ondervindelijk met behulp van een groot aantal proefpersonen curven opgesteld van verschillende frequenties, die voor de ge-

Afb. 2 - ISO NR-curven (ontleend aan de ISO-Recommendation R 1996).





Pompen: filtraatpompen (2 x 30 kW met regelbaar toerental) en spoelwaterpomp (30 kW) opgesteld in kelder met geluidabsorberende wanden (geperforeerde stenen met daarachter mineraalwol). De motoren van de filtraatpompen zijn voorzien van een geluidreducerende kap, waardoor het geluidsniveau op 1 m afstand is gedaald van maximaal 102 naar 82 dB(A).

middelste mens een gelijke hinder veroorzaken. Deze zgn. NR-curve zijn door de International Organization for Standardization (ISO) vastgelegd in een ontwerp-aanbeveling ISO-TC 43-325. De NR-waarden worden aangegeven in curven die de hoogst toelaatbare geluidsdruk-niveaus vertegenwoordigen gemeten in dB t.o.v. $2 \times 10^5 \text{ N/m}^2$ of $20 \mu\text{Pa}$ in de eerder genoemde acht octaafbanden (afb. 2). De genoemde ISO-NR curven zijn te beschouwen als waarderingspectra, waarmee gemeten en/of berekende geluidsspectra vergeleken kunnen worden ter bepaling van de hinderlijkheid van het geluid. Het nummer van de NR-curve is gelijk aan het geluidsdruk-niveau in dB in de 100 Hz band. Het verband tussen dB(A) en NR is globaal: $\text{NR} = \text{dB(A)} - 5 \text{ dB}$. Voorbeeld: $\text{NR } 35 \approx 40 \text{ dB(A)}$.

Equivalent geluid(druk)niveau

Als een geluidsbelasting constant is in de tijd, dan correspondeert deze direct met het gemeten of berekende geluidsdruk-niveau L_p in dB of geluidsniveau L_{pa} in dB(A). In het geval van een sterk met de tijd fluctuerende geluidsbelasting correspondeert deze met het zgn. 'equivalente geluidsniveau' L_{eq} in dB of dB(A).

Het equivalente geluidsniveau is gelijk aan het niveau van een stationair geluid dat in de te beschouwen tijdsperiode dezelfde hoeveelheid energie vertegenwoordigt als het werkelijk aanwezige fluctuerende geluid.

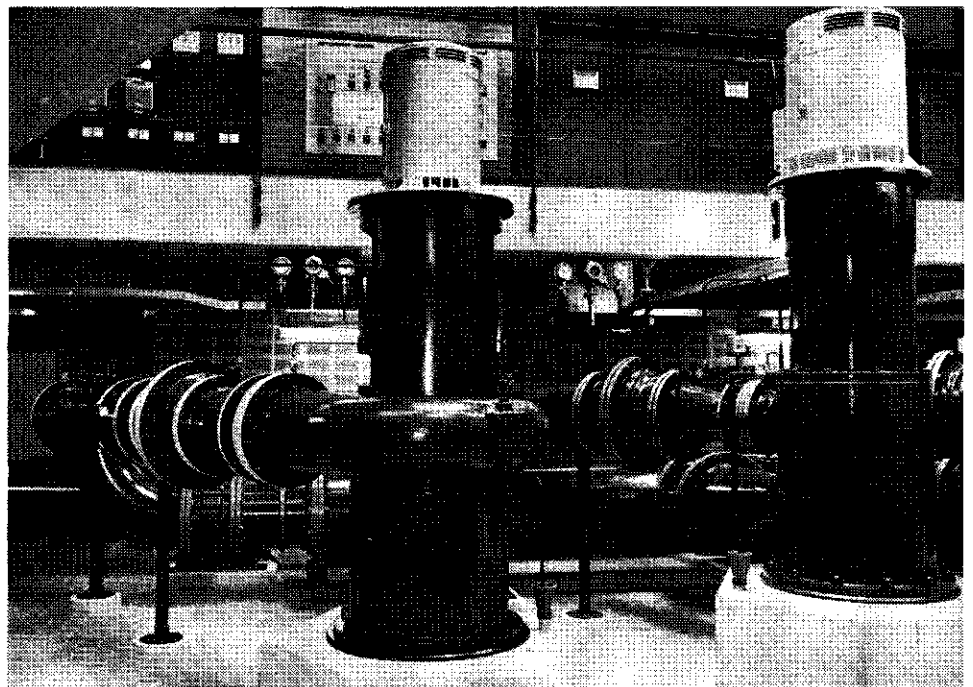
Dit equivalente geluidsniveau is te bepalen met de volgende formules:

$$\rightarrow L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L_p/10} \cdot dt \text{ dB(A)} \quad (4)$$

of

$$\rightarrow L_{eq} = 10 \log \frac{1}{T} \sum_{k=1}^n 10^{L_{pk}/10} \cdot \Delta t_k \text{ dB(A)} \quad (5)$$

Pompen: reinwaterpomp (70 kW) (rechts) en spoelwaterpomp (30 kW) (links) opgesteld in kelder met geluidabsorberende wanden (geperforeerde stenen met daarachter mineraalwol).



Hierin is:

L_{eq} = equivalente geluidsdruk-niveau in dB of equivalente geluidsniveau in dB(A)

$$T = \sum_{k=1}^n \Delta t_k = \text{de meetperiode}$$

L_p = geluidsdruk-niveau gedurende de meetperiode

L_{pk} = geluidsdruk-niveau op een bepaald ogenblik (k) van de meetperiode

Δt_k = tijdseenheid

Geluidsvermogeniveau in dB

Elk geluidproducerend apparaat bezit een bepaald geluidsvermogen.

Wiskundig luidt de definitie van het geluidsvermogeniveau L_w :

$$\rightarrow L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad (6)$$

Hierin is:

L_w = het geluidsvermogen van de bron in dB.

W = geluidsvermogen van de bron in Watt.
 W_0 = het referentiegeluidsvermogen van 10^{-12} W .

We zien uit formule (6) dat een vergroting van het geluidsvermogen met een factor 2 een geluidsvermogeniveauverhoging van 3 dB tot gevolg heeft.

Verder kunnen we met deze formule berekenen dat een geluidsbron met een geluidsvermogen van 1 Watt een geluidsvermogen-niveau heeft van 120 dB.

Nagalmtijden

(5) Als een geluidsbron in een besloten ruimte

plotseling zwijgt, dan zal men het geluid nog enige tijd horen naklinken, waarbij men het geluidsniveau hoort dalen.

Onder nagalmtijd T (in seconden) verstaat men de tijd, die bij het wegsterven van het in een ruimte opgewekte geluid moet worden gewacht, i.p.v. totdat de geluidsenergie in deze ruimte tot één miljoenste ($1/10^6$) van zijn waarde is gedaald, dat wil zeggen tot het geluiddrukkniveau 60 dB is gedaald nadat de geluidsbron is opgehouden geluid voort te brengen.

In een ruimte kan men eigenlijk niet spreken van een nagalmtijd, maar van nagalmtijden, want de nagalmtijd zal vrijwel nooit voor alle frequenties gelijk zijn. De nagalmtijden van een ruimte zijn onder meer afhankelijk van het volume van de ruimte en van de mogelijkheden tot geluidabsorptie in de ruimte. Dit is onder andere afhankelijk van de afwerking van de ruimte.

De Amerikaanse natuurkundige Wallace Clement Sabine vond empirisch en theoretisch het verband tussen de nagalmtijd T en het ruimtevolume V en de totale geluidabsorptie A van de ruimte:

$$T = \frac{1}{6} \frac{V}{A} \quad (7)$$

Hierin is:

T = nagalmtijd in seconden;

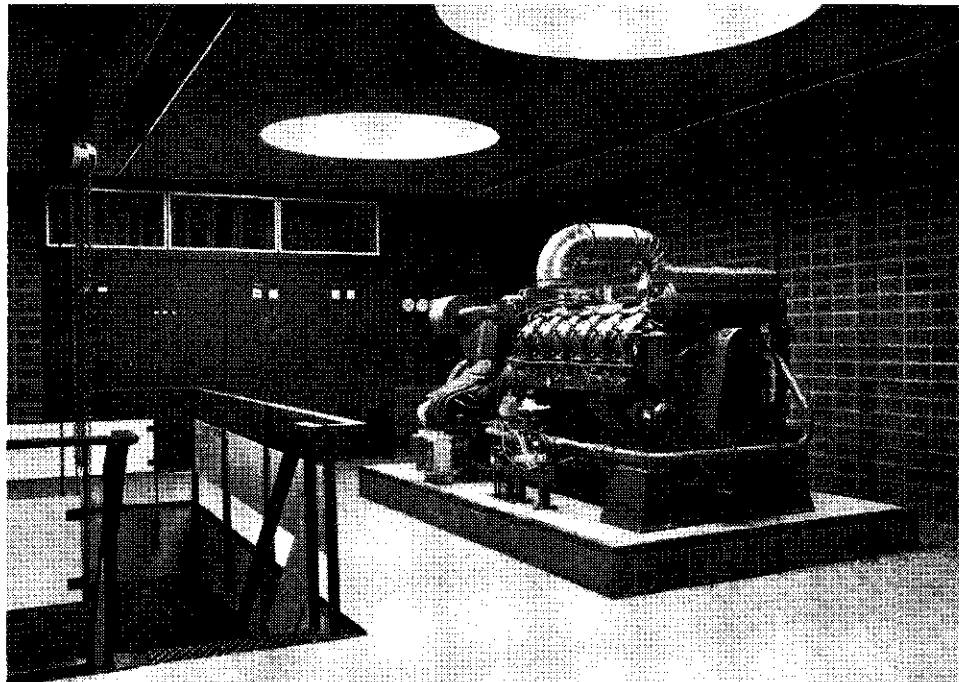
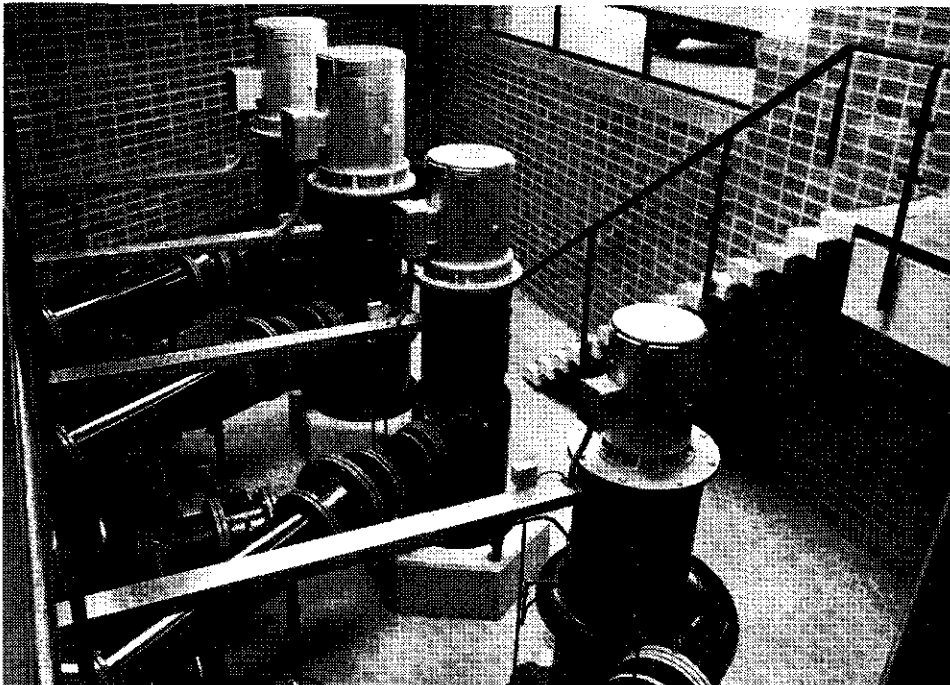
V = volume in m^3 ;

A = totale absorptie in m^2 'open raam'.

Onder absorptie A van een oppervlak S (in m^2) met een absorptiecoëfficiënt a verstaat men het produkt $S \times a = A$.

Voor de technische ruimten in een pomp-

Pompen: reinwaterpompen (2 x 160 kW en 1 x 70 kW) en spoelwaterpomp (30 kW) (voorste), opgesteld in kelder met geluidabsorberende wanden (geperforeerde stenen met daarachter mineraalwol).



Noodstroomaggregaat met generator (400 kVA) opgesteld in ruimte met geluidabsorberend plafond (houtwolcementplaten) en geluidabsorberende wanden (geperforeerde stenen met daarachter mineraalwol).

station van een waterleidingbedrijf is het in het algemeen gesproken gunstig als de nagalmtijden kort zijn.

Toelaatbaar geluidsniveau

Het verblijven in een ruimte met een hoog geluidsniveau kan de gezondheid van de mens schaden. Het is een bekend verschijnsel, dat gehoorverlies kan optreden door

het blootstaan aan een hoog geluidsniveau. Andere ongewenste effecten zijn o.a. ergernis, slaapverstoring, nervositeit, belasting van het vegetatieve zenuwstelsel (o.a. in de vorm van bloeddrukverhoging en toeneming van de hartfrequentie), belasting van het centrale zenuwstelsel (o.a. in de vorm van neurosen, hoofdpijn, vermoeidheid e.d.), verstoring van de communicatie (boven 90 dB(A) vrijwel onmogelijk), vermindering van de werkprestaties (o.a. sneller kans op fouten maken), verlaging van de veiligheid (waarschuwingssignalen worden niet gehoord), etc.

Of er gehoorbeschadiging optreedt hangt af van een aantal factoren:

- de sterkte van het geluid in dB(A);
- de verblijfstijd in een bepaald geluidsniveau;
- het karakter van het geluid (impulsvorming, pieken);
- de frequentiesamenstelling van het geluid (zuivere tonen, hoge geluidsfrequenties);
- de gevoeligheid voor gehoorbeschadiging (individuele verschillen).

In de ISO Recommendation R 1999 (1971): 'Assessment of noise exposure during work for hearing conservation purposes' wordt de invloed van het werken in een lawaaiige omgeving aangegeven.

In het rapport van de Gezondheidsraad inzake geluidhinder (nov. 1971) wordt in tabel I (hier niet weergegeven), die ontleent is aan de bovengenoemde ISO R 1999, de invloed van het verblijven (werken) in lawaai gedurende een aantal jaren aange-

geven. Hierna volgt onderstaande tabel II, waarin het percentage slechthorenden als functie van de leeftijd van de mensen wordt aangegeven. Het gaat daarbij om personen, die op 18-jarige leeftijd met werken zijn begonnen en om het geluidsniveau (in dB(A)) waaraan zij zijn blootgesteld.

TABEL II - Geluid en gehoorbeschadiging.

Geluidsniveau in dB(A)	Leeftijd in jaren				
	18	28	38	48	58
80 of minder	1	3	7	14	33 %
85	1	6	13	22	43 %
95	1	20	34	45	62 %
105	1	45	64	76	87 %

Opmerkingen:

1. Slechthorend wil hier zeggen dat de mens een gehoorverlies hebben van tenminste 25 dB gemiddeld over de frequenties 500, 1000 en 2000 Hz.
2. Uit bovenstaande tabel blijkt dat van de mensen die gedurende hun leven niet langdurig aan een geluidsniveau van meer dan 80 dB(A) zijn blootgesteld, 33 % van de 58-jarigen slechthorend wordt (leeftijdsverschijnsel). Neemt men de 58-jarigen die dagelijks aan een geluidsniveau van 95 dB(A) blootstaan, dan ziet men in de tabel dat 62 % slechthorend is. Door het werken in lawaai is dus het percentage slechthorenden met 29 % toegenomen, d.w.z. bijna verdubbeld.
3. Het verdient aanbeveling om mensen die regelmatig werken in een geluidsniveau boven de 80 dB(A) (≈ NR 75) periodiek audiometrisch te controleren. Uit een recent onderzoek (1976) is gebleken, dat in de Nederlandse industrie ca. 23 % van de werknemers dagelijks wordt blootgesteld aan een geluidsniveau van meer dan 90 dB(A).

Geluidsnormen binnen

Wat er in Nederland op dit moment wettelijk is geregeld voor het bereiken van een aanvaardbare situatie betreffende het geluid binnen bedrijven, staat o.a. vermeld in de Veiligheidswet (1934). De Veiligheidswet biedt de Minister van Sociale Zaken op grond van artikel 7 en 11 de mogelijkheid om door middel van Algemene Maatregelen van Bestuur het een en ander vast te leggen met betrekking tot het toelaatbare geluidsniveau in fabrieken of werkplaatsen. In een recente wijziging van het 'Veiligheidsbesluit voor Fabrieken of Werkplaatsen (1938)', zoals gepubliceerd in het Staatsblad no. 52 van 1977, zijn enige bepalingen opgenomen die betrekking hebben op het toegestane geluidsniveau op de werkplaats. O.a. blijkt dat de minister van

Sociale Zaken niveaus kan vaststellen waarboven geluid als schadelijk kan worden aangemerkt.

De genoemde minister is voorshands van mening dat een geluidsniveau boven de 90 dB(A) als schadelijk moet worden aangemerkt. Het districtshoofd van de Arbeidsinspectie kan eisen stellen ten aanzien van de tijd gedurende welke arbeiders mogen verblijven in een omgeving waar schadelijk geluid (> 90 dB(A)) heerst of doordringt. Ook is de werkgever verplicht gehoorbeschermingsmiddelen te verstrekken aan de werknemers die aan schadelijk geluid blootstaan. Tevens moet hij toezicht houden op het gebruik ervan en voldoende voorlichting geven. Verder staat in het Arbeidsbesluit Jeugdigen (1972) een artikel dat jongeren onder 18 jaar verbiedt te werk te worden gesteld in ruimten waar het geluidsniveau hoger is dan 90 dB(A).

Geluidsnormen buiten

Het door industriële vestigingen (door de wetgever 'inrichtingen' genoemd) uitgestraalde geluid kan in principe worden beteugeld via de Hinderwet (van mei 1952); met behulp van deze wet kunnen aan de vergunning voorwaarden worden verbonden ter beperking van de door de betreffende inrichting in de omgeving veroorzaakte geluidsniveaus. De in het kader van de Hinderwet vereiste vergunning wordt afgegeven door Burgemeester en Wethouders van de betreffende gemeente. De meeste gemeenten in Nederland werken tegenwoordig met de aanbevolen grenswaarden voor de geluidsbelasting zoals die zijn omschreven in de circulaire inzake de bestrijding van Geluidhinder, die is uitgebracht aan de gemeente- en provinciale besturen door de Minister van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (d.d. 28 augustus 1973). Als uitgangspunt hiervoor heeft de minister zich gebaseerd op de richtlijnen zoals neergelegd in de aanbeveling 'Assessment of noise with respect to community response' van de International Organization for Standardization (ISO/R1996-1971). De basisnorm is volgens deze ISO/R1996: 35 à 45 dB(A) (dit geldt overdag voor een landelijke omgeving). In Nederland wordt het basiscriterium gesteld op 40 dB(A) overeenkomstig het door de Gezondheidsraad uitgebrachte advies. Op dit basisgeluidsniveau van 40 dB(A) dienen correcties te worden aangebracht voor de aard van de woonomgeving en voor het tijdstip van de dag. In de circulaire Geluidhinder wordt een aantal geluidsniveaus aanbevolen, waarin de correcties voor het tijdstip van de dag

en de aard van de woonomgeving zijn verwerkt.

In tabel III zijn deze aanbevolen grenswaarden voor de woonomgeving weer gegeven.

TABEL III - Aanbevolen grenswaarden voor de geluidsbelasting voor de woonomgeving

Aard woonomgeving	waarde in dB(A)		
	aanbevolen	grensdag	avond nacht
1. landelijke omgeving (ook voor herstellingsdoelen en stille recreatie)	40	35	25
2. rustige woonwijk, weinig verkeer	45	40	30
3. woonwijk in de 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

Opmerking: De geluidsniveaus in dB(A) moeten gemeten worden met een Precision Sound Level Meter 1,5 m en 5 m (verdiepingshoogte) boven de grond en 3,5 m vanaf geluidreflecterende gevels van de woning.

Om de gemeten geluidsniveaus te kunnen toetsen aan de gestelde normen, dienen er soms ook nog correcties op deze meetwaarden te worden aangebracht, afhankelijk van het karakter en de tijdsduur van het te beoordelen geluid, zoals aangegeven in tabel IV.

TABEL IV - Correcties op het gemeten geluidsniveau in dB(A).

karakteristieke kenmerken van het geluid	correctie in dB(A)
a. piekfactor	
pulserend geluid (bijv. hameren)	+ 5
b. spectrumverloop	
hoorbare tooncomponenten aanwezig (bijv. janktoon)	+ 5
c. tijdsduur van het geluid met geluidsniveau L _a als een percentage van de relevante tijdsperiode	
tussen: 100 en 56	0
56 en 18	- 5
18 en 6	- 10
6 en 1,8	- 15
1,8 en 0,6	- 20
0,6 en 0,2	- 25
> 0,2	- 30

De wet Geluidhinder is o.a. van toepassing op de grote 'lawaaiproducenten' (bijv. elektrische centrales, raffinaderijen, suikerfabrieken, open metaalbedrijven, open chemische industrieën etc.; deze industrieën zullen nader worden omschreven in een inrichtingenbesluit). De andere inrichtingen blijven nog onderworpen aan de bepalingen van de Hinderwet. Het is te verwachten dat ook pompstations van waterleidingbedrijven onder de Hinderwet zullen blijven vallen.

omschrijving geluidsbron	geluidsdruk-niveaus in dB t.o.v. 2×10^{-5} Pa								
	octaafbandmiddenfrequenties in Hz								
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. pomp met 130 kW gelijkstroommotor (n = 1500 o/m) (regelbaar) L_p op 1 m in techn. ruimte	85	86	92	92	89	85	78	72	94
2. pomp met 180 kW draaistroommotor (n = 1500 o/m) (vast) L_p op 1 m in techn. ruimte	76	80	79	84	84	80	71	65	87
3. dieselaggregaat 475 kVA, n = 1500 o/m L_p op 1 m in techn. ruimte	89	99	99	101	106	101	102	102	110
4. spoelluchtblower 30 kW, n = 965 o/m L_p op 1 m in techn. ruimte	88	86	82	84	83	80	81	70	88
5. persluchtcompressor (zuigercompressor) (11 pk motor), n = 500 o/m L_p op 1 m in techn. ruimte	77	87	87	80	78	77	75	69	84
6. dakventilator met cap. = 14.000 m ³ /h en stat. druk = 260 Pa en n = 900 o/m L_p op 1 m buiten	85	88	84	78	74	71	64	57	81

In de wet Geluidhinder worden rondom bepaalde lawaaiige industrieën of industrieterreinen waarop deze bedrijven zijn gevestigd of kunnen worden gevestigd, zgn. geluidzônes vastgesteld, waarbij op de zônegrens tengevolge van het industrie-terrein een maximaal geluidsniveau is toegestaan van 50 dB(A) overdag, 45 dB(A) 's avonds en 40 dB(A) 's nachts.

Voorbeelden van optredende geluidsniveaus

In pompstations van waterleidingbedrijven staan vele geluidvoortbrengende apparaten opgesteld; in het bovenstaande overzicht wordt aan de hand van enige voorbeelden getracht om u een indruk te geven van de optredende geluidsniveaus.

Lawaaibestrijding t.b.v. binnen

Het grondpatroon van de geluidoverdracht luidt: bron - overdrachtsweg - waarnemer. Lawaaibestrijding zal primair plaats moeten vinden bij de bron en secundair bij de overdrachtsweg. In het hierna volgende zal in het kort de principe-aanpak van de lawaaibestrijding bij pompstations van waterleidingbedrijven worden behandeld.

— Net als bij elke andere industriële vestiging begint ook hier de lawaaibestrijding bij de keuze en de aankoop van de apparatuur. Bij het aanvragen van de diverse offertes dient ook aan de fabrikanten te worden gevraagd wat de geluidproductie van de diverse machines is.

— Contactgeluidopwekking kan heel vaak worden voorkomen door de apparatuur trillinggeïsoleerd op te stellen.

— Het in een gesloten ruimte optredende

geluidsniveau kan worden beïnvloed door geluidabsorptie in de ruimte aan te brengen. Er kan bijv. geluidabsorberend materiaal worden aangebracht aan het plafond en/of op de wanden. Als de hoeveelheid absorptie in een ruimte met een factor twee wordt vergroot, krijgt men theoretisch in het zgn. nagalmveld (dit is op zekere afstand van de geluidsbron) 3 dB niveauverlaging. Als de hoeveelheid absorptie met een factor drie wordt vergroot, zal de niveauverlaging in het nagalmveld theoretisch 5 dB bedragen.

Om een geluidsniveauverlaging van 10 dB in het nagalmveld te bereiken, zal men dus de hoeveelheid geluidabsorptie 10 maal zo groot moeten maken. Dit zal echter in de meeste gevallen niet alleen praktisch onuitvoerbaar blijken te zijn, doch tevens onbetaalbaar worden ('de laatste dB's worden duur betaald!'). Een geluidsniveaudaling van ca. 6 dB in het nagalmveld door het vergroten van de hoeveelheid geluidabsorptie, blijkt in het algemeen in de praktijk nog net te realiseren op een economisch verantwoorde wijze.

Veel toegepaste geluidabsorberende materialen zijn bijv. houtwolmagnesium- of houtwocementplaten en mineraalwol (glaswol of steenwol) eventueel achter een geperforeerde plaat of gaatjessteen.

— Ook is het mogelijk om geluidsbronnen te voorzien van een geluidsisolerende omkasting. Hierbij moet er wel op worden gelet, dat ook binnen deze ommanteling geluid-absorberend materiaal wordt aangebracht, anders kan het resultaat aanzienlijk beneden de gestelde verwachtingen blijven, omdat het geluidsniveau in een niet van geluid-absorberend materiaal voorziene omkasting toeneemt door de reflecties.

Ook moet de nodige aandacht worden besteed aan de mogelijkheden van warmte-afvoer van de apparatuur, bijv. d.m.v. geforceerde ventilatie met behulp van ventilatoren. Dit moet op zodanige wijze gebeuren dat de geluidreducerende werking van de omkasting gehandhaafd kan worden. Tevens zullen de doorvoeringen van leidingen e.d. met de grootste zorgvuldigheid moeten worden uitgevoerd en ook moeten spleten en kieren goed worden afgedicht.

Lawaaibestrijding t.b.v. de omgeving

Al op het tekenbord begint de lawaai-bestrijding; in het bouwkundig ontwerp kan door een bepaalde indeling aan geluid-beheersing worden gedaan: de meest lawaaiige machines moeten bij voorkeur worden opgesteld in ruimten die gelegen zijn aan de minst 'geluidgevoelige' zijde m.b.t. de omgeving van het gebouw.

Ook het in een pompstation op te nemen kantoor of kantine o.i.d. moet bij voorkeur zo ver mogelijk van de meest lawaaiige ruimten (zoals noodstroomaggregatenruimte, pompkamer, spoelluchtblower-ruimte etc.) worden gesitueerd.

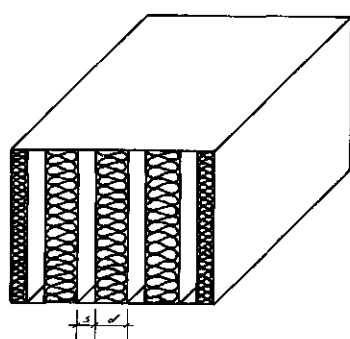
Om de geluidoverdracht van de geluidsbronnen, die binnenin het pompstation staan opgesteld, naar de omgeving te beperken, is het noodzakelijk dat de scheidingsconstructies (wanden en dak) een goede luchtgeluidsisolatie bezitten. De luchtgeluidsisolatie van een constructie wordt in belangrijke mate bepaald door de massa en de stijfheid van het materiaal waaruit de constructie is opgebouwd. Simpel gezegd kan men stellen, dat de luchtgeluidsisolatie toeneemt met de massa en ook kan men zeggen dat de isolatie toeneemt met de frequentie.

In tabel V zijn van een aantal min of meer bekende constructiematerialen de luchtgeluidsisolatiewaarden weergegeven.

TABEL V - Luchtgeluidsisolatie in dB.

	octaafbandmiddenfrequentie in Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
1. 180 mm beton	35	45	48	52	56	60
2. steens muur (afgepleisterd)	40	46	48	53	56	56
3. halfsteens muur (afgepleisterd)	31	35	39	41	48	51
4. 1 mm staalplaat	15	19	23	27	31	34
5. 4 mm aluminiumplaat	18	23	26	32	33	24
6. 22 mm multiplex	16	21	29	23	29	35
7. 6 mm vlakglas	21	26	30	33	27	31
8. 15 mm vlakglas	28	32	34	29	39	43

Hierbij moet worden opgemerkt, dat dit waarden zijn die onder ideale omstandigheden in het laboratorium zijn gemeten;



Principeschema coulissen geluiddemper

s = spleetbreedte
d = coulisdikte

Afb. 3 - Principeschema coulissen geluiddemper.
s = spleetbreedte d = coulisdikte

in de praktijk zullen deze waarden meestal lager uitvallen door de optredende spleten en kieren en door de zgn. flankerende transmissie via vloer, plafond en zijwanden en eventueel contactgeluid via de vloer.

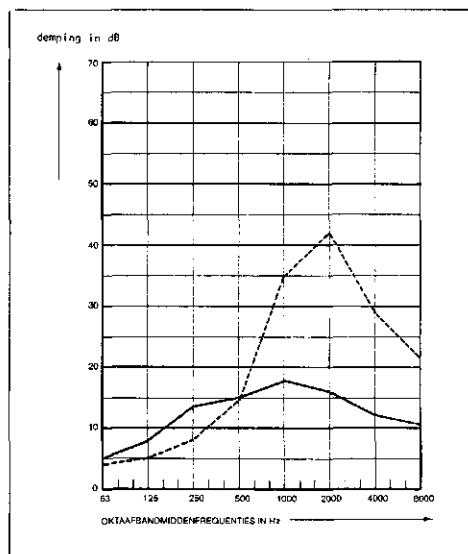
Gaten of openingen in het dak en de gevel, nodig voor de toevoer en afvoer van verbrandingslucht en koellucht, moeten worden voorzien van geluiddempende constructies.

Een goede oplossing voor dit probleem vormen de zgn. coulissendempers (zie afb. 3); dit zijn eigenlijk luchtkanalen met daarin geplaatst geluiddempende schotten (coulissen). Deze coulissen zijn meestal opgebouwd uit 100 of 200 mm dikke mineraalwolpakketten (steenwol of glaswol) en men noemt deze coulissendempers dan absorptiedempers.

Als er ook nog dunne metaalplaat (resonantieplaat) in of op de coulissen is

Afb. 4 - Karakteristieken geluiddemping coulissen geluiddempers.

----- absorptie geluiddemper
———— resonantieabsorptie demper



aangebracht, spreekt men van resonantie/absorptiedempers.

De absorptiedempers dempen het meest in de midden en hoge frequenties 1000, 2000 en 4000 Hz, terwijl de resonantieplaten in de resonantiedempers ervoor zorgen, dat de demping in de lage frequenties (125 en 250 Hz) toeneemt, hetgeen wel ten koste gaat van de midden en hoge frequenties (zie afb. 4).

Slotopmerking

Pompstations van waterleidingbedrijven kunnen, omdat ze vaak gesitueerd zijn in stille en dientengevolge geluidgevoelige gebieden, geluidoverlast in de omgeving veroorzaken. Door reeds bij het ontwerp van een nieuw pompstation rekening te houden met de geluidseisen, zowel m.b.t. binnen als m.b.t. de omgeving kunnen de noodzakelijke akoestische maatregelen op esthetisch verantwoorde wijze in het ontwerp worden ingepast, terwijl de kosten beperkt zullen kunnen blijven.



Verschenen

Beslissingscriteria in het Waterbeheer door M. Meersseman en J. Mariën

De laatste vijftig jaar heeft de intrede van de systeemanalyse in het waterbeheer internationaal de aanpak van problemen in de waterhuishouding een nieuw gezicht gegeven. De stroom van inleidingen over dit onderwerp in de Engelse taal is tot dusver nauwelijks gevolgd door inleidingen in de Nederlandse taal.

Een aanzet daartoe is gegeven in bovengenoemd boekwerkje, dat is uitgegeven in een reeks verzorgd door de Dienst Hydrologie van de Vrije Universiteit Brussel. Het boek bevat 138 pagina's en bevat naast vijf hoofdstukken een uitgebreide lijst van geraadpleegde werken. De eerste drie hoofdstukken (65 pagina's) behandelen de algemene opzet van optimaliseringsmodellen in het waterbeheer, terwijl de laatste twee hoofdstukken (50 pagina's) een uitwerking van deze theorie geven voor een stelsel reservoirs die tot doel hebben overstromingen te controleren.

In hoofdstuk I (Efficiëntie als doeleinde bij het ontwerp van waterbeheerssystemen) wordt een algemene economische achtergrond gegeven. Uitgaande van de productiefunctie (de relatie tussen productie en produktiefactoren) wordt het probleem van het optimaliseren van de netto-baten (economische efficiëntie) uitgewerkt.

De betekenis van termen als marginaal produkt, marginale kosten en ontwikkelingspad wordt hierbij besproken. Tevens wordt een korte vergelijking tussen de klassieke baten-kosten-benadering en methoden uit de operationele analyse gemaakt. Uitgebreid wordt aandacht gegeven aan de toepassing van deze economische theorie op ontwerpproblemen met betrekking tot een (stelsel van) reservoir(s). Het opstellen van een plan voor zo goed mogelijk waterbeheer is bij gebruik van optimaliseringsmethoden zeker niet beperkt tot die situatie waarbij de economische efficiëntie als enige doelstelling voor dat waterbeheer mag worden toegepast. Zou dit wel het geval zijn dan zouden alle mogelijke baten voortvloeiend uit een goed waterbeheer in geld zijn uit te drukken. Is dit wellicht nog mogelijk voor een doelstelling als 'ontwikkeling van een regio', problematisch wordt het voor een doelstelling als 'verbetering van het leefmilieu'. In hoofdstuk II (Inkomensverdeling als doeleinde) en hoofdstuk III (onkwantificeerbare en niet-monetaire baten) wordt de in hoofdstuk I behandelde theorie uitgebreid voor deze situatie. Bij de inkomensverdeling worden niet meer de netto-baten voor een gemeenschap geoptimaliseerd, doch een gewogen som van netto-baten voor de groepen in deze gemeenschap. Deze groepen zijn samen te stellen bijv. per streek, per inkomensklasse dan wel per leeftijd. Een korte uitbreiding van het hoofdstuk II over de wijze waarop in [1] de inkomenshervreiding is behandeld zou wenselijk zijn geweest. De in hoofdstuk III geschetste theorie is van recente datum. De gegeven referenties bieden zeker aanknopingspunten voor een grondiger studie dan in het kader van dit boekwerkje mogelijk is. In tegenstelling tot Hoofdstuk I en II geeft dit korte hoofdstuk geen enkel voorbeeld; uw recensent verwijst daarvoor naar [2].

De hoofdstukken IV (Kontrolle van overstromingen) en V (Bepaling van de kosten bij overstromingen) behandelen een toepassing van de in de eerste drie hoofdstukken gegeven theorie.

Hoofdstuk IV bevat een korte algemene inleiding over het probleem. Maatregelen tegen overstromingen en het ontwerp van reservoirs daartoe worden besproken. De zwaartepunten in hoofdstuk V zijn te vinden in de paragrafen over het opstellen van kostenfuncties bij overstromingen en over de omzetting van overstromingsafvoeren in overstromingskosten. De eerste van deze twee paragrafen geeft een overzicht van verschillende gebruikte methoden. Deze methoden houden meestal alleen rekening met de overstromingshoogte en niet met de overstromingsduur. De uitwer-