



BOUWFYSICA

T
T A
T A B
T A B E
T A B E L
T A B E L L
T A B E L L A
T A B E L L A R
T A B E L L A R I
T A B E L L A R I U
T A B E L L A R I U M

Vakgroep Bouwfysica

BOUWFYSISCH TABELLARIUM

t.b.v. het bouwfysica onderwijs aan de afdeling
der Civiele Techniek en de afdeling der Bouwkunde,
verzorgd door de vakgroep bouwfysica
o.l.v. Prof. Ir. A. C. Verhoeven

Technische Hogeschool Delft
Afdeling der Civiele Techniek

1e uitgave okt. '78	4e herdruk sept. 1981		gc45.K	353040					f 3,--
------------------------	--------------------------	--	--------	--------	--	--	--	--	--------

L.S.

Bij de samenstelling van elk diktaat wordt er uiteraard naar gestreefd om fouten te voorkomen en de inhoud zo overzichtelijk mogelijk aan te bieden.

Niettegenstaande dat kunnen toch onduidelijkheden voorkomen en kunnen fouten zijn ingeslopen.

Indien U dan ook bij de bestudering van dit diktaat:

- onjuistheden ontdekt
- op onduidelijkheden stuit
- of gedeelten ontmoet, die naar Uw mening nadere uitwerking behoeven, verzoeken de samenstellers U dringend hen daarvan mededeling te doen.

Bij de volgende drukken kunnen dan op- en aanmerkingen worden verwerkt ten gerieve van toekomstige gebruikers.

Zonodig kan ook nog in de lopende cursus voor verduidelijking worden gezorgd.

VOORWOORD

Deze tweede uitgave van het Bouwfysisch Tabellarium, dat de bedoeling heeft om ten behoeve van het Bouwfysica onderwijs aan de Afdeling der Civiele Techniek en de Afdeling der Bouwkunde van de TH te Delft een verzameling van gevarieerde bouwfysische documentatie ter beschikking te hebben, wijkt sterk af van de eerste uitgave.

Allereerst zijn een aantal nieuwe gegevens bekend geworden die in deze uitgave zo goed mogelijk zijn verwerkt. Niet meer relevante of verouderde informatie is weggelaten, andere numerieke documentatie waaraan behoefte bestond is opgenomen.

Indien door verschillende bronnen ongelijke numerieke waarden werden aangegeven is een reëel geschatte "middelwaarde" aangehouden.

Men dient zich dan ook goed te realiseren, dat de numerieke waarden uit dit Tabellarium weliswaar zo goed mogelijk zijn aangepast, maar dat voor toepassing in de praktijk een kritische instelling vereist blijft.

Naast bovengenoemde numerieke informatie bevat deze uitgave ook een samenvatting van de belangrijkste formules uit de Bouwfysica dictaten gc40, gc41, gc42 en gc45.

De bedoeling hiervan is, dat dit Tabellarium op alle Bouwfysica tentamens mag worden geraadpleegd.

Te zijner tijd zullen ook de formules uit de andere Bouwfysica vakken worden opgenomen.

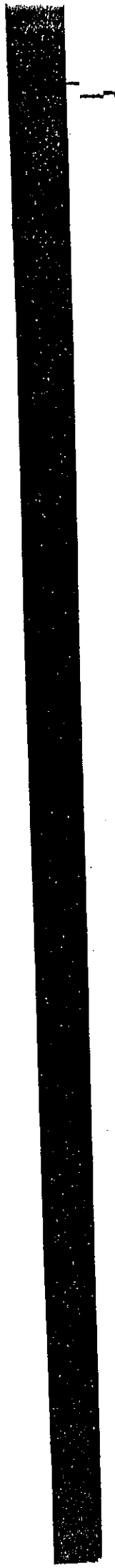
Gaarne zou ik mijn dank willen betuigen aan de medewerkers van de vakgroep Bouwfysica, die aan de totstandkoming van deze uitgave hebben meegewerkt.

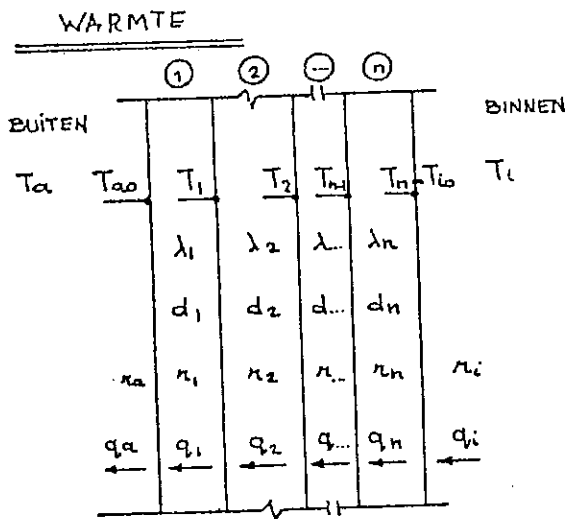
prof.ir. A.C. Verhoeven

	<u>Blz.</u>
<u>ALGEMEEN</u>	
- Formules gc40, gc41, gc45 en gc42	1
- Diverse veel voorkomende richtwaarden en vuistregels, uitsluitend te hanteren indien geen andere waarden gegeven zijn.	24
- Mathematische basisformules en een aantal veel voorkomende getalwaarden	25
- Tabel van e-machten	26
- Waarschijnlijkheidsintegraal of "error"-functie	27
- Herleidingsfactoren voor enige niet SI-eenheden naar SI	29
 <u>WARMTE EN VOCHT</u>	
- Schaal van Beaufort voor de windsterkte	30
- Windroos voor 5 plaatsen in Nederland	31
- Richting van de zonnestraling voor 52° N.B.	32
- Intensiteit direct zonnestraling op een horizontaal vlak voor 52° N.B. en Trübungsfactor T = 4	33
- Intensiteit directe zonnestraling voor verticale vlakken voor 52° N.B. en Trübungsfactor T = 4	34
- Vermenigvuldigingsfactor voor directe zonnestraling bij toepassing van een Trübungsfactor T = 4 + ΔT	38
- Diffuse straling op een horizontaal vlak voor 52° N.B. en verschillende Trübungsfactor oplopend van 2 tot en met 6	39
- Diffuse straling op een vertikaal vlak voor 52° N.B. en verschillende Trübungsfactor oplopend van 2 tot en met 6	41
- Bezonningsduur voor een vertikaal vlak in het vrije veld als functie van de oriëntatie voor 52° N.B.	43
- Buitenklimaat in Nederland	44
- Equivalent temperatuurverschil ΔT_{eq} in °C voor zonbestraalde wanden en platte daken	46
- Stralingsgetal C en absorptiecoëfficiënt A van verschillende oppervlakken bij temperaturen van 0 tot 200 °C (langgolvlige straling)	47
- Absorptiecoëfficiënt voor zonnestraling	49
- Uitzettingscoëfficiënten	50
- Numerieke waarden voor fysische materiaalgrootheden van bouw- en isolatiematerialen ten behoeve van het onderwijs in de bouwfysica	51
- Dampspanningstabel	55
- Dampspanningstabel voor temperaturen van 35 - 70 °C	56

	<u>Blz.</u>
- Bouwfysische berekening van een constructie	57
 <u>AKOESTIEK</u>	
- Genormaliseerde oktaafbanden, frequentiebereik van enkele geluid- bronnen	58
- Isofonen	59
- Geluidhinderkrommen (<u>Noise Rating Curves</u>)	60
- Wegingsfuncties voor omrekening van dB naar dB(A), dB(B) en dB(D)	61
- Materiaalconstante $\sqrt{E/\rho}$ voor enkele veel voorkomende bouwmaterialen	62
- Verkeerlawaai	63
- Trein- en vliegtuiglawaai	64
- Akoestische absorptiecoëfficiënten	65
- Absorptiecoëfficiënt niet-geperforeerd paneel	68
 <u>LICHT</u>	
- Luminantieverdeling in CIE-hemel	69
- Verlichtingsterkte in het vrije veld	70
- Lichtstroom, verlichtingsterkte, lichtsterkte	71
- Luminantie, verlichtingsterkten in ruimten	72
- Reflectiecoëfficiënt van verschillende oppervlakken bij wit licht	73
- Reflectiecoëfficiënt van diffuus reflecterende oppervlakken bij wit licht	74
 <u>LITERATUURLIJST</u>	 75

ALGEMEEN





nummering van de constructielagen

- temperaturen [°C]
- warmtegeleidingscoëfficiënten [W/mK]
- laagdikten [m]
- warmte weerstanden [m²K/W]
- warmte stroomdichtheden [W/m²]

Warmte geleidingscoëfficiënt λ [W/mK]

$$\lambda_{\text{VOCHTIG}} = \lambda_{\text{PROOG}} \left(1 + \frac{\sqrt{v}}{3}\right)$$

gc40/45

v = volumepercentage vocht van het materiaal.

Warmte weerstand van een constructie r_c [m²K/W]

$$r_c = r_1 + r_2 + \dots + r_n = \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n}$$

gc40/45

r_c = som van de warmte weerstanden van de afzonderlijke constructielagen

Warmte overgangcoëfficiënt α [W/m²K]

$$\alpha = \alpha_{\text{convectie}} + \alpha_{\text{straling}} + \alpha_{\text{geleiding}}$$

gc40/45

α_i = warmte overgangcoëfficiënt bij de overgang van materiaal en lucht aan de binnen zijde van de constructie.

α_e = warmte overgangcoëfficiënt bij de overgang van materiaal en lucht aan de buiten zijde van de constructie.

Totale warmte weerstand R_{tot} [m²K/W]

$$R_{\text{tot}} = r_i + r_c + r_e$$

gc40/45

R_{tot} wordt ook de warmte weerstand "lucht op lucht" genoemd.

$$r_i = 1/\alpha_i$$

$$r_e = 1/\alpha_e$$

WARMTE

Warmte doorgangscoefficient k [W/m^2K]

$$k = \frac{1}{R_{tot}}$$

gc40/45

In de praktijk wordt k de "k-waarde" van de constructie genoemd.

Warmtestroomdichtheid q [W/m^2]

$$q = -\lambda \frac{dT}{dx} = \frac{T_i - T_o}{R_i} = \frac{T_n - T_{n-1}}{R_n} = \frac{T_2 - T_1}{R_1} = \frac{T_{ao} - T_a}{R_a} = \frac{T_i - T_a}{R_{tot}}$$

gc40/45

Warmtestroom i [W]

$$i = q \cdot F = -\lambda \frac{dT}{dx} \cdot F$$

gc40/45

F is het oppervlak van de constructie in m^2 .

Deze formule is ongeveer geldig voor warmtestroom berekeningen.

Wet van Stefan - Boltzmann

$$q_s = C \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4$$

gc40/45

q_s in W/m^2 .

C = stralingsgetal van het oppervlak [W/m^2K^4].
Zwart = $5,76 W/m^2K^4$.

Wet van Kirchhof

$$E = A$$

gc40/45

E = emissie coefficient.

A = absorptie coefficient.

Stralingsoverdracht tussen twee vlakken

$$q_s = C_{res} \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4 \right]$$

$$\frac{1}{C_{res}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_{zwart}}$$

gc40/45

C_{res} = resulterend stralingsgetal van twee // vlakken.

C_1 = stralingsgetal van vlak 1

C_2 = stralingsgetal van vlak 2

C_{zwart} = stralingsgetal van een zwarte straler

WARMTE

Warmteovergangscoefficient α_s [W/m²K]

$$\alpha_s \approx 0,04 \cdot C_{res} \left(\frac{T_1 + T_2}{200} \right)^3$$

gc40/45

Formule is geldig voor kleine temperatuurverschillen.

Warmteovergangscoefficient α_g [W/m²K]

$$\alpha_g = C_{res}$$

gc40/45

Formule is geldig bij kamertemperaturen.

Warmteaccumulatie W [J/m²]

$$W = \rho c d (T_{gem} - T_a)$$

gc41/45

ρ = dichtheid in [kg/m³].
 c = soortelijke warmte [J/kg K].
 T_{gem} = gemiddelde temperatuur over de dikte in [°C].
 T_a = buitenluchttemperatuur in [°C].
 Formule is geldig voor de stationaire toestand

Benaderde opwarmtijd τ [s] voor enkelvoudige constructies

$$\tau = \frac{W}{q} = mc (0,5 \cdot n_c + n_a) \approx \frac{d^2}{2a}$$

gc41/45

W = Warmteaccumulatie in [J/m²]
 q = warmtestroomdichtheid in [W/m²].
 m = massa per m² in [kg/m²].
 c = soortelijke warmte [J/kg K].
 $a = \lambda / \rho c$ = temperatuurvereffeningcoëfficiënt
 $\tau \approx d^2 / 2a$ alleen toepasbaar indien $n_c \gg n_a$.
 Formule is geldig voor de stationaire toestand

Uitzetting door verwarming ΔL [mm]

$$\Delta L = \alpha \cdot L \cdot \Delta T$$

gc41/45

α = uitzettingscoëfficiënt [mm/m K].
 L = lengte van het materiaal [m]
 ΔT = temperatuurtoename van het materiaal [K]

Nachtelijke uitstraling

$$\frac{T_i - T_{ao}}{n_c + n_i} = \alpha_c (T_{ao} - T_a) + C_{res} \left\{ \left(\frac{T_{ao}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{atm}}{100} \right)^4 \right\}$$

gc41/45

T_i = binnenluchttemperatuur [K]
 T_{ao} = buitenoppervlaktetemperatuur [K]
 T_a = buitenluchttemperatuur [K]
 C_{res} = resultierend stralingsgetal [W/m²K⁴]
 T_{atm} = temperatuur van de atmosfeer [K]

WARMTE

Warmtebalans van een door de zon-
bestraalde constructie

$$A \cdot q_{\text{zon}} = \alpha_a (T_{\text{ao}} - T_a) + \frac{T_{\text{ao}} - T_i}{\frac{1}{k} - \frac{1}{\alpha_a}}$$

gc41/45

A = absorptiecoëfficiënt voor warmte-
straling.

q_{zon} = warmtebelasting t.g.v. de zon in $[W/m^2]$

Formule is geldig voor stationaire toestand

Sonnenluchttemperatuur T_s [$^{\circ}C$]

$$T_s = T_a + A \cdot q_{\text{zon}} / \alpha_a$$

gc41/45

Equivalent temperatuursverschil $(\Delta T)_{\text{eq}}$ [$^{\circ}C$]

$$(\Delta T)_{\text{eq}} = \bar{T}_s - T_i + f (T_s - \bar{T}_s)$$

gc41/45

\bar{T} = T_s gemiddeld over 24 uur in [$^{\circ}C$]

f = verkleiningsfactor, een maat voor de demping.

T_i = $26^{\circ}C$

\bar{T}_a = $24,5^{\circ}C$

Formule is geldig voor mat-stationaire
Zonbestraling en $T_i = 26^{\circ}C$ en $\bar{T}_a = 24,5^{\circ}C$

Equivalent temperatuursverschil $(\Delta T)_{\text{eq}}^*$ [$^{\circ}C$]

$$(\Delta T)_{\text{eq}}^* = (\Delta T)_{\text{eq}} + (T_{\text{am}} - 24,5) + (26 - T_i) + \alpha_T$$

gc41/45

α_T = Trübingfactor in [$^{\circ}C$], en is een maat voor
de luchtverontreiniging.

voor zuivere lucht is $\alpha_T = +1,5^{\circ}C$

voor industriële atmosfeer is $\alpha_T = -1,5^{\circ}C$.

T_{am} = gemiddelde buitenluchttemperatuur [$^{\circ}C$]

Differentiaal vergelijking van Fourier

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)$$

gc45

$\alpha = \lambda / \rho c$ [m^2/s]

Oplossing van de differentiaal verg. van
Fourier met sinusvormige randvoorwaarde

$$T_{x,t} = \bar{T} + \hat{T}_0 \cdot e^{-\alpha x} \cdot \cos \omega \left(t - \frac{x}{v} \right)$$

gc45

$A = \sqrt{\frac{\pi}{\alpha \cdot T_p}}$ = maat voor de demping.

$\omega = 2\pi f = 2\pi / T_p$ = hoekfrequentie

T_p = periode of trillingstijd

$v = \sqrt{\frac{4\pi \alpha}{T_p}}$ = voortplantingsnelheid van de
lopende golf in de x-richting.

Formule is geldig voor een half of medium

WARMTE

Dempingsdiepte X_e [m]

$$X_e = \sqrt{\alpha \cdot T_p / \pi}$$

gc45

Warmteindringing in een half ∞ medium, niet-stationair, m.b.v. de Sonnenluchttemperatuur

$$q_{zon} = \bar{q}_{zon} + \hat{q}_{zon} \cos \omega (t - 12)$$

$$T_a = \bar{T}_a + \hat{T}_a \cos \omega [(t - 12) - B]$$

$$T_s = \bar{T}_s + \hat{T}_s \cos \omega [(t - 12) - \tau_s]$$

$$\bar{T}_s = \bar{T}_a + A \cdot \bar{q}_{zon} / \alpha_a$$

$$\omega \tau_s = \arctg \left[\frac{\hat{T}_a \sin B \omega}{\hat{T}_a \cos B \omega + A \hat{q}_{zon} / \alpha_a} \right]$$

$$\hat{T}_s \sin \omega \tau_s = \hat{T}_a \sin B \omega$$

gc45

Temperatuursprong in een half ∞ medium.

$$T_{x,t} = A + B \cdot x + C \cdot \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{\beta=0}^{\beta=x/\sqrt{\lambda \alpha t}} e^{-\beta^2} d\beta$$

$$T_{x,t} = T_i + (T_o - T_i) \cdot \phi(\beta)$$

gc45

Contacttemperatuur T_c [$^{\circ}C$]

$$T_c = \frac{b_1 T_1 + b_2 T_2}{b_1 + b_2}$$

gc45

Formule is geldig voor een half ∞ medium

- q_{zon} = zombelasting in [W/m^2]
- T_a = buitenluchttemperatuur [$^{\circ}C$]
- T_s = sonneluchttemperatuur [$^{\circ}C$]
- ω = hoek frequentie
- B = tijdverschil in uur van optreden van maximum T_a en maximum q_{zon} .
- τ_s = tijlvertraging t.o.v. q_{zon} in uur.
- A = absorptiecoëfficiënt voor zonnestraling.

- f =
 - b =
 - c =
- = constanten, volgend uit begin en randvoorwaarden.

$$\phi(\beta) = \text{foutenintegral} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\beta} e^{-\beta^2} d\beta$$

- T_o = begin temperatuur van het medium [$^{\circ}C$]
- T_i = opgegeven temperatuur [$^{\circ}C$]

$$b = \sqrt{\lambda \rho c} \quad \text{in } [y/m^2 K s^{1/2}] = \text{contactcoëff.}$$

WARMTE

Niet-stationair temperatuurverloop

$$T_{(tot)} = \bar{T} + \tilde{T} = \bar{T} + T \cdot e^{i\omega t} = T + \hat{T} \cdot e^{i\phi} \cdot e^{i\omega t}$$

gc 45

$T_{(tot)}$ = totale temperatuur.
 \tilde{T} = fluctuerende temperatuur (harmonisch)
 \bar{T} = gemiddelde temperatuur.
 T = niet-tijdsafhankelijk deel.
 \hat{T} = modulus van het niet-tijdsafhankelijk deel.

Matrixvergelijking, niet-stationaire warmte-
inbrenging in een eindig medium.

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ q_1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} T_0 \\ q_0 \end{pmatrix}$$

gc 45

T = temperatuur
 q = warmtestroomdichtheid

$$a_{11} = a_{22} = \cosh(1+i) \cdot k \cdot d$$

$$a_{12} = - \frac{\sinh(1+i) \cdot k \cdot d}{\lambda(1+i) \cdot k}$$

$$a_{21} = - \lambda(1+i) \cdot k \cdot \sinh(1+i) \cdot k \cdot d$$

$$k = \sqrt{\omega / z \cdot \alpha} \quad \text{met } \alpha = \lambda / \rho c$$

Matrixvergelijking van een spouwconstructie
inclusief de overgangswastanden

$$\begin{pmatrix} T_i \\ q_i \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\alpha_i} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} \\ b_{21} & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -\alpha_p \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{\alpha_a} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{pmatrix} T_a \\ q_a \end{pmatrix}$$

gc 45

T = temperatuur
 q = warmtestroomdichtheid

Indien:

$$q_i = 0 \Rightarrow D = \frac{T_0}{T_1} = m_{22}$$

Indien:

$$T_i(t=t) = \text{constant} \Rightarrow D = \frac{T_0}{T_1} = m_{22} - \alpha_i m_{12}$$

Temperatuur amplitude damping D

$$\begin{pmatrix} T_1 \\ q_1 \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix} \begin{pmatrix} T_0 \\ q_0 \end{pmatrix}$$

$$D = \frac{T_0}{T_1}$$

gc 45

Kengetallen

$$\text{Kengetal van Fourier} = Fo = \alpha t / D^2$$

$$\text{Kengetal van Nusselt} = Nu = \alpha D / \lambda$$

gc 45

$\alpha = \lambda / \rho c$ [m²/s]
 t = tijd [s]
 D = karakteristieke lengtemaat [m]

VOCHT

Relatieve vochtigheid ϕ [%]

$$\phi = \frac{p_w}{p_s} \times 100 \% = \frac{c_w}{c_s} \times 100 \%$$

gc40/45

Wet van Boyle - Gay Lussac

$$p = \frac{n}{V} \cdot B \cdot T = c \cdot B \cdot T$$

gc40/45

ϕ uitgedrukt in concentraties

$$\phi = \frac{c_{s,T_d} \cdot T_d}{c_{s,T_i} \cdot T_i} \times 100 \% = \frac{c_{s,T_d}}{c_{s,T_i}} \times 100 \%$$

gc40/45

Waterdampstroomdichtheid g [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$]

$$g = \frac{\Delta c}{z} = \frac{\Delta p}{R_d}$$

gc41/45

Dampdiffusie weerstandgetal μ [-]

$$\mu = \frac{\text{materiaal dampdiffusie weerstand, dikte d materiaal}}{\text{lucht dampdiffusie weerstand, dikte d lucht}}$$

gc41/45

Wet van Fick

$$g = - D_{w,m} \cdot \left(\frac{\partial c}{\partial x} \right)$$

gc41/45

p_w = werkelijk optredende dampspanning in [Pa]

p_s = maximaal te bereiken dampspanning bij een bepaalde luchttemperatuur in [Pa]

c_w = werkelijk optredende dampconcentratie in [g/m^3]

c_s = maximaal te bereiken concentratie bij een bepaalde luchttemperatuur in [g/m^3]

n = massa van de damp [kg]

V = volume [m^3]

B = specifieke gasconstante = $462 \text{ J}/\text{kg} \cdot \text{K}$

T = absolute temperatuur [K]

c = concentratie in [kg/m^3]

c_{s,T_d} = maximale dampconcentratie, behorend bij T_d .

c_{s,T_i} = maximale dampconcentratie, behorend bij T_i .

T_d = damppuntstemperatuur

T_i = binneluchttemperatuur

Δc = waterdampconcentratieverschil in [kg/m^3]

z = dampdiffusie weerstand in [s/m]

$4,35 \cdot 10^4 \cdot \mu \cdot d$

Δp = waterdampdrukverschil in [N/m^2]

R_d = dampweerstand [m/s]

$5,3 \cdot 10^9 \cdot \mu \cdot d$

d = dikte in [m]

g = waterdampstroomdichtheid in [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$]

$D_{w,m}$ = waterdampdiffusiecoëfficiënt voor het materiaal in [m^2/s]

c = concentratie in [kg/m^3]

x = afstand loodrecht op het materiaal in [m]

AKOESTIEK

Golflengte λ [m]

$$\lambda = c \cdot T = c / f$$

gc40/45

Verband tussen druk en deeltjesomhuid voor een vlak lopende golf.

$$p = \rho c \cdot v$$

gc40/45

Midden frequentia voor een oktaafband f_m [Hz]

$$f_m = f_1 \cdot \sqrt{2} = f_2 / \sqrt{2}$$

gc40/45

Effectieve geluiddruk p_{eff} [Pa]

$$p_{eff} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} p^2 dt} = \sqrt{\overline{p^2}}$$

gc40/45

Geluiddruk niveau L_p [dB]

$$L_p = 10 \log \frac{p_{eff}^2}{p_0^2}$$

gc40/45

Geluidvermogen niveau L_P [dB]

$$L_P = 10 \log \frac{P}{P_0}$$

gc40/45

c = geluidssnelheid in [m/s]
 $c_{lucht} = 340$ m/s

T = periode of trillingstijd in [s]
 f = frequentia in [Hz]

ρc = specifieke akoestische golfweerstand =
 ≈ 410 kg/m²s

f_1 = bovengrens van een oktaaf

f_2 = ondergrens van een oktaaf

$p_0 = 2.0 \mu Pa$

$P_0 = 10^{-12}$ [W]

AKOESTIEK

Geluidintensiteitsniveau LI [dB]

$$I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$$

$$LI = 10 \log \frac{I}{I_0}$$

gc40/45

Verband tussen LI en Lp voor een vlak lopende golf

$$LI \approx Lp$$

gc40/45

Resulterende geluiddruk van onafhankelijke geluiden p_{eff} [N/m²]

$$p_{eff, res}^2 = p_{eff, 1}^2 + p_{eff, 2}^2 + \dots + p_{eff, n}^2$$

gc40/45

Resulterende geluidsniveau van onafhankelijke geluiden L_{pres} [dB]

$$L_{pres} = L_{p_1} + L_{p_2} + \dots + L_{p_n} = 10 \log \frac{p_{eff, 1}^2 + p_{eff, 2}^2 + \dots + p_{eff, n}^2}{p_0^2}$$

gc40/45

voor n onafhankelijke even luidende geluiden met een geluidsniveau L_{p_i} gaat de formule voor L_{pres} over in:

$$L_{pres} = L_{p_i} + 10 \log n \quad [dB]$$

Intensiteit in een vlak I op een vlakke lopende golf

$$I = \frac{p_{eff}^2}{\rho c}$$

gc40/45

Intensiteit in een diffuus geluidsveld

$$I = \frac{p_{eff}^2}{4\rho c}$$

gc40/45

AKOESTIEK

Verband tussen P en I in vrije veld condities.

$$P = I \cdot F$$

gc40/45

Verband tussen P en I in een begrensde ruimte

$$P = I \cdot A$$

gc40/45

Verband tussen Lp en LP bij vlakke lopende golven.

$$L_p = L_P - 10 \log 4\pi R^2 \text{ voor puntbron}$$

$$L_p = L_P - 10 \log 2\pi R \text{ voor lijnbron}$$

gc40/45

Luidheid S [soon]

$$S = 2 \frac{F - 40}{10}$$

gc40/45

Equivalent geluidniveau Leq [dB(A)]

$$L_{eq} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_{eff}^2}{g(f) \cdot P_0^2} dt \right]$$

$$\approx 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \sum_i \Delta t_i \cdot 10^{L_i/10} \right]$$

gc40/45

P = geluidvermogen in [W]

F = oppervlakte waarover de geluidgolf zich heeft verspreid.

Voor een puntbron: $P = I \cdot 4\pi R^2$ (bol)

Voor een lijnbron: $P = I \cdot 2\pi R$ (cilinder)

$A = \sum_i a_i S_i$ = totale absorptie in m² o.v.

a = absorptiecoëfficiënt [-]

S = oppervlakte [m²]

F = luidheidsniveau in [soon]

$t_2 - t_1$ = beschouwde tijdinterval

g(f) = weegfunctie voor de A-weging, waardoor Leq in dB(A) wordt verkregen.

L_i = midden van geluidniveau klasse i in dB(A).

Δt_i = tijdsduur, gedurende welke het geluidniveau binnen de klasse i valt.

AKOESTIEK

Reflectiecoëfficiënt r , absorptiecoëfficiënt a en transmissiecoëfficiënt t

$$a + r + t = 1$$

gc40/45

- $a = I_{\text{absorptie}} / I_{\text{invalend}}$
 $r = I_{\text{reflectie}} / I_{\text{invalend}}$
 $t = I_{\text{transmissie}} / I_{\text{invalend}}$

Wet van Sabine, Nagelmtijd T [s]

$$T = \frac{1}{6} \frac{V}{A}$$

gc40/45

- $V = \text{volume in } [m^3]$
 $A = \text{totale absorptie in } [m^2 \text{ or}]$

Geluiddrukniveau reductie ΔL_p

$$\Delta L_p = 10 \log \frac{I_{\text{voor}}}{I_{\text{na}}} = 10 \log \frac{A_{\text{na}}}{A_{\text{voor}}}$$

gc40/45

Geluiddrukniveau t.g.v. een puntbron in een zaal.

$$L_p = L_P + 10 \log \left[\frac{1}{4\pi R^2} + \frac{4(1-a)}{A} \right]$$

gc40/45

- $a = \text{gemiddelde absorptiecoëfficiënt van alle oppervlakken in de zaal.}$
 $A = \text{totale absorptie in } [m^2 \text{ or}].$

Galmstraal R_{galm} [m]

$$R_{\text{galm}} = \sqrt{\frac{A}{16\pi(1-a)}}$$

gc40/45

AKOESTIEK

Luchtgeluidisolatie R [dB]

$$R = 10 \log \frac{I}{I_0} = 10 \log \frac{I_{\text{inv.}}}{I_{\text{trans.}}}$$

gc41/45

Luchtgeluidisolatie R tussen 2 ruimten met diffuse geluidvelden.

$$R = L_z - L_o + 10 \log S/A$$

gc41/45

Genormeerde luchtgeluidisolatie D_{nT} [dB]

$$D_{nT} = L_z - L_o + 10 \log T/T_0$$

gc41/45

Genormeerde contactgeluidniveau L_{nT} [dB]

$$L_{nT} = L_{co} - 10 \log T/T_0$$

gc41/45

Luchtgeluidisolatie R_{res} van samengestelde constructies

$$R_{\text{res}} = R - 10 \log \left[\frac{S - S_1}{S} + \frac{S_1}{S} \cdot 10^{(R - R_1)/10} \right]$$

gc41/45

L_z = geluiddrukniveau in zendervertrek [dB]
 L_o = geluiddrukniveau in ontvangervertrek [dB]

S = oppervlakte van de scheidingsconstructie [m^2]
 A = totale absorptie in [m^2 OR.]

T = nagalmtijd van het ontvangervertrek [s]
 T_0 = referentie nagalmtijd = 0,5 s.

L_{co} = gemeten geluiddrukniveau in de ontvangervertrek.

T = nagalmtijd in de ontvangervertrek
 T_0 = referentie nagalmtijd = 0,5 s

S = totaal oppervlakte in [m^2]
 S_1 = oppervlakte met de geringste isolatie [m^2]
 R = luchtgeluidisolatie van $S - S_1$ in [dB]
 R_1 = luchtgeluidisolatie van S_1 in [dB]

Indien $R - R_1 \gg 10 \log \frac{S - S_1}{S_1}$ wordt:

$$R_{\text{res}} \approx R_1 + 10 \log S/S_1$$

AKOESTIEK

Theoretische massawet voor een enkelvoudige constructie (\perp inval)

$$R = 10 \log \left[1 + \left(\frac{2\pi f m}{2\rho c} \right)^2 \right]$$

voor $m > 10 \text{ kg/m}^2$ en $f > 50 \text{ Hz}$:

$$R = 20 \log m + 20 \log \frac{f}{500} + 12$$

gc41/45

Praktische massawet

$$R' = 17,5 \log m + 17,5 \log \frac{f}{500} + 3$$

gc41/45

Theoretische massawet toegepast op een spouwconstructie (\perp inval)

$$R = 10 \log \left\{ \left[1 - \frac{(2\pi f)^2 (m_1 + m_2) \cdot C}{2} \right]^2 + \left(\frac{2\pi f}{2\rho c} \right)^2 \left[m_1 + m_2 - (\rho c)^2 \cdot C - (2\pi f)^2 m_1 m_2 C \right]^2 \right\}$$

gc41/45

Theoretische massawet toegepast op een spouwconstructie (\perp inval)

$$R = 10 \log \left[\left(1 - \delta \cdot \frac{f^2}{f_n^2} \right)^2 + \left(\frac{m_1 + m_2}{130} \right)^2 \cdot f^2 \left(1 - \frac{f^2}{f_n^2} \right)^2 \right]$$

gc41/45

f = frequentie in [Hz]

m = massa per m^2 in [$\frac{\text{kg}}{m^2}$]

ρc = specifieke akoestische golfweerstand in SI.

R = isolatiewaarde in [dB]

R' = isolatiewaarde in [dB]

f = frequentie in [Hz]

m_1, m_2 = massa van de spouwbladen in [$\frac{\text{kg}}{m^2}$]

ρc = specifieke akoestische golfweerstand in SI

$C = \frac{D}{14 \cdot 10^5}$ = slaphaid van de luchtlaag met dilate D in [m^3/N]

$$f_n = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 C}}$$

$$\delta = \frac{(m_1 + m_2)^2}{2 m_1 m_2} = 1 + \frac{m_1}{2 m_2} + \frac{m_2}{2 m_1}$$

AKOESTIEK

Resonantiefrequentie f_r [Hz]

$$f_r = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 m_2 D}}$$

gc41/45

m_1, m_2 = massa van de spouwbladen in $[kg/m^2]$
 D = spouwbreedte in $[m]$

Staande golven f_{st} [Hz]

$$f_{st} = \frac{170}{b} \cdot n$$

gc41/45

b = spouwbreedte in $[m]$

$n = 1, 2, 3, \dots$

Coincidentiefrequentie f_c [Hz]

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{c}{\sin\theta} \cdot \frac{1}{d} \sqrt{\frac{12}{E/\rho}}$$

$$\approx \frac{64 \cdot 10^3}{(\sin\theta)^2 \cdot d \cdot \sqrt{E/\rho}}$$

gc41/45

θ = hoek van inval van de vlakke lopende golf

d = dikte van de plaat in $[m]$

ρ = dichtheid van de plaat in $[kg/m^3]$

E = elasticiteitsmodulus van het materiaal in $[N/m^2]$

Grens-frequentie $f_{c,gr}$ [Hz]

$$f_{c,gr} = \frac{c^2}{2\pi d} \sqrt{\frac{12}{E/\rho}} \approx \frac{64 \cdot 10^3}{d \sqrt{E/\rho}}$$

gc41/45

Resonantiefrequentie van een trillende massa f_r [Hz]

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{mC}}$$

voor "verticale" opstelling:

$$f_r = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{v}}$$

gc41/45

m = massa van het trillend lichaam in $[kg]$

C = slagheid van de veer in $[m/N]$

g = zwaarte kracht versnelling $[m/s^2]$

$v = mgC$ = statische inzinking $[m]$

AKOESTIEK

Resonantie frequentie van niet-geperforeerde panelen f_r [Hz]

$$f_r = \frac{60}{\sqrt{mD}}$$

gc 41/45

D = spouwbreedte in [m]

m = massa van de plaat per m^2 in [kg/m^2]

Geperforeerde panelen.

$$f_i = 35000 \cdot \frac{d}{b^2}$$

gc 41/45

f_i = frequentie waarboven geperforeerde panelen nog maar weinig absorberen

d = diameter van de gaatjes in [mm]

b = afstand tussen de middelpunten van 2 gaten in [mm]

LICHT

Relatieve spektrale ooggevoeligheid $V(\lambda)$

$$V(\lambda) = \frac{P_{555}}{P_{\lambda}}$$

gc40/45

P_{555} = vermogen bij 555 nm voor de subjectieve helderheidsindruk

P_{λ} = vermogen bij λ nm voor dezelfde subjectieve helderheidsindruk

Totaal spectraalvermogen P [W]

$$P = \int_0^{\infty} \frac{dP}{d\lambda} d\lambda$$

gc40/45

$\frac{dP}{d\lambda}$ = spectraalvermogen van de bron bij golflengte λ

Lichtstroom ϕ [lm]

$$\phi = 670 \int_{380 \text{ nm}}^{780 \text{ nm}} V(\lambda) \cdot \frac{dP}{d\lambda} \cdot d\lambda$$

gc40/45

lm = lumen

670 = fotometrisch stralingsequivalent in [lm/W]

De integraalgrenzen mogen ook van 0 tot ∞ genomen worden

Lichtsterkte I [cd]

$$I = \frac{d\phi}{d\omega}$$

gc40/45

cd = candela = lm/sr

sr = steradianaal

Verband tussen lichtstroom en lichtsterkte

$$\phi = \int I d\omega$$

gc40/45

$\phi = I \cdot \omega$ binnen een bepaalde kleine ruimtehoek.

$\phi = I \cdot 4\pi$ voor $I = \text{constant}$ in alle richtingen en berekend over 4π sr.

Luminantie L [cd/m²]

$$L = \frac{dI}{d(S \cos \alpha)} = \frac{dI}{dS'}$$

gc40/45

S' = het schijnbaar oppervlak

α = hoek tussen loodlijn op vlak van luminantie en richting van waarneming

LICHT

Verlichtingssterkte E [lx]

$lx = lux = lm/m^2$

$$E = \frac{d\phi}{ds}$$

gc40/45

Reflectiefactor ρ

$$\rho = \frac{\phi_{\text{ge reflecteerd}}}{\phi_{\text{opvallend}}}$$

gc40/45

Cosinuswet van Lambert

$$I_{\alpha} = I_0 \cdot \cos \alpha$$

gc40/45

I_{α} = lichtsterkte onder hoek α met de normaal

$I_0 = LS$ = lichtsterkte loodrecht op het oppervlak

Formule geldt voor diffuus reflecterend of stralende oppervlakken.

Verband tussen verlichtingssterkte E en luminantie L van een diffuus reflecterend oppervlak

$$L = \frac{\rho E}{\pi}$$

gc40/45

Fotometrische grondwet

$$E = \frac{I \cos \alpha}{R^2}$$

gc40/45

R = afstand van lichtbron tot licht ontvangend oppervlakte in [m];

α = hoek tussen richting lichtbron/oppervlakte en normaal op het oppervlak

Verband tussen verlichtingssterkte E en lichtsterkte I

$$E = \frac{I \cos^3 \alpha}{R^2}$$

gc40/45

E = verlichtingssterkte in een punt van een vlak

h = afstand van lichtbron tot het vlak in [m];

α = hoek tussen richting lichtbron/oppervlakte en normaal op het oppervlak

LICHT

Algemene verlichtingsformule

$$E = \int L \cos \alpha \, d\omega = \int L \, d\omega_{\text{projectie}}$$

gc40/45

Verlichtingssterkte in vrije veld onder een egaal heldere hemel met luminantie L:

$$E = L \int_{h.b.} d\omega_{\text{projectie}} = \pi L$$

Hemelfactor h.f. [-]

$$h.f. = \frac{E_m}{E_{vv}} = \frac{L \int d\omega_{\text{proj}}}{L \cdot \pi} = \frac{\omega_{\text{proj}}}{\pi}$$

gc41/45

E_m = verlichtingssterkte in een meetpunt op het meetvlak t.g.v. het zichtbare gedeelte van de hemelkoepel.

E_{vv} = verlichtingssterkte in het vrije veld op een horizontaal vlak.

(egaal bedekte hemelkoepel, geen glas of belamming, geen interne reflectie, geen reflectie objecten in omgeving)

Daglichtfactor d.f. [-]

$$d.f. = \frac{E_m}{E_{vv}}$$

gc41/45

E_m = verlichtingssterkte in een meetpunt op het meetvlak (in een vertrek)

E_{vv} = verlichtingssterkte in het vrije veld op een horizontaal vlak.

(bedekte hemelkoepel, wel glas en evt. belammingen, wel interne reflectie)

Luminantieverdeling van de hemelkoepel

$$L_E = \frac{1 + 2 \sin E}{3} \cdot L_{\text{zenith}}$$

gc41/45

E = hoek boven de horizon

L_{zenith} = hemel-luminantie in het zenith

L_E = CIE-hemel.

Hemelcomponent d_h [-]

$$d_h = \frac{\int L_E \, d\omega_{\text{proj}} \text{ over de zichtbare hemel}}{\int L_E \, d\omega_{\text{proj}} \text{ over de eenheidskoepel}}$$

$$= \frac{L_{\bar{E}}}{L_{42}} \cdot h.f.$$

gc41/45

\bar{E} = gemiddelde elevatie

L_{42} = hemel-luminantie voor $E = 42^\circ$

$h.f.$ = hemelfactor

KOUDEBRUG

Koudebrug : uitbrenging

$$T_x = T_a + (T_s - T_a) \frac{e^{Na(La-x)} - e^{-Na(La-x)}}{e^{NaLa} - e^{-NaLa}}$$

$$T_y = T_i + (T_s - T_i) \frac{e^{Ni(Li-y)} - e^{-Ni(Li-y)}}{e^{NiLi} - e^{-NiLi}}$$

$$T_s = \frac{NiTi + NaTa}{Ni + Na}$$

gc42

- T_x = temperatuur van de uitbrenging t.p.v. x
- T_y = temperatuur van de uitbrenging t.p.v. y
- T_a = buitenluchttemperatuur
- T_i = binnenluchttemperatuur
- T_s = scheidings temperatuur van de uitbrenging
- x = afstand vanaf de scheiding naar buiten
- y = afstand vanaf de scheiding naar binnen
- La = lengte van de uitbrenging naar buiten
- Li = lengte van de uitbrenging naar binnen
- $Na = \sqrt{2\alpha_a / Da \cdot \lambda}$
- $Da =$ dikte van de uitbrenging aan buitenzijde
- $Ni = \sqrt{2\alpha_i / Di \cdot \lambda}$
- $Di =$ dikte van de uitbrenging aan de binnenzijde

Koudebrug : massieve kolom ($\lambda = \infty$)

$$T_k = \frac{\kappa_a T_i + \xi \cdot \kappa_i T_a}{\kappa_a + \xi \cdot \kappa_i}$$

gc42

T_k = temperatuur van de kolom

$\xi = F_a / F_i$

F_a = buiten oppervlakte van de kolom

F_i = binnen oppervlakte van de kolom

Koudebrug : massieve kolom ($\lambda =$ eindig)

$$T_k = \frac{T_a \cdot A + T_i \cdot B}{A + B}$$

$$A = Na Mi \left[Ma - 2(\lambda Na + \alpha_a) \cdot e^{NaLa} \right]$$

$$B = Ni Ma \left[Mi - 2(\lambda Ni + \alpha_i) \cdot e^{NiLi} \right]$$

gc42

$$Na = \sqrt{2\alpha_a / Da \cdot \lambda}$$

$$Ni = \sqrt{2\alpha_i / Di \cdot \lambda}$$

$$Mi = (\lambda Ni + \alpha_i) e^{NiLi} + (\lambda Ni - \alpha_i) e^{-NiLi}$$

$$Ma = (\lambda Na + \alpha_a) e^{NaLa} + (\lambda Na - \alpha_a) e^{-NaLa}$$

Elektrische analogon

serie schakeling van weerstanden :

$$R_{serie} = r_1 + r_2 + \dots + r_n$$

parallel schakeling van weerstanden :

$$\frac{1}{R_{paral.}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}$$

gc42

KOUDEBRUG ; SPOUW

Koudebrug : -hoekconstructie

$$T_{i0} = T_i - \left(\frac{r}{r_i + 0,45 r_{ongest} + 0,24 r_a} \right) (T_i - T_a)$$

gc42

r_{ongest} = warmte weerstand in het gebied met één dimensionale warmte-doorgang.

Verticale spouwen ; schoorsteentrek

$$\Delta P = \rho g h \frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{2} \rho v^2$$

gc42

ΔP = drukverschil aan bovenzijde in $[N/m^2]$

ρ = dichtheid van lucht in $[kg/m^3]$

g = zwaartekracht versnelling in $[m/s^2]$

ΔT = temperatuurverschil tussen binnen en buiten de schoorsteen of spouw.

T = gemiddelde absolute temperatuur van de luchttemperaturen binnen en buiten de schoorsteen of spouw.

v = snelheid in de schoorsteen of spouw.

Stromingsverliezen in spouwen

$$\Delta P_{totaal} = \Delta P_{plaatselijk} + \Delta P_{wrijving}$$

$$\Delta P_{plaatselijk} = \left[\left(\frac{1-\mu}{\mu} \right)^2 + \left(\frac{1-A_0}{A_s} \right)^2 + \left(\frac{1-\mu}{\mu} \right)^2 + 1 \right] \times$$

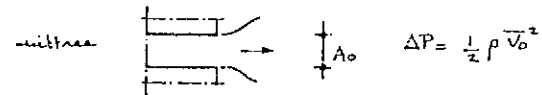
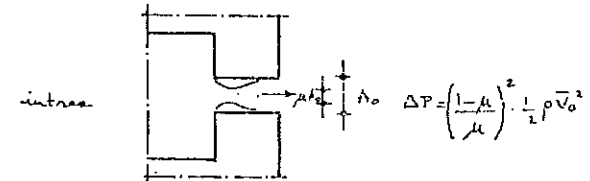
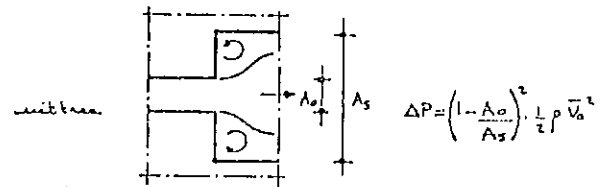
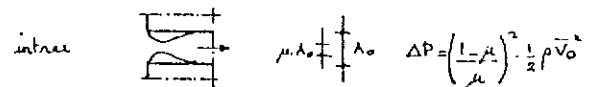
$$\times \left(\frac{A_s}{A_0} \right)^2 \times \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_s^2$$

$$A_0 \bar{v}_0 = A_s \bar{v}_s$$

gc42

$\Delta P_{wrijving} \ll \Delta P_{plaatselijk}$ voor normale spouwen.

μ = contractiecoëfficiënt = 0,61 voor scherpe hoeken.

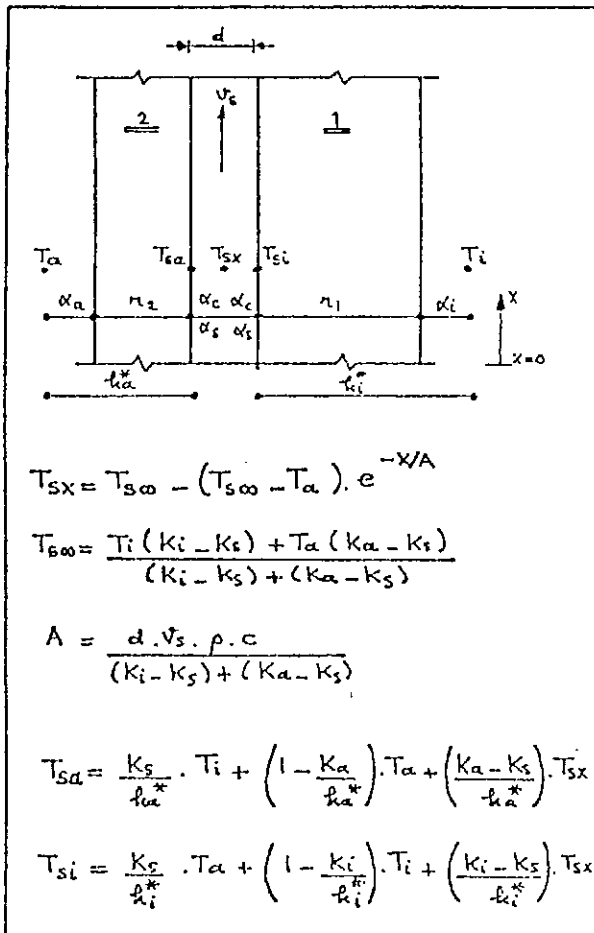


\bar{v}_0 = gemiddelde snelheid in de opening

\bar{v}_s = gemiddelde snelheid in de spouw

SPOUWVENTILATIE

Temperatuur in spouwen, methode Schley



$$T_{sx} = T_{s00} - (T_{s00} - T_a) \cdot e^{-x/A}$$

$$T_{s00} = \frac{T_i (k_i - k_s) + T_a (k_a - k_s)}{(k_i - k_s) + (k_a - k_s)}$$

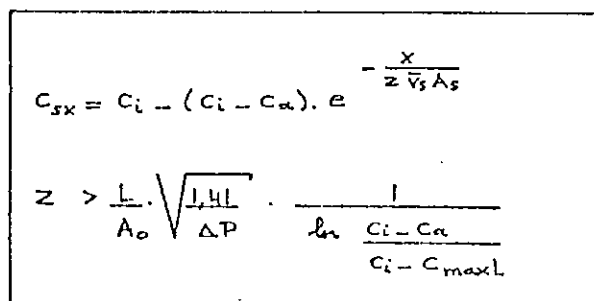
$$A = \frac{d \cdot \bar{v}_s \cdot \rho \cdot c}{(k_i - k_s) + (k_a - k_s)}$$

$$T_{sa} = \frac{k_s}{l_{sa}^*} \cdot T_i + \left(1 - \frac{k_a}{l_{sa}^*}\right) \cdot T_a + \left(\frac{k_a - k_s}{l_{sa}^*}\right) \cdot T_{sx}$$

$$T_{si} = \frac{k_s}{l_{si}^*} \cdot T_a + \left(1 - \frac{k_i}{l_{si}^*}\right) \cdot T_i + \left(\frac{k_i - k_s}{l_{si}^*}\right) \cdot T_{sx}$$

gc42

Vochttransport in spouwen



gc42

$$\frac{1}{k_i} = \frac{1}{\alpha_i} + r_1 + \frac{1}{(\alpha_s + \alpha_c) - \frac{\alpha_s^2}{k_s^* + \alpha_s + \alpha_c}}$$

$$\frac{1}{k_a} = \frac{1}{\alpha_a} + r_2 + \frac{1}{(\alpha_s + \alpha_c) - \frac{\alpha_s^2}{k_i^* + \alpha_s + \alpha_c}}$$

$$\frac{1}{k_s} = \frac{1}{\alpha_s} + \frac{(k_i^* + k_a^*) \cdot (\alpha_s + \alpha_c) + 2\alpha_s \alpha_c + \alpha_c^2}{\alpha_s \cdot k_i^* \cdot k_a^*}$$

$$\frac{1}{l_{i1}^*} = \frac{1}{\alpha_i} + r_1$$

$$\frac{1}{l_{a2}^*} = \frac{1}{\alpha_a} + r_2$$

\bar{v}_s = gemiddelde spouwvluchtsnelheid [m/s]

A_s = doorsnede van de spouw [m²]

L = lengte van de spouw [m]

ΔP = drukverschil tussen in- en uitlaat opening in [N/m²]

c_{maxL} = maximaal toelaatbare vochtconcentratie op afstand L in [g/m³]

STRALING

Wet van Planck

$$\frac{dP}{d\lambda} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{\frac{hc}{kT\lambda}} - 1}$$

gc42

- $\frac{dP}{d\lambda} = f(\lambda, T)$ in $[W/m^2]$ = spektraalvermogen
- P = emittentie, uitgestraald vermogen per m^2 in $[W/m^2]$.
- c = lichtsnelheid in $[m/s]$
- h = constante van Planck = $6,625 \cdot 10^{-34} Ws$
- k = gasconstante per molecuul
- T = absolute temperatuur in $[K]$
- λ = golflengte van de uitgestraalde golven
- $hc^2 = 5,9544 \cdot 10^{-17} [Wm^2/s^2]$
- $\frac{hc}{k} = 1,43880 \cdot 10^2 [mK]$

Verschuivingswet van Wien

$$\lambda_{max} \cdot T = 2,898 \cdot 10^3 \text{ m.K}$$

gc42

Wet van Stefan - Boltzmann

$$P = \sigma \cdot T^4$$

gc42

- P = uitgezonden vermogen per m^2 in $[W/m^2]$
- σ = constante van Boltzmann = $5,67 \cdot 10^{-8} W/m^2K^4$

Stralingsuitwisseling tussen twee grijsa oneindig grote vlakken

$$q_{12} = e_{12} \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

$$\frac{1}{e_{12}} = \frac{1}{e_1} + \frac{1}{e_2} - 1$$

gc42

- q_{12} = netto straling van vlak 1 naar vlak 2
- e = emissiecoëfficiënt
- T = absolute temperatuur

Stralingsscherm tussen twee platen met temperaturen T_1 resp. T_2 .

$$q_{13} = \frac{C_{12} \cdot C_{32}}{C_{13} + C_{32}} (T_1^4 - T_2^4)$$

gc42

- $C = \epsilon \cdot \sigma \cdot 10^8$ = stralingsgetal
- $C_{zwart} = 5,67 W/m^2K^4$
- $\frac{1}{C_{13}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_{zwart}}$
- $T = \frac{T}{100}$
- T = absolute temperatuur

STRALING

Stralingsoverdracht tussen eindige vlakken; blikfactor.

$$A_1 \Phi_{12} = \frac{1}{\pi} \int_{A_1} \int_{A_2} \frac{\cos \alpha \cos \beta}{r^2} dA_1 dA_2$$

$$\dot{I}_{12} = \sigma (T_1^4 - T_2^4) \cdot A_1 \cdot \Phi_{12}$$

$$A_1 \Phi_{12} = A_2 \Phi_{21}$$

gc42

Netto stralingstransport tussen twee eindige "grijze" vlakken F_1 en F_2

$$\dot{I}_{12} = \frac{e_1 e_2 F_1 \Phi_{12}}{1 - (1 - e_1)(1 - e_2) \frac{F_1}{F_2} \Phi_{12}^2} \cdot \sigma (T_1^4 - T_2^4)$$

gc42

Netto stralingstransport tussen twee eindige "zwarte" vlakken F_1 en F_2

$$\dot{I}_{12} = e_1 e_2 F_1 \Phi_{12} (T_1^4 - T_2^4) \sigma$$

gc42

Algemene formule voor netto straling tussen een aantal eindige "zwarte" vlakken F .

$$\dot{I}_{ij} = e_i e_j (F_i \Phi_{ij} + \sum_{k=1}^n F_i \Phi_{ik} \Phi_{kj} r_k) \cdot \sigma (T_i^4 - T_j^4)$$

gc42

Gemiddelde stralingstemperatuur T_s

$$T_s^4 = \Phi_{01} T_1^4 + \Phi_{02} T_2^4 + \Phi_{03} T_3^4 + \Phi_{04} T_4^4 + \Phi_{05} T_5^4$$

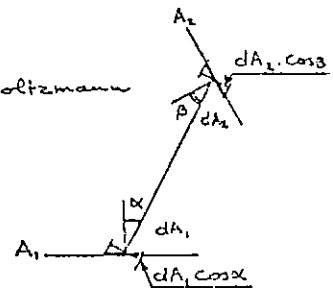
$$t_s^4 = \frac{\sum_j F_j t_j}{\sum_j F_j}$$

gc42

Φ = blikfactor

A = oppervlakte

σ = constante van Boltzmann



Veel bouwmaterialen kunnen als nagenoeg zwarte stralers ($e > 0,85$) beschouwd worden.

$$T = t + 273$$

T_s = gemiddelde stralingstemperatuur van vlak 0.

t_s^* = gemiddelde stralingstemperatuur onafhankelijk van de plaats.

DIVERSE VEEL VOORKOMENDE RICHTWAARDEN EN VUISTREGELES, UITSLUITEND TE HANTEREN INDIEN GEEN ANDERE WAARDEN GEGEVEN ZIJN.

. minimum vereiste hoeveelheid ventilatie- lucht	bij niet roken : $20 \text{ m}^3/\text{h}$ per persoon bij roken : $30 \text{ m}^3/\text{h}$ per persoon
. CO_2 -productie van de mens	20 l/h
. waterdampproductie van de mens	50 g/h
. warmteproductie van de mens	100 W
. warmtecapaciteit van lucht	$\rho c_{\text{lucht}} = 1200 \text{ J/m}^3\text{K}$
. noodzakelijk oppervlak ventilatie- openingen bij geventileerd dak	$f_{\text{vent}} \geq 0,7 \cdot v_{\text{sp}} \cdot \delta \text{ m}^2/\text{m}^2 \text{ dakrand}$ $v_{\text{sp}} = \text{gemiddelde luchtsnelheden}$ spouw in m/s $\delta = \text{spouwbreedte in m}$
. dampovergangsweerstanden	$R_{\text{di}} = 40 \cdot 10^6 \text{ m/s}$ $R_{\text{da}} = 7 \cdot 10^6 \text{ m/s}$
. warmteovergangsweerstanden	$r_i = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ $r_a = 0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$
. goede dampremmende laag	$\mu d \geq 20 \text{ m}$
. frequentie-afhankelijke dikte afdekfolie voor absorptiemateriaal opdat het nog akoestisch transparant is	$2\pi f \rho d \leq 400$ $f = \text{hoogste frequentie waarvoor geen}$ verstoring mag optreden $\rho = \text{dichtheid van het folie in kg/m}^3$ $d = \text{dikte van het folie in m}$
. specifieke akoestische golfweerstand	$\rho c \approx 400 \text{ kg/m}^2\text{s}$
. geluidsnelheid in lucht	$c = 340 \text{ m/s}$
. lichtsnelheid	$v_{\text{licht}} = 300.000 \text{ km/s}$
. doorsnede zon	$1.391.000 \text{ km}$
. doorsnede aarde (evenaar)	12.755 km
. gemiddelde afstand zon-aarde	$149.600.000 \text{ km}$
. rendement verwarmingsketels	$80 - 85 \%$
. relatie kubieke uitz. coëff. - lineaire	voor vaste lichamen : $\gamma = 3 \alpha$
. uitz. coëff.	voor ideale gassen : $\gamma = 1/273$
. golflengtegebiedjes bestreken door de diverse kleuren	violet : $380 - 420 \text{ nm}$ blauw : $420 - 495 \text{ nm}$ groen : $495 - 566 \text{ nm}$ geel : $566 - 589 \text{ nm}$ oranje : $589 - 627 \text{ nm}$ rood : $627 - 780 \text{ nm}$
. verbrandingswaarde aardgas	$35,3 \text{ MJ/m}^3$ ($\approx 9,806 \text{ kWh/m}^3$)

Rekenregels voor logaritmen

$$\log a \cdot b = \log a + \log b$$

$$\log a/b = \log a - \log b$$

$$\log \sqrt[n]{a^m} = \frac{m}{n} \log a$$

$$\log z = \frac{\ln z}{\ln 10} = \log e \cdot \ln z$$

$$\ln z = \ln 10 \cdot \log z = \frac{\log z}{\log e}$$

Praktische waarden voor een aantal basislogaritmen

$$\log 1 = 0$$

$$\log 2 = 0,30$$

$$\log 3 = 0,48$$

$$\log \pi = 0,5 \quad \pi = 3,14159\dots$$

$$\log 5 = 0,70$$

$$\log 7 = 0,85$$

$$\log 11 = 1,04$$

$$\log 13 = 1,11$$

$$\log e = 0,43429 \quad e = 2,718\dots$$

$$1/\log e = 2,302585$$

Goniometrische functies

$$\sin(a \pm b) = \sin a \cos b \pm \cos a \sin b$$

$$\cos(a \pm b) = \cos a \cos b \mp \sin a \sin b$$

$$\operatorname{tg}(a \pm b) = \frac{\operatorname{tg} a \pm \operatorname{tg} b}{1 \mp \operatorname{tg} a \operatorname{tg} b}$$

$$\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2}$$

$$\sin a - \sin b = 2 \sin \frac{a-b}{2} \cos \frac{a+b}{2}$$

$$\cos a - \cos b = -2 \sin \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2}$$

$$\operatorname{tga} = \frac{\sin a}{\cos a} = \frac{1}{\operatorname{cotga}}$$

$$\sin 30^\circ = \cos 60^\circ = 1/2$$

$$\sin 60^\circ = \cos 30^\circ = 1/2 \sqrt{3}$$

$$\sin 45^\circ = \cos 45^\circ = 1/2 \sqrt{2}$$

$$\operatorname{tg} 45^\circ = \operatorname{cotg} 45^\circ = 1$$

$$\operatorname{tg} 30^\circ = \operatorname{cotg} 60^\circ = 1/3 \sqrt{3}$$

$$\operatorname{tg} 60^\circ = \operatorname{cotg} 30^\circ = \sqrt{3}$$

Complexe getallen

$$z = x + iy = r(\cos\phi + i\sin\phi) = r e^{i\phi}$$

$$\text{met } r = \sqrt{x^2 + y^2} \text{ en } \phi = \operatorname{arctg} \frac{y}{x}$$

$$z^n = [r(\cos\phi + i\sin\phi)]^n = r^n [\cos n\phi + i\sin n\phi] = r^n e^{in\phi}$$

TABEL VAN e-MACHTEN

x	e ^x	e ^{-x}	1-e ^{-x}	x	e ^x	e ^{-x}	1-e ^{-x}
0,00	1,0000	1,000	0,0000	1,25	3,490	0,2865	0,7135
0,01	1,0101	0,990	0,0100	1,30	3,669	0,274	0,727
0,02	1,0202	0,980	0,0198	1,35	3,857	0,259	0,761
0,03	1,0305	0,970	0,0296	1,40	4,055	0,247	0,753
0,04	1,0408	0,961	0,0392	1,45	4,263	0,235	0,765
0,05	1,0513	0,951	0,0488	1,50	4,482	0,223	0,777
0,06	1,0618	0,942	0,0583	1,55	4,1175	0,212	0,788
0,07	1,0725	0,932	0,0676	1,60	4,953	0,202	0,798
0,08	1,0833	0,923	0,0769	1,65	5,207	0,192	0,808
0,09	1,0942	0,914	0,0861	1,70	5,474	0,183	0,817
0,10	1,105	0,905	0,095	1,75	5,755	0,174	0,826
0,11	1,116	0,896	0,104	1,80	6,050	0,165	0,835
0,12	1,127	0,887	0,113	1,85	6,360	0,157	0,843
0,13	1,139	0,878	0,122	1,90	6,686	0,150	0,850
0,14	1,150	0,869	0,131	1,95	7,029	0,142	0,858
0,15	1,162	0,861	0,139	2,00	7,389	0,135	0,865
0,16	1,173	0,852	0,148	2,05	7,768	0,129	0,871
0,17	1,185	0,844	0,156	2,10	8,166	0,122	0,878
0,18	1,197	0,835	0,165	2,15	8,585	0,116	0,884
0,19	1,209	0,827	0,173	2,20	9,025	0,111	0,889
0,20	1,221	0,819	0,181	2,25	9,488	0,105	0,895
0,25	1,284	0,779	0,221	2,30	9,974	0,100	0,900
0,30	1,350	0,741	0,259	2,35	10,49	0,0953	0,9047
0,35	1,419	0,705	0,295	2,40	11,02	0,0907	0,9093
0,40	1,492	0,670	0,330	2,45	11,59	0,0863	0,9137
0,45	1,568	0,638	0,362	2,50	12,18	0,0821	0,9179
0,50	1,649	0,607	0,393	2,55	12,81	0,0781	0,9219
0,55	1,733	0,577	0,423	2,60	13,46	0,0743	0,9257
0,60	1,822	0,549	0,451	2,65	14,15	0,0707	0,9293
0,65	1,9155	0,522	0,478	2,70	14,88	0,0672	0,9328
0,70	2,014	0,497	0,503	2,75	15,64	0,0639	0,9361
0,75	2,117	0,472	0,528	2,80	16,445	0,0608	0,9392
0,80	2,2255	0,449	0,551	2,85	17,29	0,0578	0,9422
0,85	2,340	0,427	0,573	2,90	18,17	0,0550	0,9450
0,90	2,460	0,407	0,593	2,95	19,11	0,0523	0,9477
0,95	2,586	0,387	0,613	3,00	20,09	0,0498	0,9502
1,00	2,718	0,368	0,632	4,00	54,60	0,0183	0,9817
1,05	2,858	0,350	0,650	5,00	148,41	0,00674	0,99326
1,10	3,004	0,333	0,667	6,00	403,43	0,00248	0,99752
1,15	3,158	0,317	0,683	7,00	1096,6	0,000912	0,999088
1,20	3,320	0,301	0,699	8,00	2981,0	0,000335	0,999665
				9,00	8103,1	0,000123	0,999877
				10,00	22026	0,000045	0,999955

$$e^x = 1 + \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} + \dots$$

$$e^{-x} = 1 - \frac{x}{1!} + \frac{x^2}{2!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^4}{4!} - \dots$$

$$1 - e^{-x} = \frac{x}{1!} - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^3}{3!} - \frac{x^4}{4!} + \dots$$

$$\Phi(x) \equiv \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-\beta^2} d\beta = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_{-x}^0 e^{-\beta^2} d\beta$$

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
0,00	0,00000	0,45	0,47548	0,90	0,79691	1,35	0,94376
0,01	0,01128	0,46	0,48466	0,91	0,80188	1,36	0,94556
0,02	0,02256	0,47	0,49375	0,92	0,80677	1,37	0,94731
0,03	0,03384	0,48	0,50275	0,93	0,81156	1,38	0,94902
0,04	0,04511	0,49	0,51167	0,94	0,81627	1,39	0,95067
0,05	0,05637	0,50	0,52050	0,95	0,82089	1,40	0,95229
0,06	0,06762	0,51	0,52924	0,96	0,82542	1,41	0,95385
0,07	0,07886	0,52	0,53790	0,97	0,82987	1,42	0,95538
0,08	0,09008	0,53	0,54646	0,98	0,83423	1,43	0,95686
0,09	0,10128	0,54	0,55494	0,99	0,83851	1,44	0,95830
0,10	0,11246	0,55	0,56332	1,00	0,84270	1,45	0,95970
0,11	0,12362	0,56	0,57162	1,01	0,84681	1,46	0,96105
0,12	0,13476	0,57	0,57982	1,02	0,85084	1,47	0,96237
0,13	0,14587	0,58	0,58792	1,03	0,85478	1,48	0,96365
0,14	0,15695	0,59	0,59594	1,04	0,85865	1,49	0,96490
0,15	0,16800	0,60	0,60386	1,05	0,86244	1,50	0,96611
0,16	0,17901	0,61	0,61168	1,06	0,86614	1,51	0,96728
0,17	0,18999	0,62	0,61941	1,07	0,86977	1,52	0,96841
0,18	0,20094	0,63	0,62705	1,08	0,87333	1,53	0,96952
0,19	0,21184	0,64	0,63459	1,09	0,87680	1,54	0,97059
0,20	0,22270	0,65	0,64203	1,10	0,88021	1,55	0,97162
0,21	0,23352	0,66	0,64938	1,11	0,88353	1,56	0,97263
0,22	0,24430	0,67	0,65663	1,12	0,88679	1,57	0,97360
0,23	0,25502	0,68	0,66378	1,13	0,88997	1,58	0,97455
0,24	0,26570	0,69	0,67084	1,14	0,89308	1,59	0,97546
0,25	0,27633	0,70	0,67780	1,15	0,89612	1,60	0,97635
0,26	0,28690	0,71	0,68467	1,16	0,89910	1,61	0,97721
0,27	0,29742	0,72	0,69143	1,17	0,90200	1,62	0,97804
0,28	0,30788	0,73	0,69810	1,18	0,90484	1,63	0,97884
0,29	0,31828	0,74	0,70468	1,19	0,90761	1,64	0,97962
0,30	0,32863	0,75	0,71116	1,20	0,91031	1,65	0,98038
0,31	0,33891	0,76	0,71754	1,21	0,91296	1,66	0,98110
0,32	0,34913	0,77	0,72382	1,22	0,91553	1,67	0,98181
0,33	0,35928	0,78	0,73001	1,23	0,91805	1,68	0,98249
0,34	0,36936	0,79	0,73610	1,24	0,92051	1,69	0,98315
0,35	0,37938	0,80	0,74210	1,25	0,92290	1,70	0,98379
0,36	0,38933	0,81	0,74800	1,26	0,92524	1,71	0,98441
0,37	0,39921	0,82	0,75381	1,27	0,92751	1,72	0,98500
0,38	0,40901	0,83	0,75952	1,28	0,92973	1,73	0,98558
0,39	0,41874	0,84	0,76514	1,29	0,93190	1,74	0,98613
0,40	0,42839	0,85	0,77067	1,30	0,93401	1,75	0,98667
0,41	0,43797	0,86	0,77610	1,31	0,93606	1,76	0,98719
0,42	0,44747	0,87	0,78144	1,32	0,93807	1,77	0,98769
0,43	0,45689	0,88	0,78669	1,33	0,94002	1,78	0,98817
0,44	0,46623	0,89	0,79184	1,34	0,94191	1,79	0,98864

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
1,80	0,98909	2,10	0,99702 05	2,75	0,99989 94
1,81	0,98952	2,12	0,99728 36	2,80	0,99992 50
1,82	0,98994	2,14	0,99752 53	2,85	0,99994 43
1,83	0,99035	2,16	0,99774 72	2,90	0,99995 89
1,84	0,99074	2,18	0,99795 06	2,95	0,99996 98
1,85	0,99111	2,20	0,99813 72	3,00	0,99997 79095
1,86	0,99147	2,22	0,99830 79	3,10	0,99998 83513
1,87	0,99182	2,24	0,99846 42	3,20	0,99999 39742
1,88	0,99216	2,26	0,99860 71	3,30	0,99999 69423
1,89	0,99248	2,28	0,99873 77	3,40	0,99999 84780
1,90	0,99279	2,30	0,99885 68	3,50	0,99999 92569
1,91	0,99309	2,32	0,99896 55	3,60	0,99999 96441
1,92	0,99338	2,34	0,99906 46	3,70	0,99999 98328
1,93	0,99366	2,36	0,99915 48	3,80	0,99999 99230
1,94	0,99392	2,38	0,99923 69	3,90	0,99999 99652
1,95	0,99418	2,40	0,99931 15	4,00	0,99999 99846
1,96	0,99443	2,42	0,99937 93	4,20	0,99999 99971
1,97	0,99466	2,44	0,99944 08	4,40	0,99999 99995
1,98	0,99489	2,46	0,99949 66	4,60	0,99999 99999
1,99	0,99511	2,48	0,99954 72	∞	1,00000
2,00	0,99532 23	2,50	0,99959 30		
2,02	0,99571 95	2,55	0,99968 93		
2,04	0,99608 58	2,60	0,99976 40		
2,06	0,99642 35	2,65	0,99982 15		
2,08	0,99673 44	2,70	0,99986 57		

Bron (1)

1 Å	= 0,1 nm
1 mile	= 1609,3 m
1 yd	= 3 ft = 36 in = 0,914 m
1 USA gallon	= 3,785 10 ⁻³ m ³
1 lb	= 16 oz = 0,454 kg
1 oz/cu ft	= 1 kg/m ³
1 kgf	= 9,80665 N
1 lbf	= 4,44822 N
1 atm	= 0,101325 MPa
1 bar	= 0,1 MPa
1 mm H ₂ O	= 9,80665 Pa
1 mm Hg	= 133,3 Pa
1 lbf/sq in	= 6894,76 Pa
1 lb/sq ft	= 47,8803 Pa
1 cal	= 4,1868 J
1 kcal/h	= 1,163 W
1 kWh	= 3,6 MJ
1 pk	= 0,735 kW

1 Btu	= 1,05506 kJ
1 Btu/h	= 0,293071 W
1 Btu/lb. °F	= 1 kcal/kg °C = 4,1868 kJ/kgK
1 Btu/lb	= 2,326 kJ/kg
1 Btu/sq ft.hr. °F	= 5,67829 W/m ² K
1 Btu/sq ft.hr	= 3,1546 W/m ²
1 Btu/°F	= 1,89911 J/K
1 Btu.in/sq ft.hr. °F	= 0,144229 W/mK
1 m ² .h. °C/kcal	= 0,859845 m ² K/W
1 sq ft.hr. °F/Btu	= 0,176109 m ² K/W
1 kg/m ² .h.mm Hg	= 2,08351 10 ⁻⁶ s/m
1 hoekgraad	= π /180 rad ≈ 17,45 mrad

omrekening van graden fahrenheit naar graden celcius

$$T_c = \frac{T_F - 32}{1,8}$$

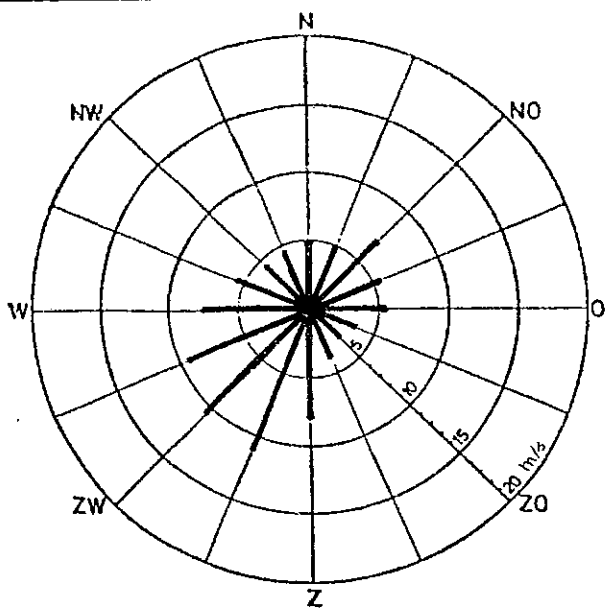
idem voor graden fahrenheit naar kelvin

$$T_k = \frac{T_F + 459,67}{1,8}$$

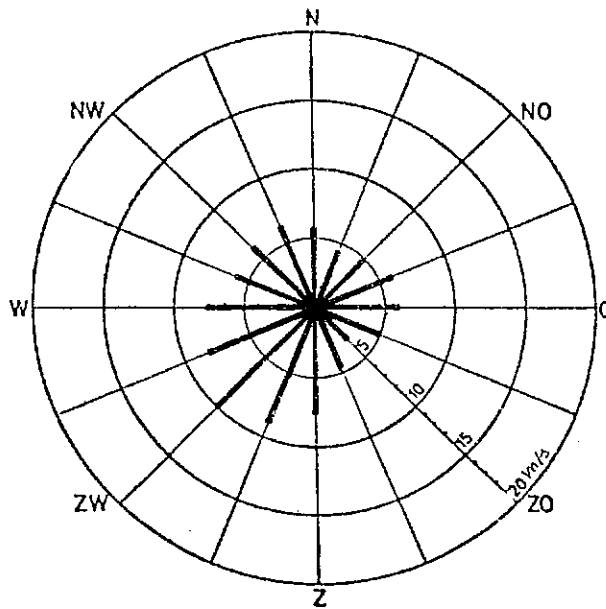
SCHAAL VAN BEAUFORT VOOR DE WINDSTERKTE

wind- kracht	snelheid in m/s*	benaming	kenteken
0	0 - 0,2	zwakke wind	rook stijgt recht omhoog
1	0,3 - 1,5		wind voelbaar
2	1,6 - 3,3	matige wind	vlaggen wapperen
3	3,5 - 5,4		wind dwarrelt stof en papieren op
4	5,5 - 7,9		bebladerde takken zwaaien heen
5	8,0 - 10,7	vrij krachtige wind	en weer
6	10,8 - 13,8	krachtige wind	paraplu's haast niet te houden
7	13,9 - 17,1	harde wind	bomen en palen bewegen heen en weer, lopen wordt bemoeilijkt
8	17,2 - 20,7	stormachtig	boomtakken breken af, fietsen haast onmogelijk
9	20,8 - 24,4	storm	wind rukt dakpannen , t.v. antennes af
10	24,5 - 28,4	zware storm	bomen worden ontworteld
11	28,5 - 32,6	zeer zware storm	verwoestingen
12	> 32,6	orkaan	zware verwoestingen

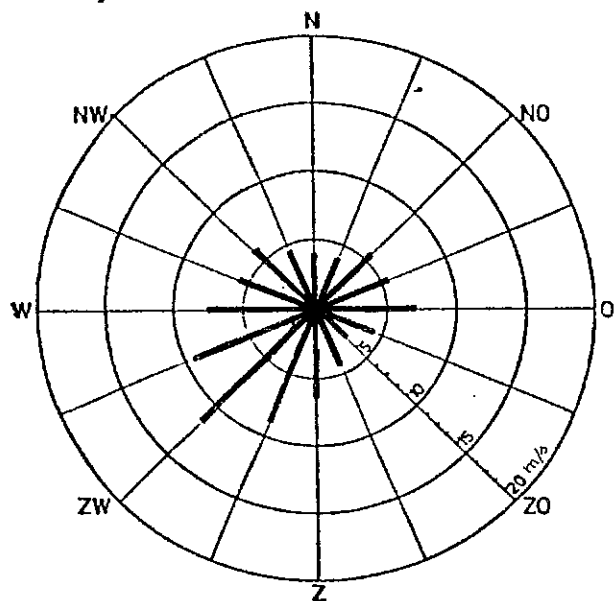
* De snelheid is de windsnelheid gemeten op 10 m hoogte.



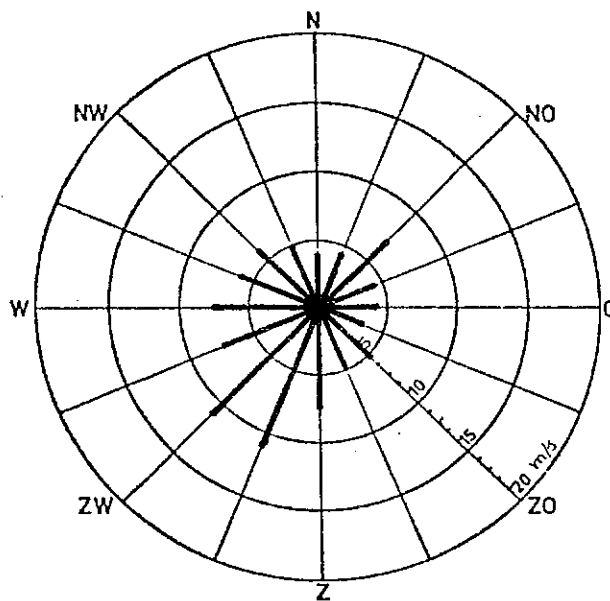
1 Vliessingen



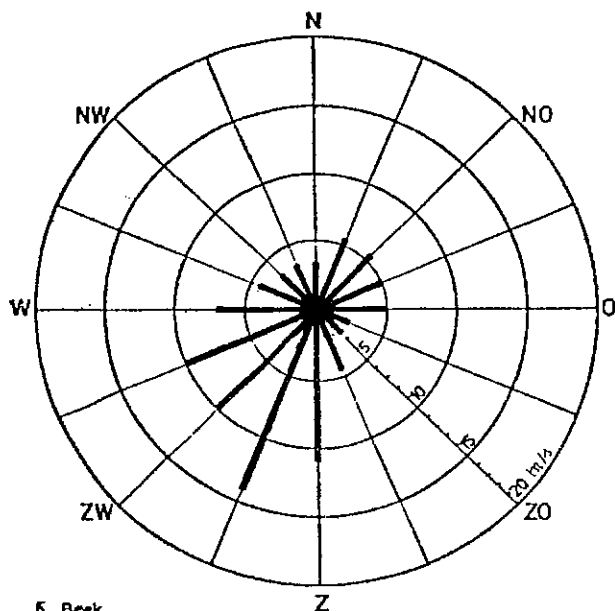
2 Den Helder



3 Eelde



4 De Bilt

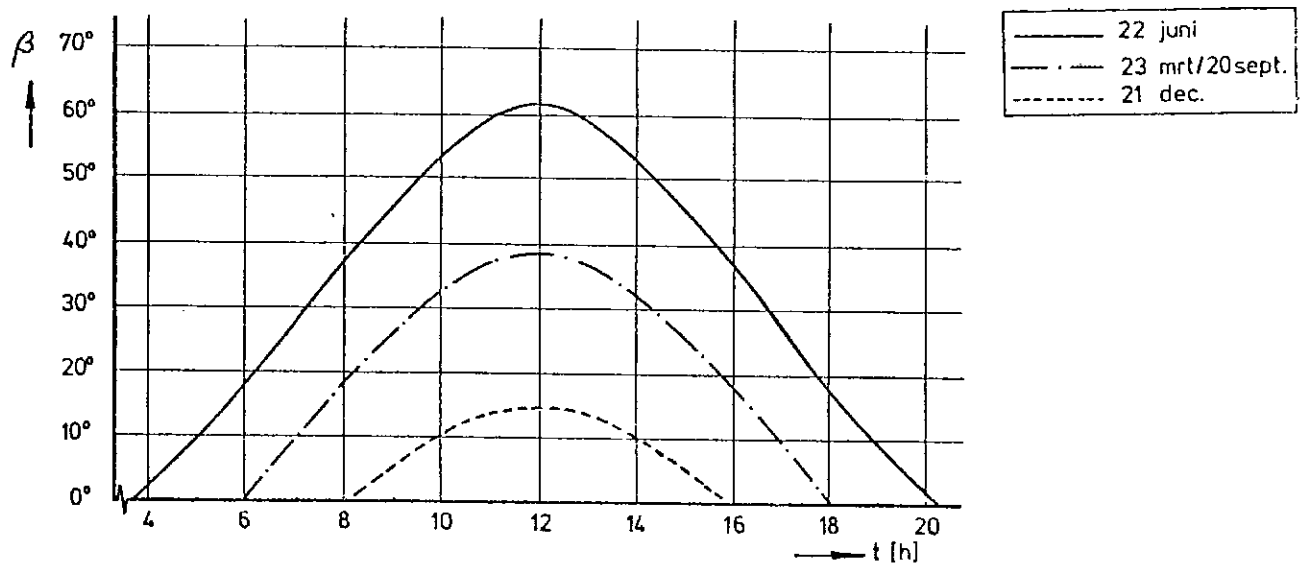
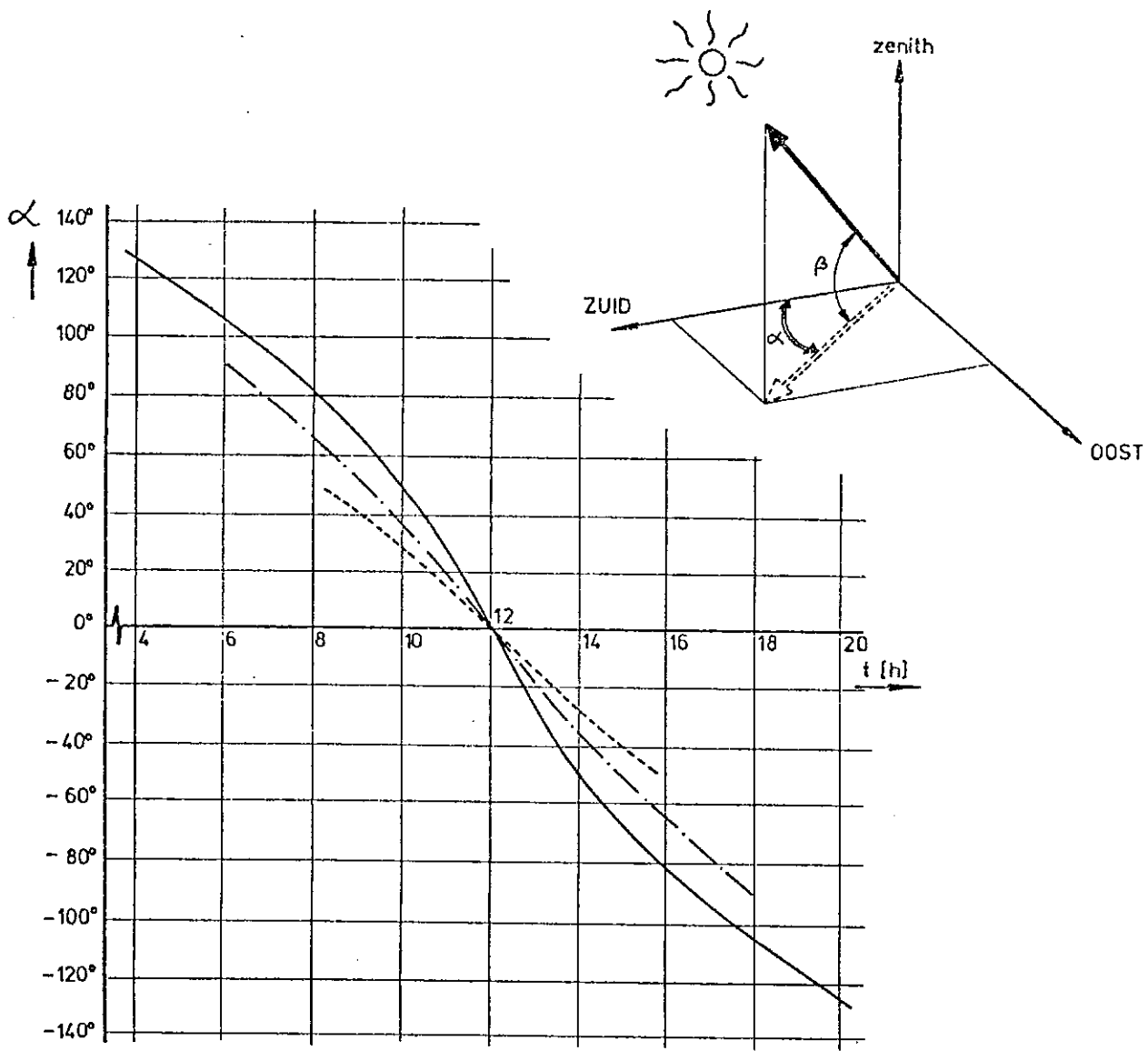


5 Beek

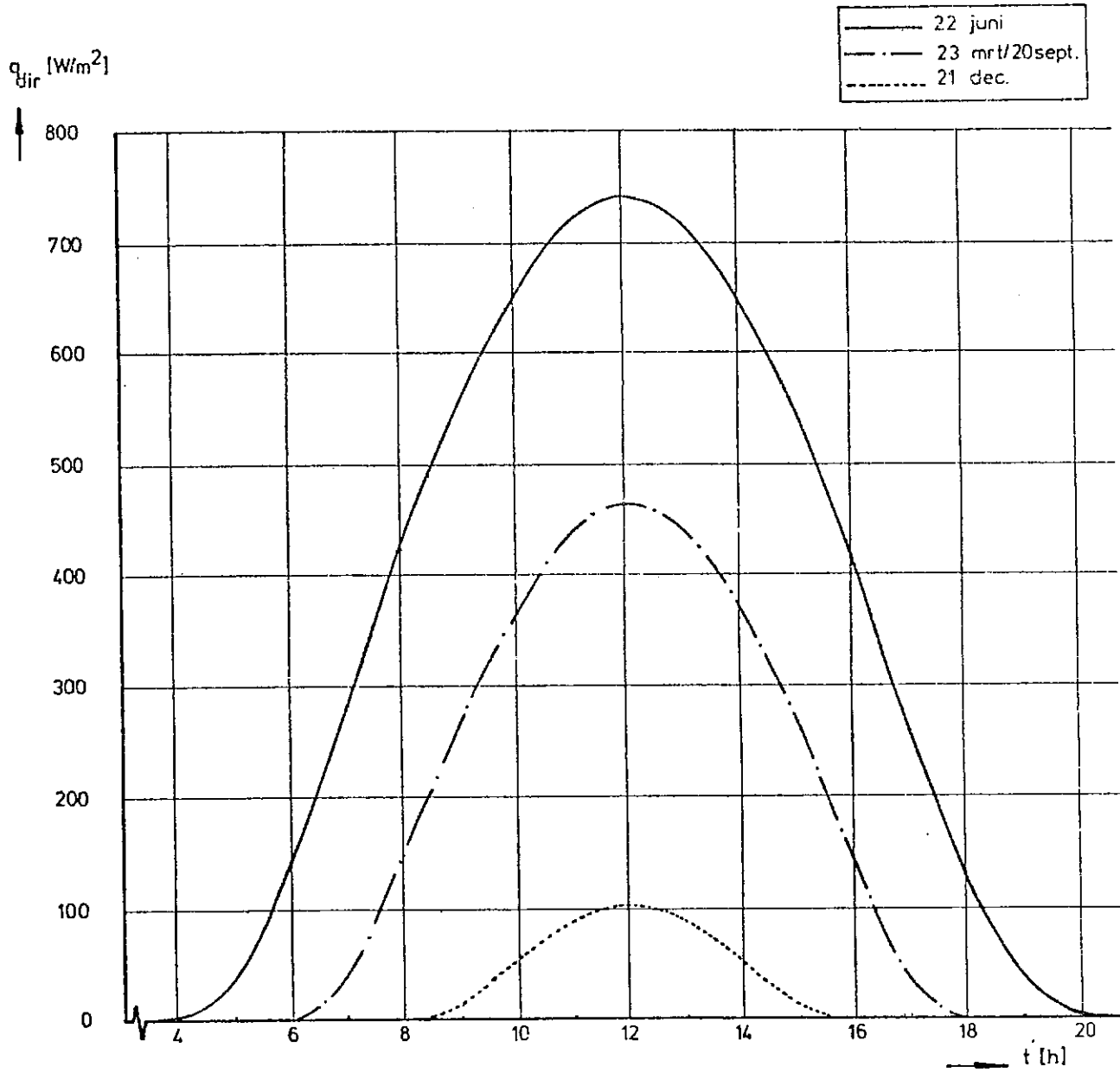
percentage windstil weer:

- 1) Vliessingen 1,3 %
- 2) Den Helder 0,4 %
- 3) Eelde 1,7 %
- 4) De Bilt 0,5 %
- 5) Beek 2,1 %

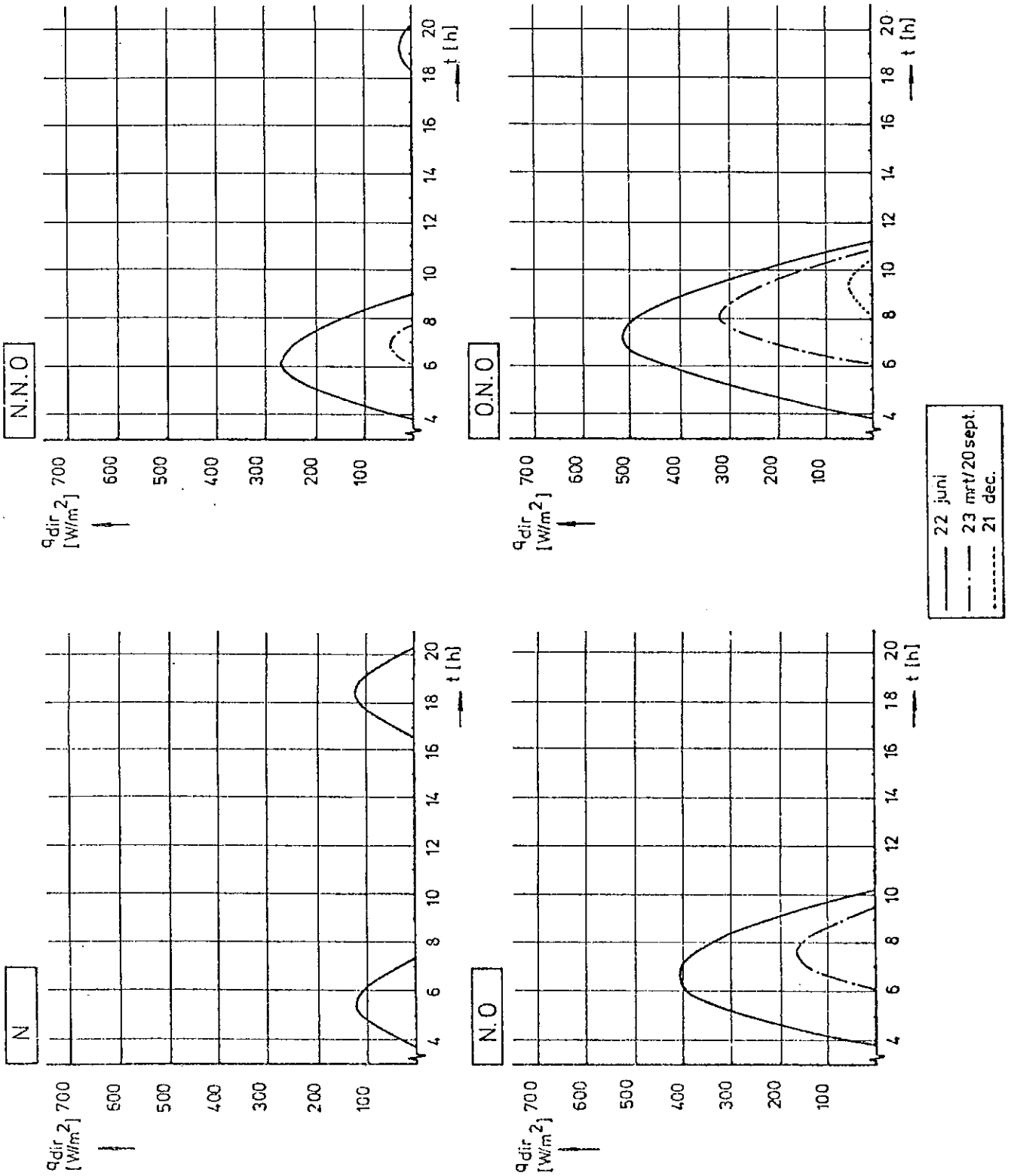
RICHTING VAN DE ZONNESTRALING VOOR 52° N.B.



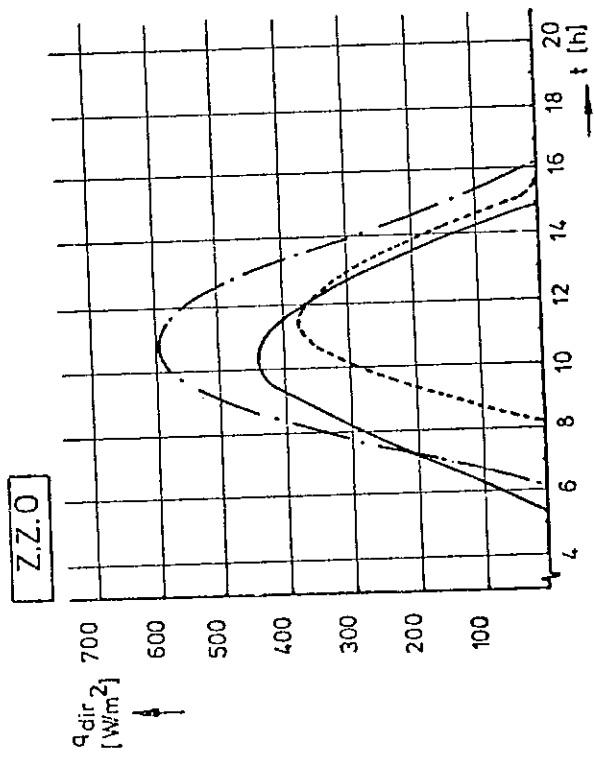
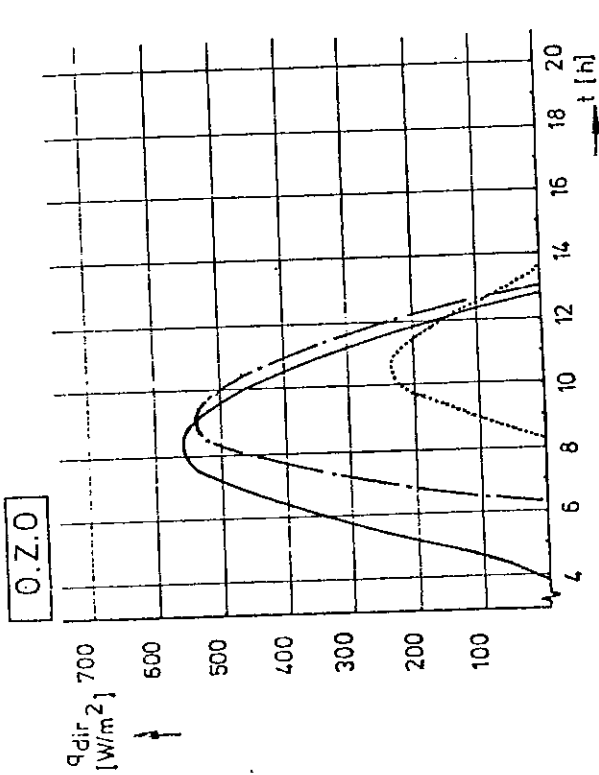
INTENSITEIT DIRECTE ZONNESTRALING OP EEN HORIZONTALAAL VLAK VOOR
52° N.B. EN TRÜBUNGSFACTOR T = 4



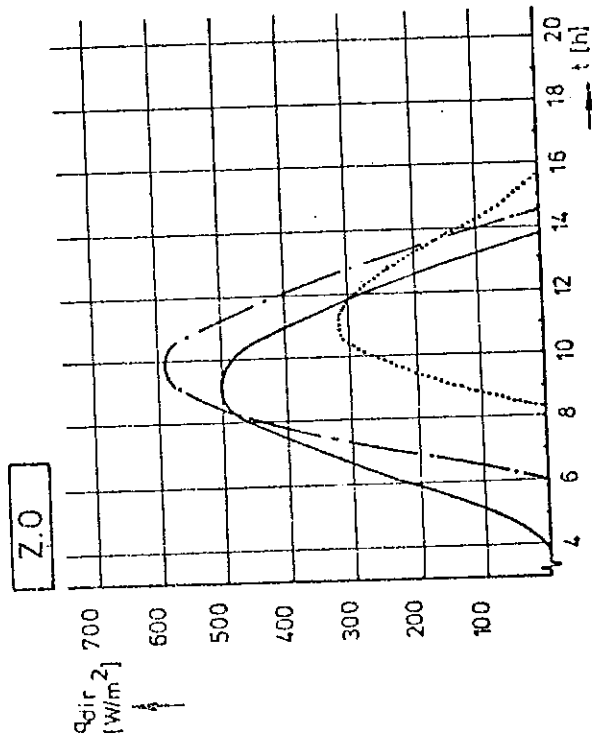
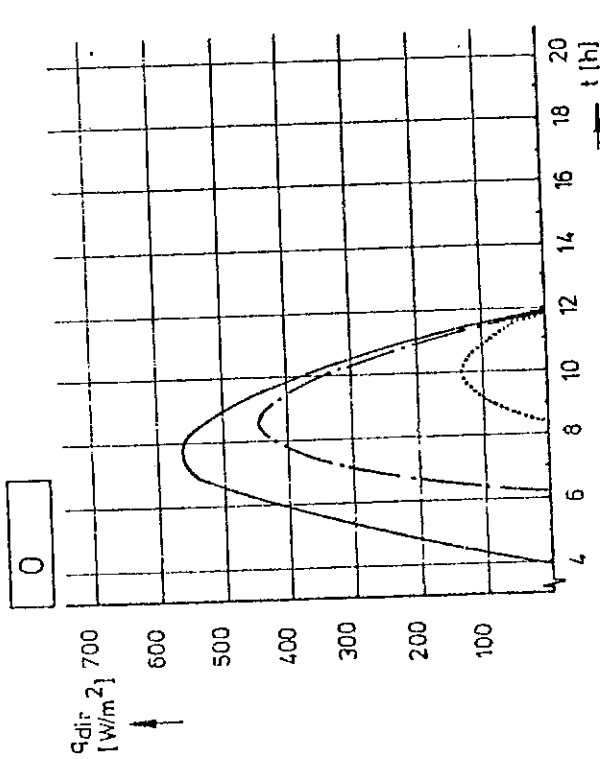
INTENSITEIT DIRECTE ZONNESTRALING VOOR VERTICALE VLAKKEN VOOR
 52° N.B. EN TRÜBUNGSFACTOR T = 4



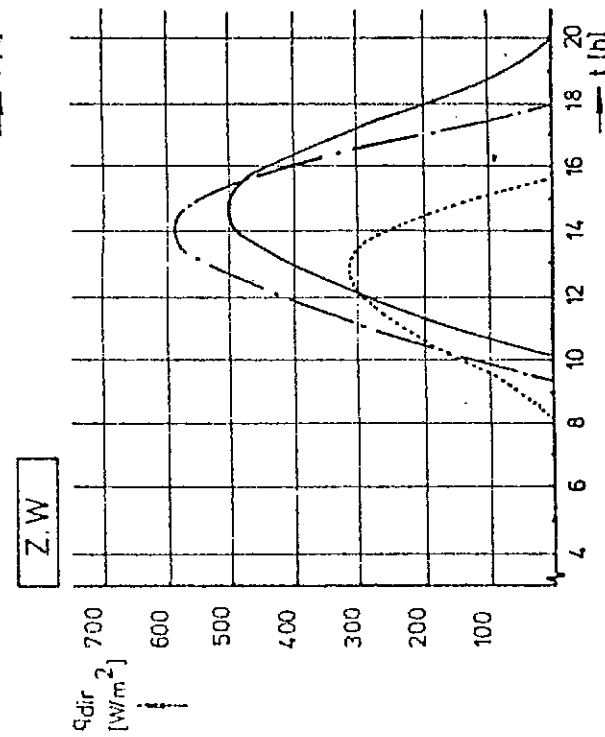
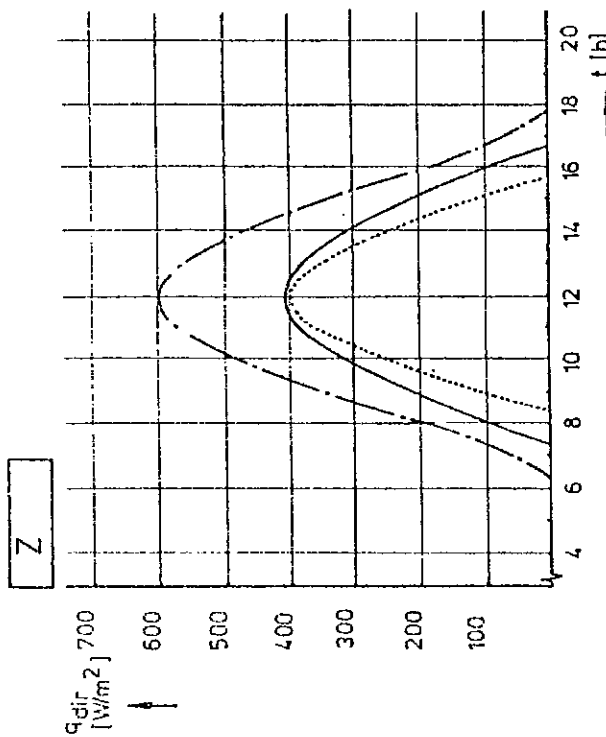
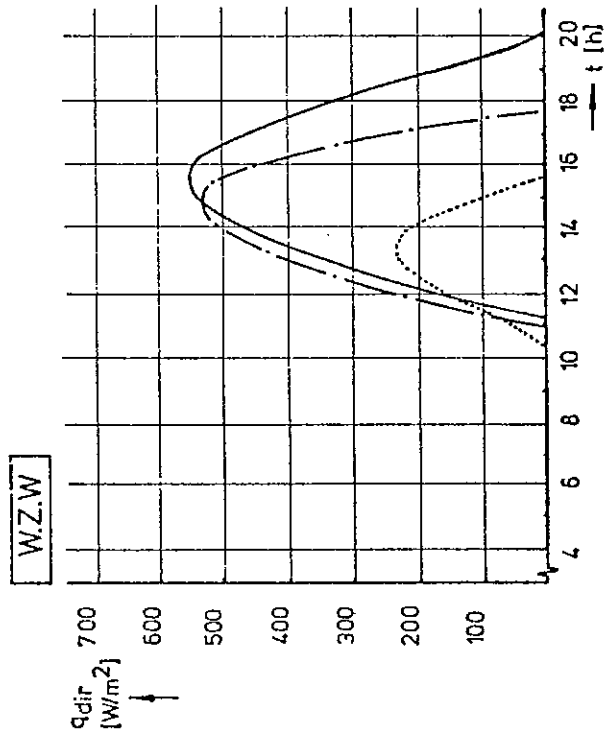
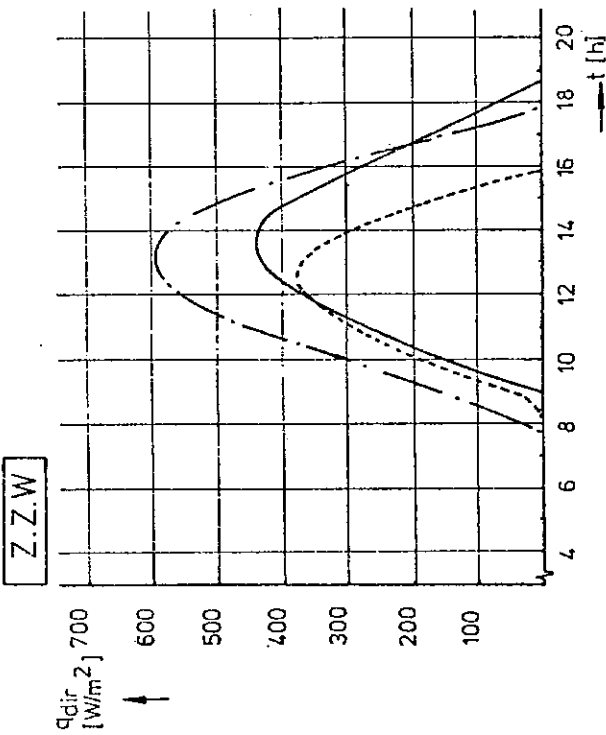
INTENSITEIT DIRECTE ZONNESTRALING VOOR VERTICALE VLAKKEN VOOR
 52° N.B. EN TRÜBUNGSFACTOR T = 4



— 22 juni
 - - - 23 mrt/20 sept.
 ····· 21 dec.

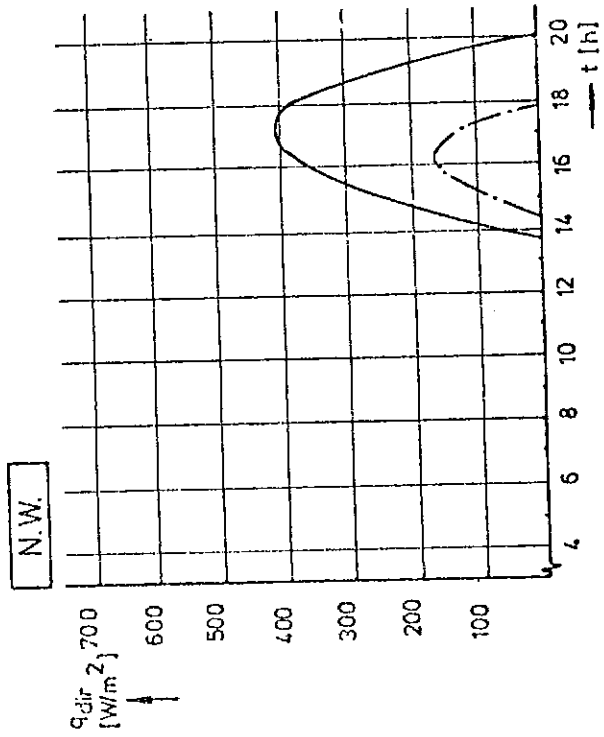
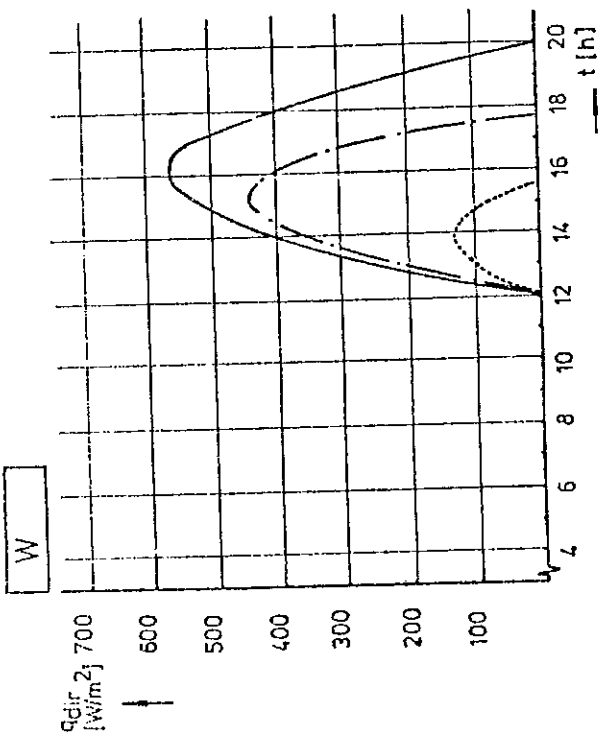
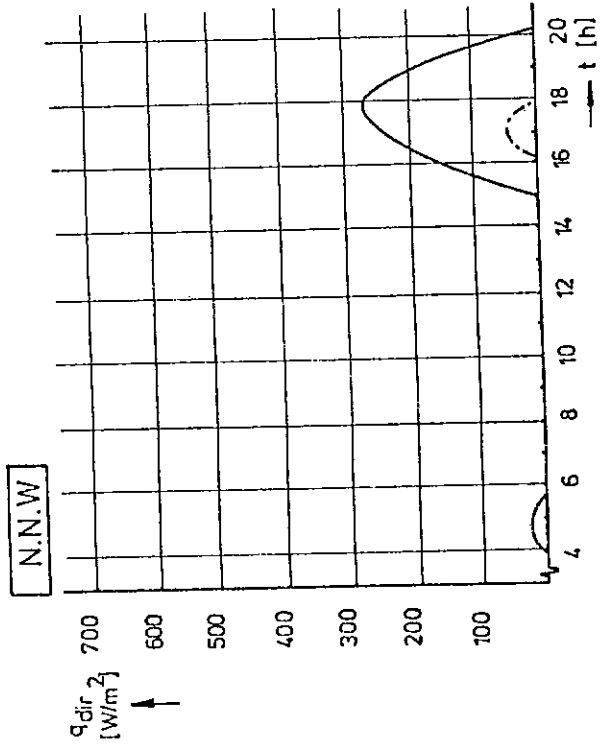
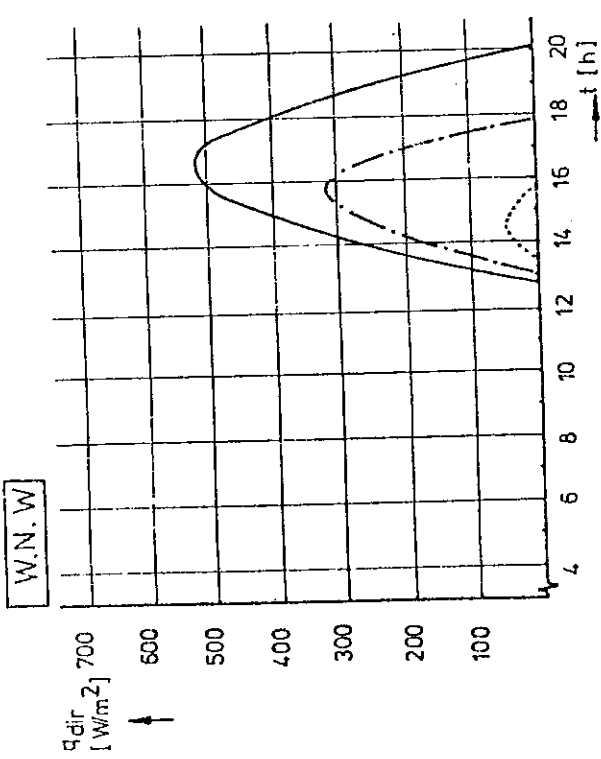


INTENSITEIT DIRECTE ZONNESTRALING VOOR VERTICALE VLAKKEN VOOR
 52° N.B. EN TRÜBUNGSFACTOR T = 4



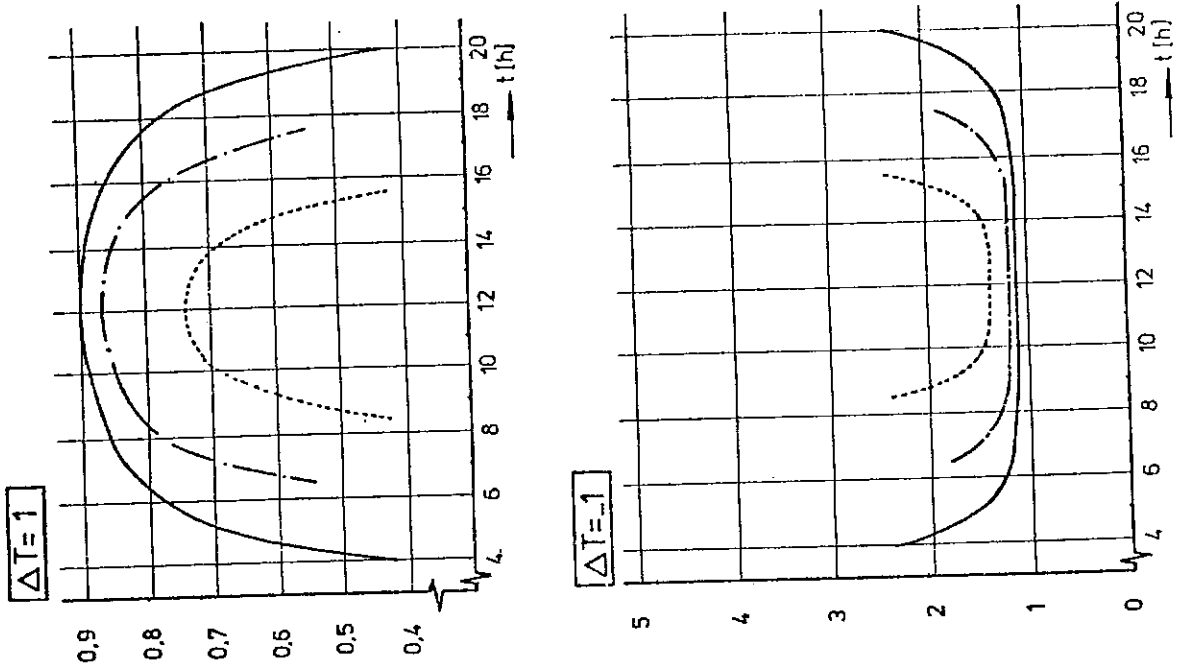
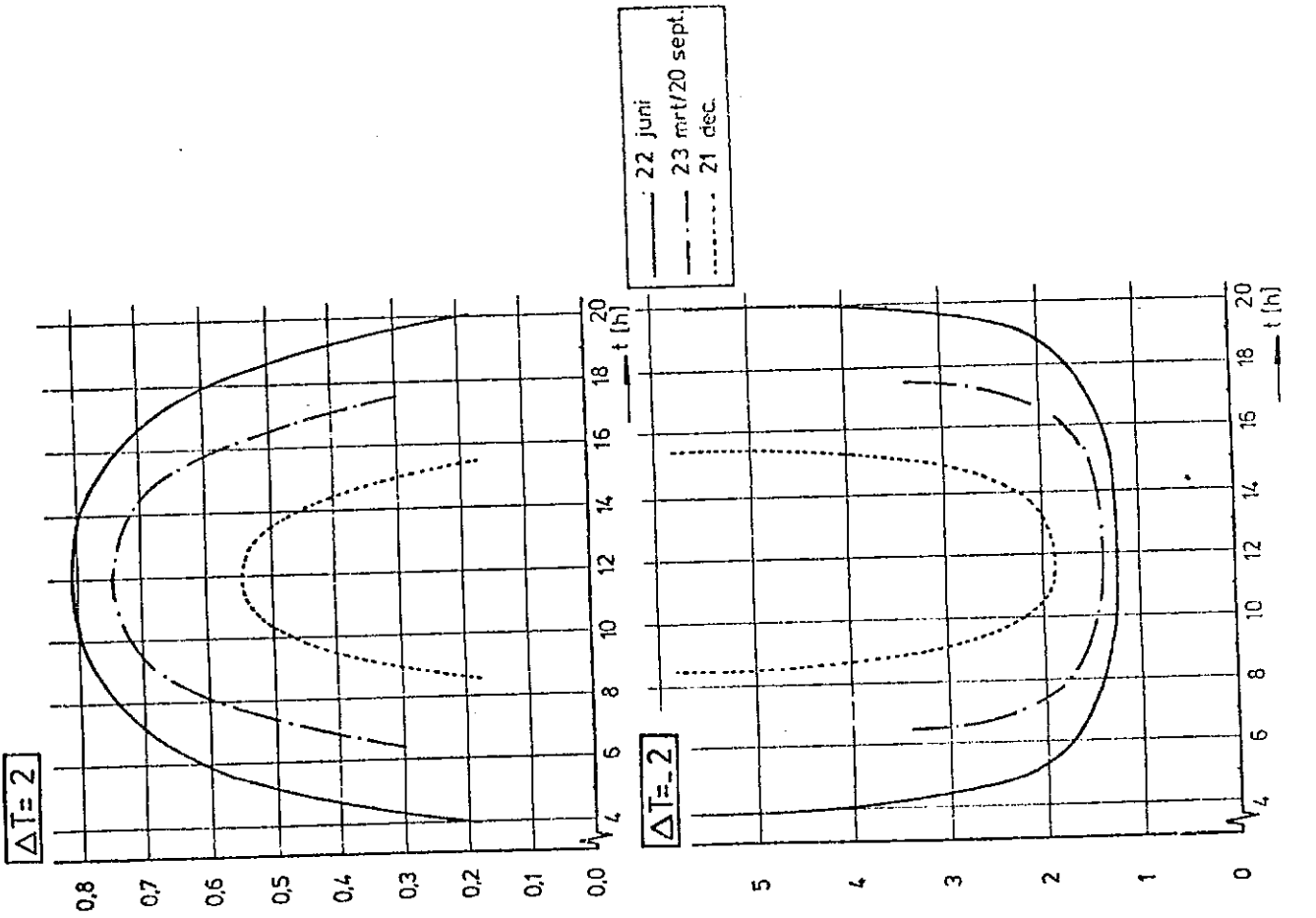
— 22 juni
 - - - 23 mrt/20 sept.
 21 dec.

INTENSITEIT DIRECTE ZONNESTRALING VOOR VERTICALE VLAKKEN VOOR
 52° N.B. EN TRÜBUNGSFACTOR T = 4

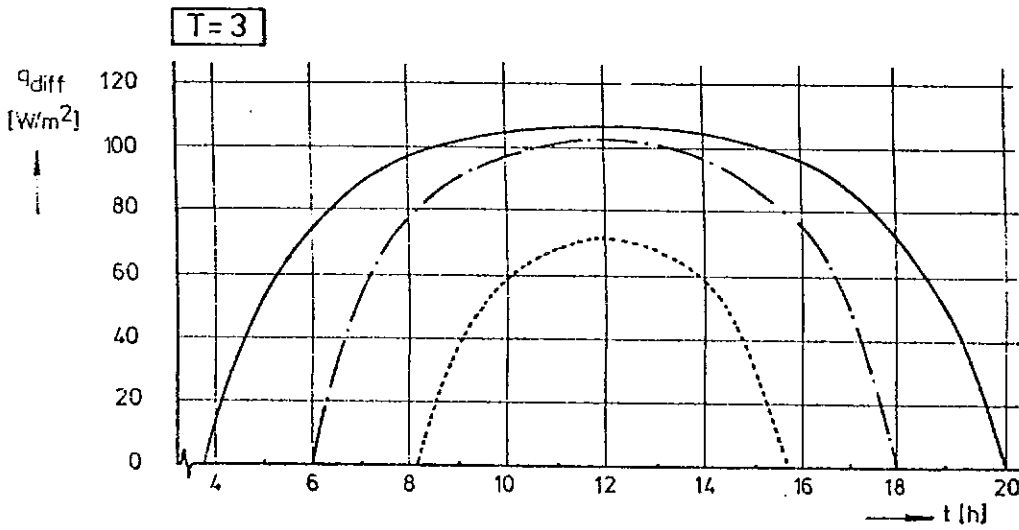
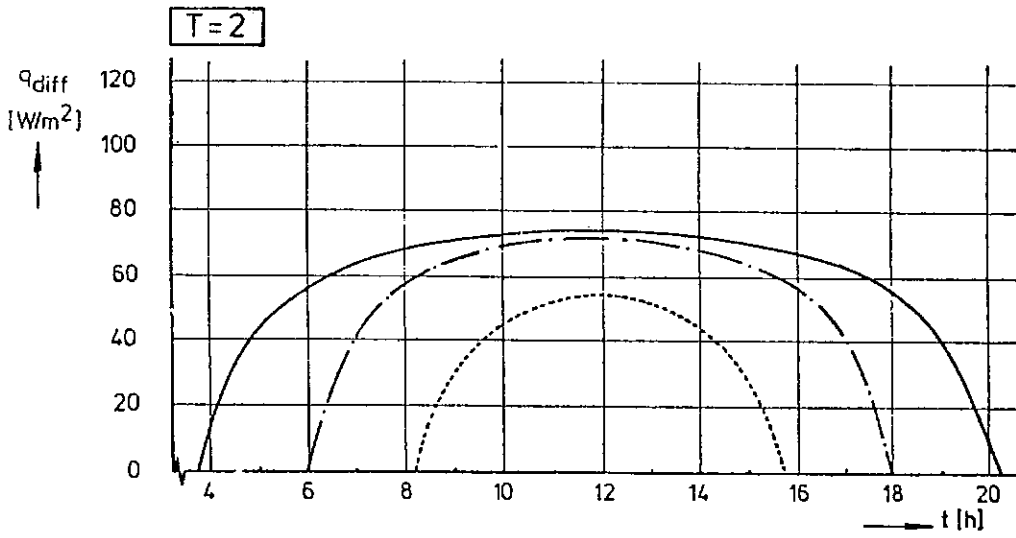


— 22 juni
 - - - 23 mrt/20 sept.
 ····· 21 dec.

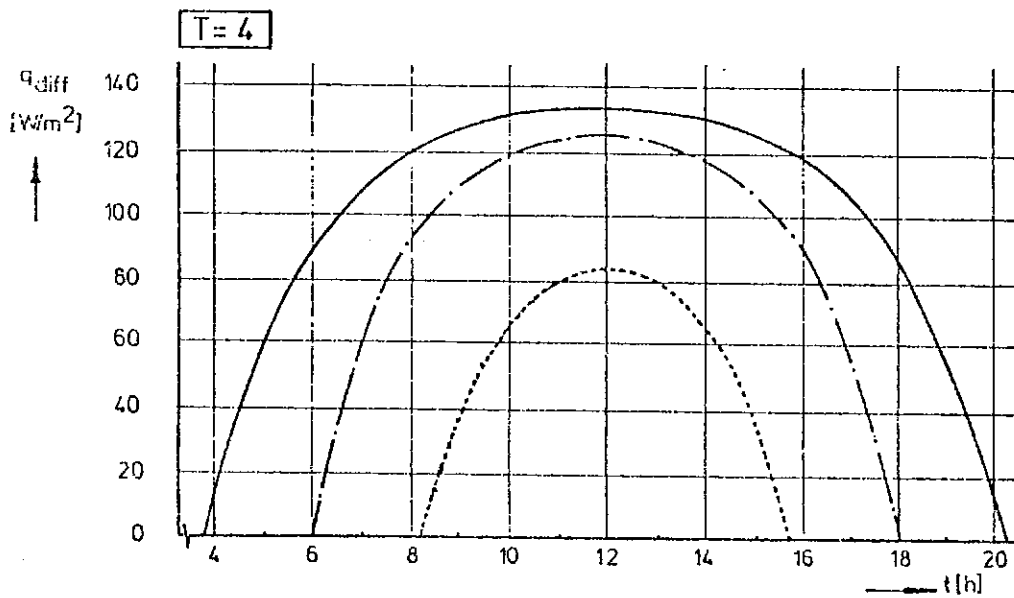
VERMENIGVULDIGINGSFACTOR VOOR DIRECTE ZONNESTRALING BIJ
 TOEPASSING VAN EEN TRÜBUNGSFACTOR $T = 4 + \Delta T$



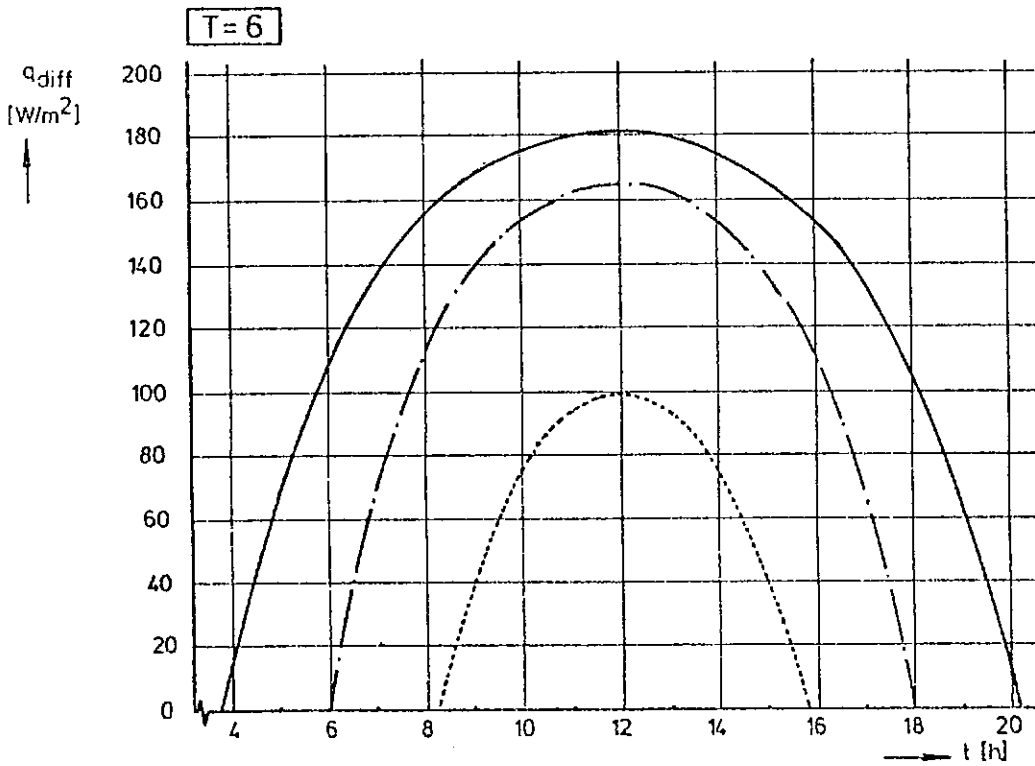
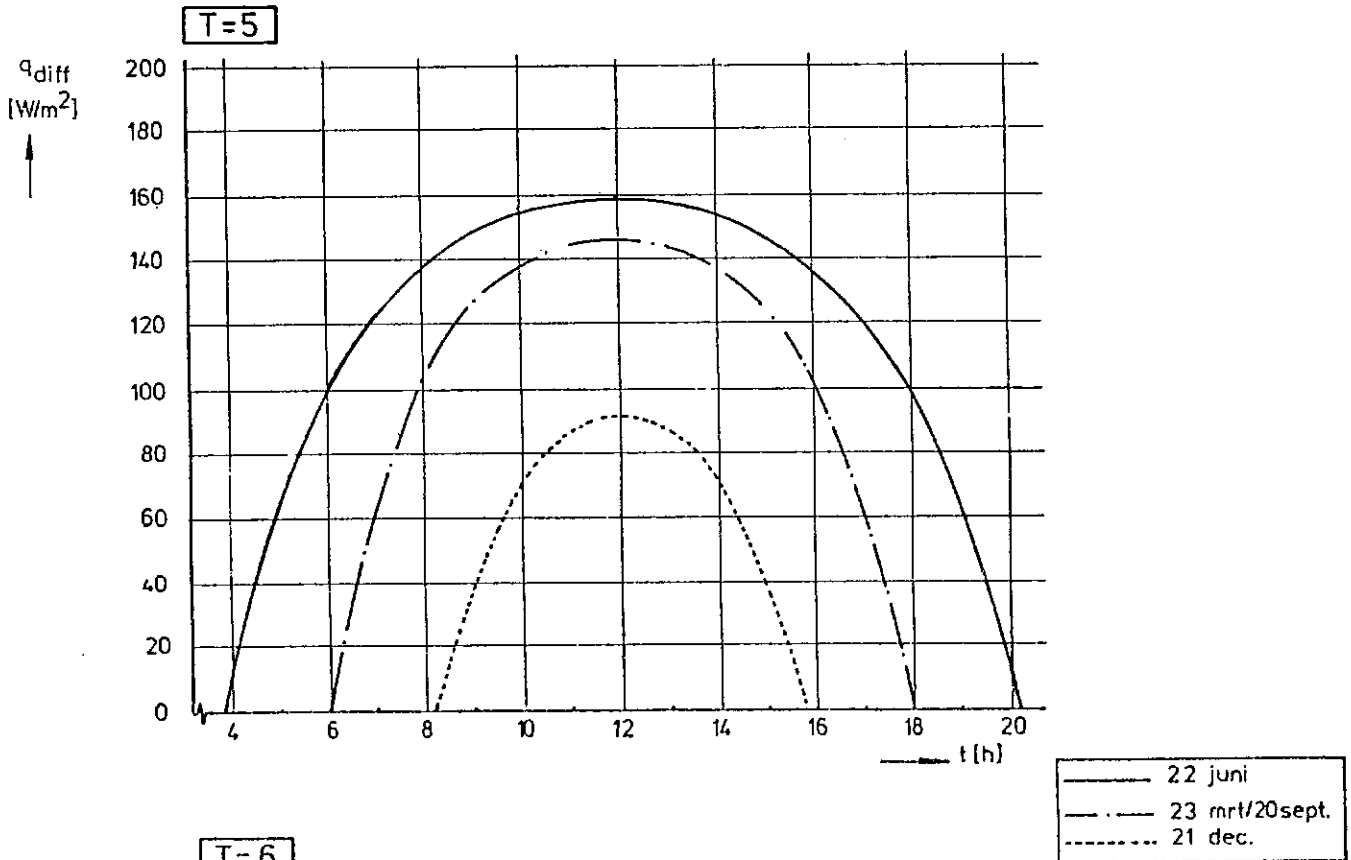
DIFFUSE STRALING OP EEN HORIZONTAAL VLAK VOOR 52° N.B. EN
 VERSCHILLENDE TRÜBUNGSFACTOR · OPLOPEND VAN 2 TOT EN MET 6



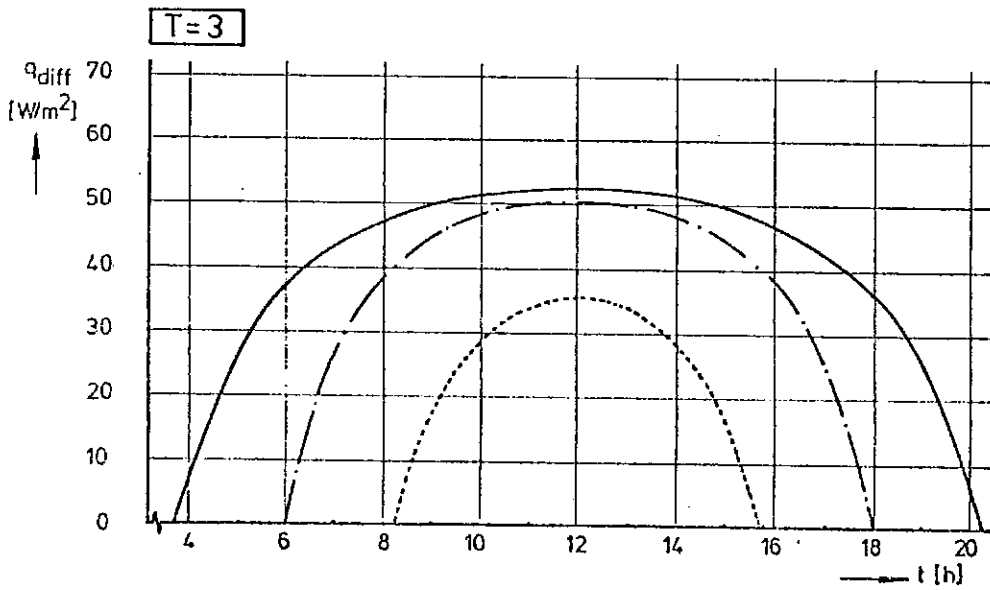
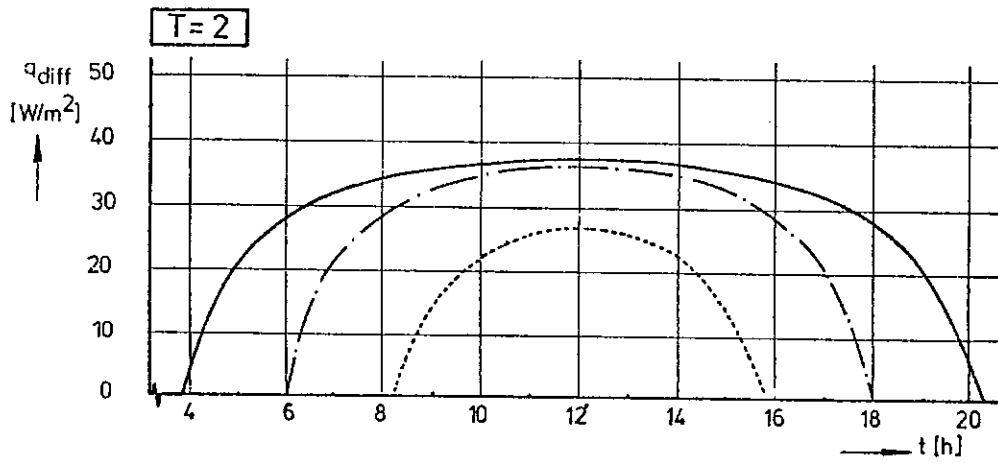
— 22 juni
 - · - 23 mrt/20 sept.
 ····· 21 dec.



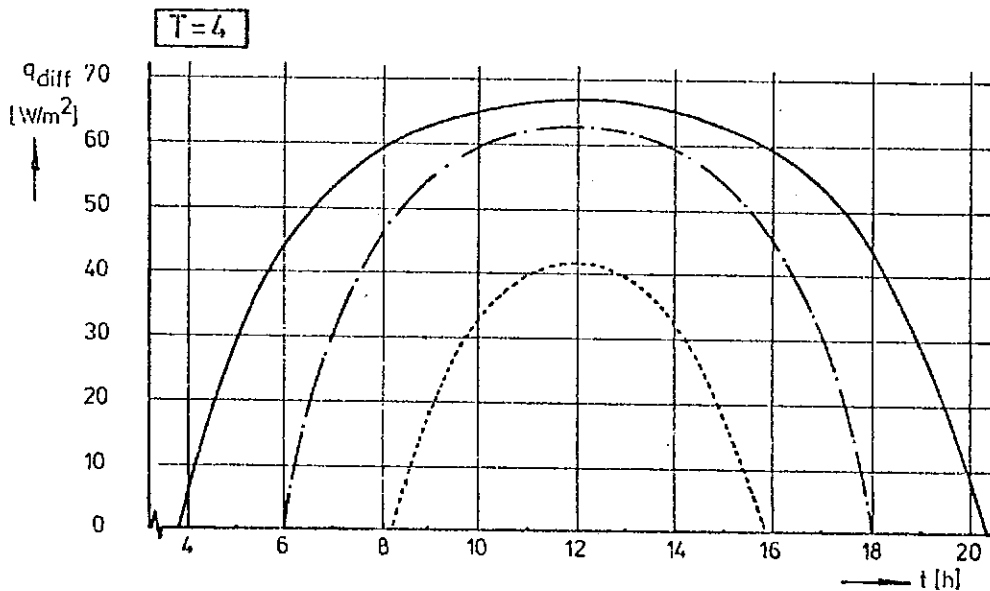
DIFFUSE STRALING OP EEN HORIZONTALAAL VLAK VOOR 52° N.B. EN
 VERSCHILLENDE TRÜBUNGSFACTOR OPLOPEND VAN 2 TOT EN MET 6



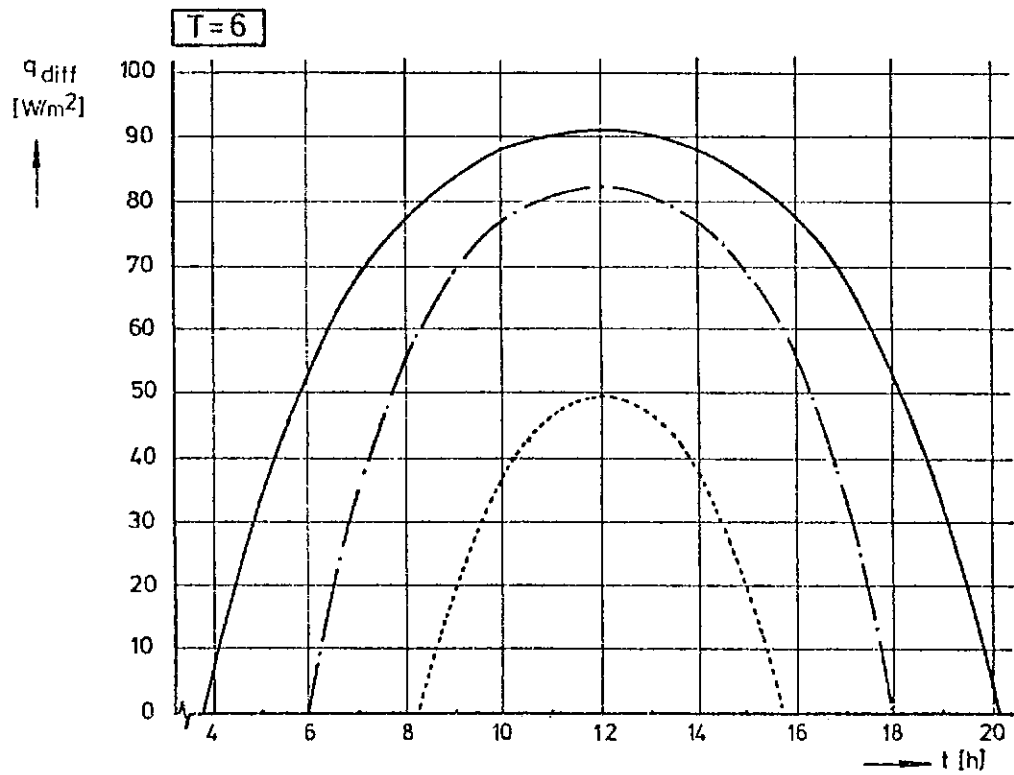
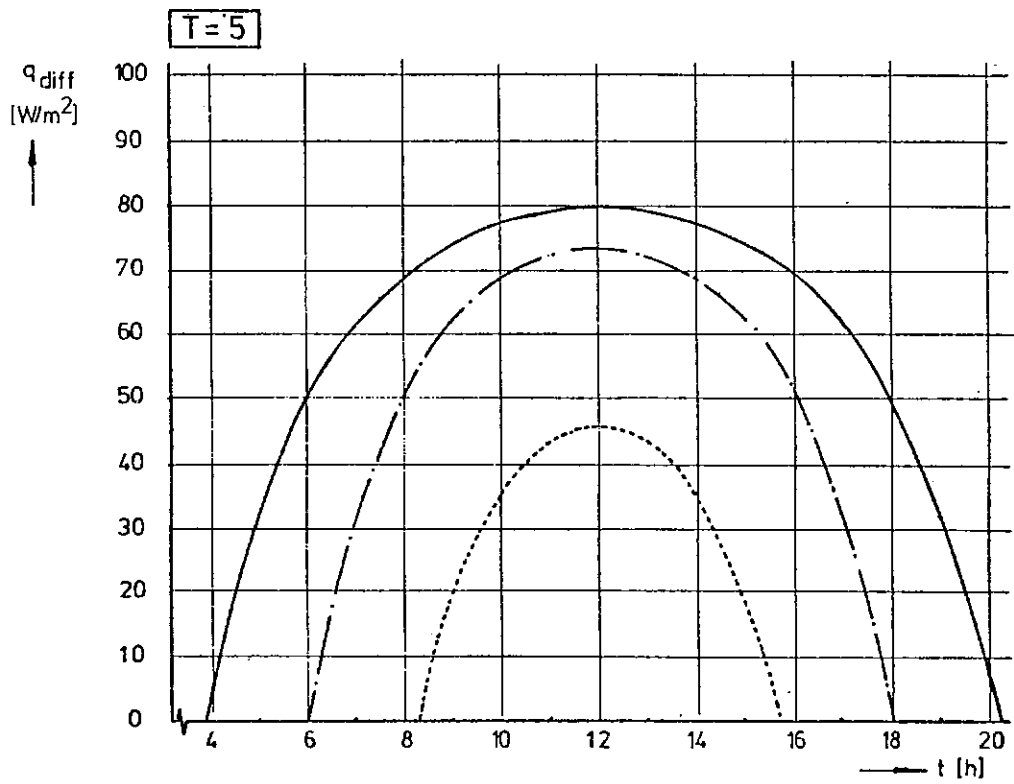
DIFFUSE STRALING OP EEN VERTIKAAL VLAK VOOR 52° N.B. EN
 VERSCHILLENDE TRÜBUNGSFACTOR OPLOPEND VAN 2 TOT EN MET 6



— 22 juni
 - · - 23 mrt/20 sept.
 ···· 21 dec.

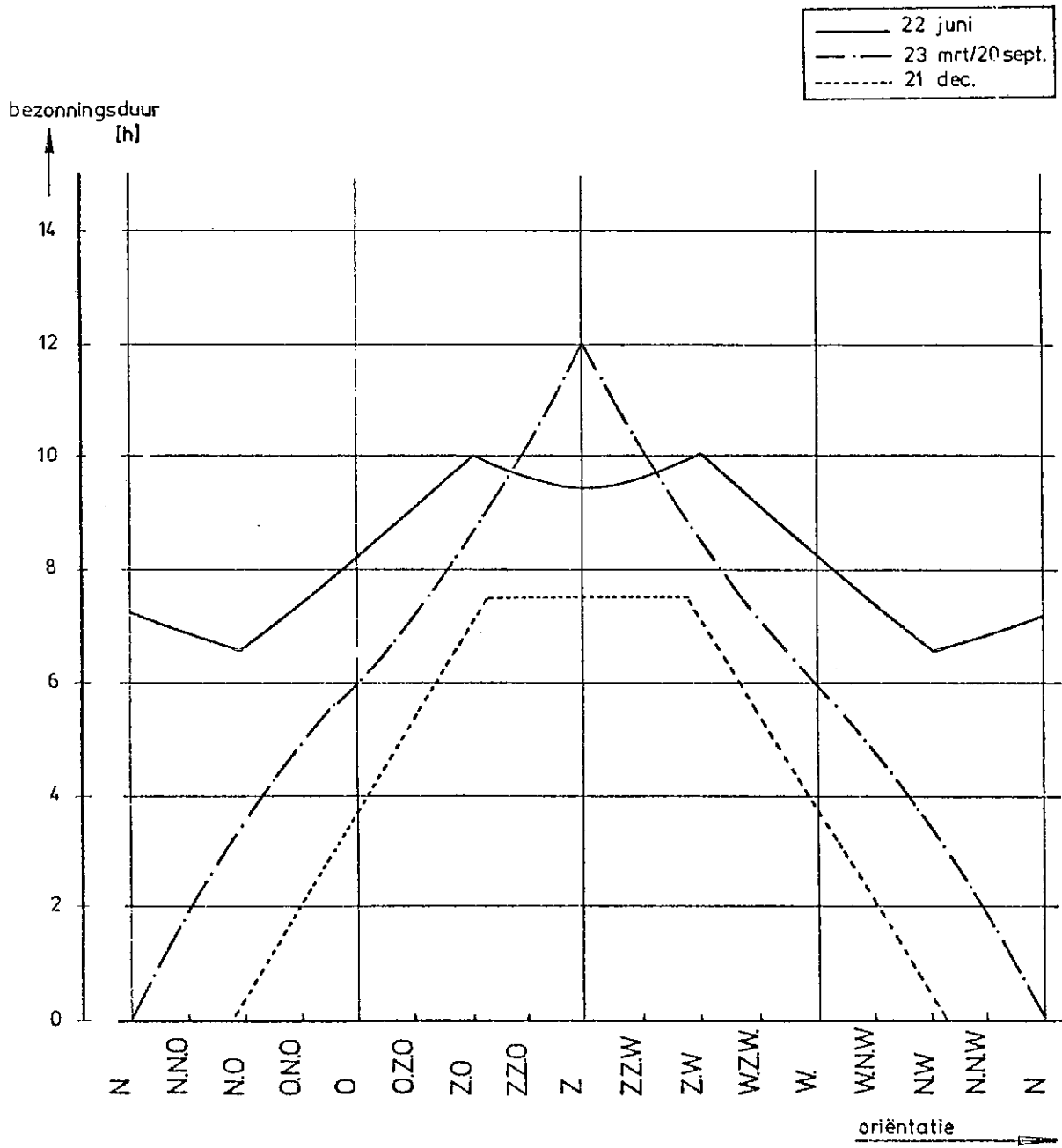


DIFFUSE STRALING OP EEN VERTIKAAL VLAK VOOR 52° N.B. EN
 VERSCHILLENDE TRÜBUNGSFACTOR OPLOPEND VAN 2 TOT EN MET 6

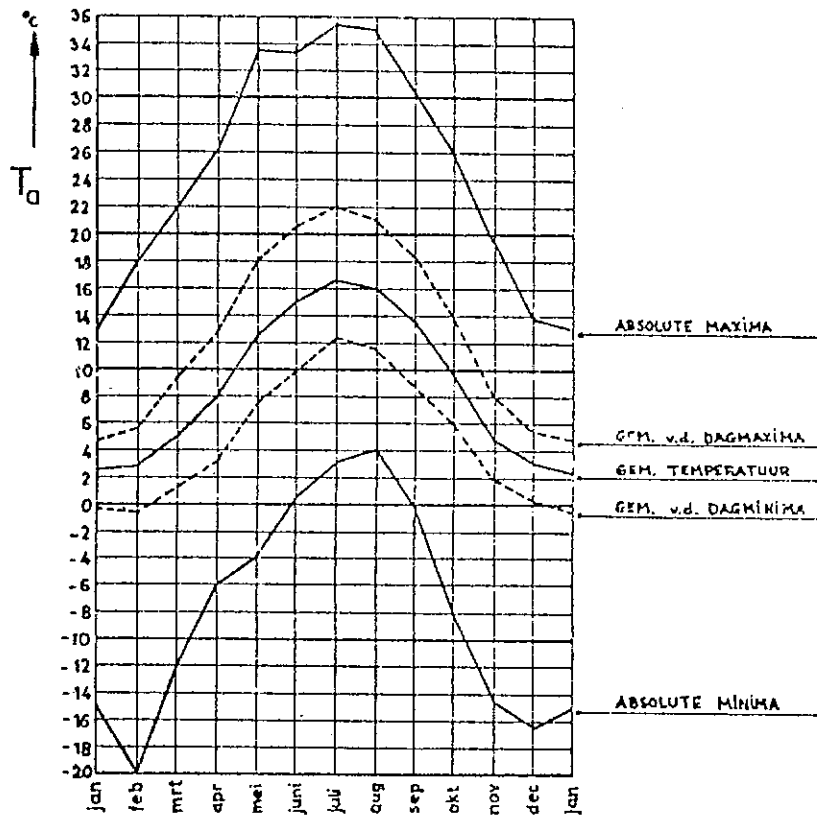


- 22 juni
- · - 23 mrt/20sept.
- 21 dec.

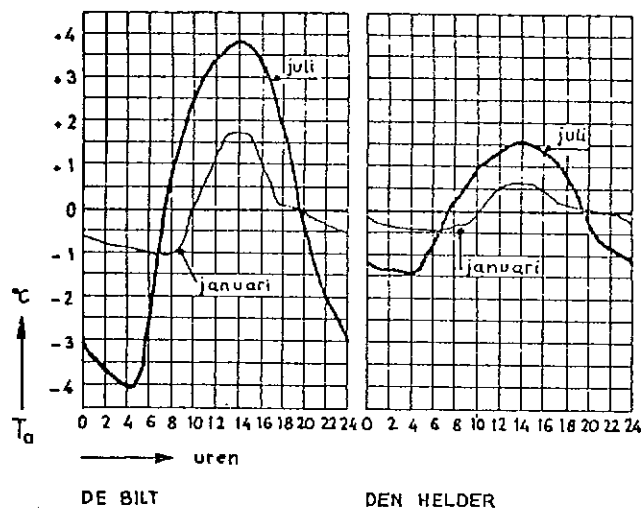
BEZONNINGSDUUR VOOR EEN VERTIKAAL VLAK IN HET VRIJE VELD
 ALS FUNCTIE VAN DE ORIENTATIE VOOR 52° N.B.



Temperatuurgrafiek voor Nederland, gemeten in De Bilt



De dagelijkse schommeling van de buitenluchttemperatuur



Gemiddelde maandtemperatuur en relatieve vochtigheid voor Nederland,
gemeten in De Bilt

	\bar{T}_a (°C)	$\bar{\phi}_a$ (%)	C (g/m ³)
januari	2,3	88	5,03
februari	2,5	84	4,86
maart	4,9	78	5,30
april	7,8	73	5,96
mei	12,4	70	
juni	14,8	70	
juli	16,6	73	
augustus	16,0	76	
september	13,6	80	
oktober	9,6	85	
november	5,0	87	5,94
december	2,9	89	5,29

Gemiddelde buitentemperatuur over 12 maanden $\bar{T}_{\text{jaar}} = 9,0$ °C

Gemiddelde buitentemperatuur van sept t/m mei : $\bar{T}_{\text{sept-mei}} = 6,8$ °C

EQUIVALENT TEMPERATUURVERSCHIL ΔT_{eq} IN $^{\circ}\text{C}$ VOOR
ZONBESTRAALDE WANDEN EN PLATTE DAKEN

	massa kg/m^2	tijd [klokuren]															
		6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
NO	100	-7,3	-5,4	-1,5	1,7	3,4	4,6	5,2	5,6	5,9	6,0	5,9	5,7	5,5	5,1	4,7	
	300	-3,7	-3,1	-2,5	-1,7	-0,9	0	0,9	1,9	2,8	3,6	4,1	4,4	4,3	4,0	3,6	
	500	-0,5	-0,9	-1,1	-1,2	-1,2	-1,1	-1,0	-0,7	-0,5	-0,1	0,3	0,7	1,3	1,9	2,5	
O	100	-7,2	-6,0	-0,9	6,0	9,6	11,8	12,4	11,7	10,6	9,5	8,8	8,0	7,3	6,7	6,2	
	300	-2,0	-1,7	-0,9	0,8	2,9	6,0	7,2	7,6	7,7	7,5	7,2	6,8	6,5	6,2	6,0	
	500	1,3	0,7	0,3	0,2	0,4	0,8	1,5	2,2	2,9	3,5	4,0	4,5	4,8	5,0	5,1	
ZO	100	-7,8	-7,9	-6,0	1,1	5,8	9,8	13,3	14,8	15,1	14,6	13,3	11,7	10,0	8,8	7,6	
	300	-2,7	-2,3	-1,7	-0,7	0,9	3,8	7,7	9,4	10,0	10,0	9,7	8,9	8,0	7,5	7,2	
	500	1,4	0,7	0,3	0,1	0,1	0,4	0,8	1,5	2,2	3,2	4,4	5,2	5,7	5,9	6,0	
Z	100	-7,5	-8,3	-8,5	-8,1	-5,4	1,8	6,7	11,4	14,8	16,7	16,8	16,0	14,4	12,5	10,7	
	300	-2,6	-3,5	-4,0	-4,0	-3,4	-2,0	0	3,0	7,8	10,2	11,1	11,1	10,5	9,2	8,0	
	500	1,4	0,9	0,4	-0,3	-1,0	-1,3	-1,2	-0,8	-0,2	0,7	1,8	3,3	4,5	5,4	5,9	
ZW	100	-7,0	-8,0	-8,4	-8,2	-7,3	-5,1	-1,5	3,5	8,6	16,4	19,7	20,9	20,8	20,0	18,0	
	300	-0,9	-2,1	-2,9	-3,3	-3,2	-2,8	-2,0	-0,5	2,7	7,9	11,5	13,5	14,2	13,9	12,6	
	500	2,7	1,9	1,3	0,7	0,3	0	-0,2	-0,2	0,1	0,5	1,1	2,0	3,3	4,9	6,8	
W	100	-6,1	-7,5	-7,9	-7,8	-7,1	-5,5	-2,6	0,9	4,0	8,2	11,5	14,8	17,4	19,8	21,7	
	300	-0,3	-2,1	-2,8	-3,1	-3,1	-2,8	-2,2	-1,2	0,4	3,0	7,1	9,6	11,7	13,2	14,4	
	500	2,9	2,0	1,4	0,7	0,2	-0,2	-0,5	-0,5	-0,4	0	0,4	1,2	2,3	3,6	5,4	
NW	100	-6,8	-7,6	-7,9	-7,7	-6,8	-5,0	-2,9	-0,5	1,7	4,4	7,1	10,7	14,0	14,8	13,6	
	300	-2,0	-3,0	-3,7	-4,1	-4,3	-4,0	-3,2	-2,0	-0,7	0,9	2,9	6,0	8,3	9,4	9,7	
	500	0,7	0,2	-0,3	-0,8	-1,2	-1,5	-1,8	-1,9	-1,8	-1,5	-1,0	-0,3	0,3	1,1	1,9	
N	100	-7,6	-7,8	-7,6	-7,0	-5,9	-4,2	-2,4	0,4	2,5	3,9	4,7	5,1	5,3	5,3	5,0	
	300	-4,0	-4,5	-4,7	-4,7	-4,6	-4,3	-3,5	-2,2	-0,4	1,0	1,9	2,6	3,0	3,2	3,3	
	500	-1,7	-2,2	-2,7	-3,0	-3,1	-3,2	-3,1	-3,0	-2,8	-2,6	-2,2	-1,8	-1,3	-0,8	-0,3	
plat warm- dak	50	-8,8	-3,0	4,4	13,7	23,7	32,0	40,8	42,8	42,7	41,2	37,2	33,3	28,0	21,2	14,2	
	100	-1,4	-3,0	-3,3	-2,2	2,0	9,2	16,0	23,0	30,0	33,0	33,6	32,7	30,2	26,7	23,0	
	200	-1,9	-2,0	-1,6	-0,4	1,8	5,2	11,0	15,8	20,0	23,2	24,7	25,1	24,3	22,3	19,2	
	300	3,6	1,9	1,4	1,6	2,5	4,5	7,2	10,8	13,7	16,3	18,0	19,0	19,2	18,9	17,6	
	500	8,7	7,7	6,9	6,2	5,7	5,5	5,7	6,5	7,8	9,3	10,6	11,7	12,7	13,3	13,6	

Deze tabel geldt voor de volgende omstandigheden:

maximale buitenluchttemperatuur	32°C
minimale buitenluchttemperatuur (in de nacht)	18°C
dus dagelijkse temperatuurschommeling	14°C
noorderbreedte	50°
maximale binnenluchttemperatuur	$T_i = 26^{\circ}\text{C}$
gemiddelde buitenluchttemperatuur	$T_{am} = 24,5^{\circ}\text{C}$
maand	juli
absorptiecoëfficiënt	$A = 0,7 - 0,9$
warmteoverdrachtscoëfficiënt buiten	$17,5 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$
warmteoverdrachtscoëfficiënt binnen	$5,8 - 8 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$

Bron (3)

STRALINGSGETAL C EN ABSORPTIECOEFFICIENT A VAN VERSCHILLENDE
OPPERVLAKKEN BIJ TEMPERATUREN VAN 0 TOT 200 °C
(LANGGOLVIGE STRALING)

MATERIAALSOORT	C [W/m ² K ⁴]	A = $\frac{C}{C_{\text{zwart}}}$ [-]
Zwart lichaam	5,76	1,00
<u>METALEN</u>		
edelmetalen (glanzend gepolijst)	0,10-0,30	0,016-0,050
niet-edelmetalen (glanzend gepolijst)	0,15-0,40	0,026-0,070
aluminium	0,40-0,50	0,070-0,087
aluminium (geanodiseerd)	2,3 -2,9	0,4 -0,5
lood (grijs geoxideerd)	1,6	0,28
ijzer en staal (met wals- of giethuid)	4,3 -4,6	0,75 -0,80
ijzer en staal (glad bewerkt)	1,4 -2,6	0,24 -0,44
ijzer en staal (verroest)	4,0	0,70
ijzer en staal (mat verzinkt)	0,5	0,075
ijzer en staal (verzinkt)	1,3 -1,6	0,20 -0,28
koper (glad)	0,55	0,095
koper (zwart geoxideerd)	4,5	0,78
messing (ruw walsoppervlak)	0,40	0,07
messing (bewerkt, glad)	1,2	0,20
<u>LAKKEN</u>		
aluminium lak	8,0 -2,4	0,35 -0,40
emaillak	5,2	0,90
olieverf, alle kleuren	5,1 -5,6	0,89 -0,97
<u>DIVERSEN</u>		
asbestplaten	5,6	0,97
beton	5,2	0,90
dakleer	5,2	0,90
ijs (glad)	5,2	0,90
gips	5,2	0,90
glas (glad)	5,5	0,95
rubber (zacht)	5,0	0,87
rubber (hard, glad, zwart)	5,4	0,93
rubber (ge vulcaniseerd)	5,7	0,98
hout, papier	5,2	0,90
tegel (geglazuurd)	5,0	0,87
marmer (lichtgrijs, gepolijst)	4,9	0,85
huid (menselijke)	~ 4,6	~ 0,80
olie	5,4	0,93

STRALINGSGETAL C EN ABSORPTIECOEFFICIENT A VAN VERSCHILLENDE
 OPPERVLAKKEN BIJ TEMPERATUREN VAN 0 TOT 200 °C
 (LANGGOLVIGE STRALING)

MATERIAALSOORT	C [W/m ² K ⁴]	A = $\frac{C}{C_{\text{zwart}}}$ [-]
porselein (geglazuurd)	5,4	0,93
pleisterwerk	5,1	0,89
water (\perp straling)	5,6	0,97
water (alzijdige straling)	5,3	0,91
baksteen, specie	5,4 -5,5	0,93 -0,95
papier (wit, mat)	5,4	0,93

Bron (3)

ABSORPTIECOEFFICIENT VOOR ZONNESTRALING

<u>MATERIAALSOORT</u>	<u>A</u>
baksteen	0,40-0,80
beton	0,60-0,65
pleisterwerk	0,26
zand	0,70
zandsteen	0,70
asfalt	0,88-0,93
papier (wit)	0,36-0,41
hout	0,35
sneeuw (versgefallen) - rijp	laag
verf (oliebasis) licht	0,10-0,40
verf (oliebasis), donker	0,80-0,97
verf (aluminium)	0,55
roet, schoolbordenzwart	0,98
grafiet	0,85
grond	0,70-0,85
gras	0,77
koper	0,20
zink	0,50
gegalvaniseerd ijzer	0,70
linoleum (roodbruin)	0,85
aluminium (gepolijst)	0,30
aluminium (geanodiseerd)	0,16
asbestcement (1 jaar oud)	0,71
baksteen (rood)	0,56

Bron (4), (5)

UITZETTINGS-COEFFICIENTEN

Lineaire uitzettingscoëfficiënt van bouwmaterialen tussen 0 °C en 100 °C

MATERIAAL	[mm/m.K]
Jenaglas	$(3,5-8,1) \cdot 10^{-3}$
kwartsglas	$0,5 \cdot 10^{-3}$
tegels	$5,0 \cdot 10^{-3}$
metselwerk uit baksteen	$(3,6-5,8) \cdot 10^{-3}$
kalkzandsteen	$7,8 \cdot 10^{-3}$
klinkers	$(2,8-4,8) \cdot 10^{-3}$
gewapend beton (hoogwaardig)	$15,0 \cdot 10^{-3}$
gewapend beton (normaal)	$13,0 \cdot 10^{-3}$
beton (zuiver portland cement)	$14,2 \cdot 10^{-3}$
lichtbeton	$10,8 \cdot 10^{-3}$
stampbeton	$10,0 \cdot 10^{-3}$
schokbeton	$(7,7-9,4) \cdot 10^{-3}$
hoogovenslakkenbeton	$(5,8-6,6) \cdot 10^{-3}$
pleisterwerk	$(4,6-9,0) \cdot 10^{-3}$
lood, zink	$29,0 \cdot 10^{-3}$
aluminium	$(23,8-29,2) \cdot 10^{-3}$
koper	$(16,5-18,4) \cdot 10^{-3}$
ijzer, staal	$(10,4-12,0) \cdot 10^{-3}$
hout in langsrichting	$\approx 50,0 \cdot 10^{-3}$
hout in dwarsrichting	$\approx 50,0 \cdot 10^{-3}$
marmer	$(5,0-7,0) \cdot 10^{-3}$
asfaltbedekking	$(30,0-37,0) \cdot 10^{-3}$
bitumen	$20,0 \cdot 10^{-3}$

Kubieke uitzettingscoëfficiënt van enige vloeistoffen

MATERIAAL	[°C ⁻¹]
Kwik	$181 \cdot 10^{-6}$
water	$180 \cdot 10^{-6}$

Bron (6), (7)

NUMERIEKE WAARDEN VOOR FYSISCHE MATERIAALGROOTHEDEN VAN BOUW- EN
ISOLATIEMATERIALEN TEN BEHOEVE VAN HET ONDERWIJS IN DE BOUWFYSICA 1

materiaalsoort	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]		c [J/kgK]	μ [-]
		I	II		
METALEN					
lood	12250	35	35	130	∞
koper	9000	372	372	390	∞
ijzer, staal	7800	52	52	530	∞
zink	7200	110	110	390	∞
aluminium	2800	204	204	880	∞
kwik	13550	9,3		140	∞
NATUURSTEEN					
basalt, graniet	3000	3,50	3,50	840	∞
kalksteen, hardsteen, marmer	2700	2,50	3,00	840	∞
zandsteen	2600	1,60	1,80	840	∞
BAKSTEENMETSSELWERK					
gevelklinkers, hardgrauw	1900	0,70	1,20	840	13
rood	1600	0,60	0,90	840	9
betonsteen (licht)	1600	0,74		840	8
betonsteen (licht)	1400	0,60		840	7
betonsteen (licht)	1200	0,50		840	6
betonsteen (licht) = drijfsteen	1000	0,45		840	6
betonsteen (licht)	800	0,40		840	5
KALKZANDSTEENMETSSELWERK					
kalkzandsteen	1900	0,90	1,40	840	12
kalkzandsteen (hol)	1400	0,67		840	7
kalkzandsteen (hol)	1000	0,52		840	6
kalkzandsteen (hol)	1000	0,47		840	6
BETON					
grindbeton	2300-2500	2,00	2,00	840	25-33
lichtbeton	1900	0,90	1,40	840	14
lichtbeton	1600	0,70	1,20	840	8
lichtbeton	1300	0,50	0,80	840	7
lichtbeton	1000	0,35	0,50	840	6
lichtbeton	700	0,23		840	5
lichtbeton	500	0,17		840	4
lichtbeton	300	0,12		840	4
lichtbeton	200	0,08		840	3
lichtbeton	100	0,06		840	2
bimsbeton	700-1000	0,23-0,35	0,52-0,94	840	5-6
bimsbeton	1000-1400	0,35-0,50	0,52-0,94	840	6-11
beton met lichte toeslagstof	550-1000	0,18-0,35	0,52-1,30	840	4-6
beton met lichte toeslagstof	1000-1800	0,35-0,84	0,52-1,30	840	6-12
isolatiebeton	300-700	0,12-0,23		840	4-6
cellenbeton	1300	0,52	1,20	840	8
cellenbeton	1000	0,35	0,70	840	6
cellenbeton	700	0,23	0,46	840	5
cellenbeton	400	0,17		840	4
cellenbeton op cementbasis	400-750	0,17-0,26		840	4-6
cellenbeton op kalkbasis	400-750	0,17-0,26		840	4-6
hoogovenslakkenbeton	1900	0,70	1,00	840	13
hoogovenslakkenbeton	1600	0,47	0,70	840	10
hoogovenslakkenbeton	1300	0,29	0,47	840	8
hoogovenslakkenbeton	1000	0,23	0,35	840	6

NUMERIEKE WAARDEN VOOR FYSISCHE MATERIAALGROOTHEDEN VAN BOUW- EN
ISOLATIEMATERIALEN TEN BEHOEVE VAN HET ONDERWIJS IN DE BOUWFYSICA 2

materiaal­soort	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]		c [J/kgK]	μ [-]
		I	II		
ANDERE ANORGANISCHE MATERIALEN					
asbestcement	1600-1900	0,35-0,70	0,93-1,2	840	40-60
gipsplaten	800-1400	0,23-0,46	(-) -0,64	840	6
gipsplaten	600	0,29		840	5
gipskartonplaten	880-900	0,17-0,20		840	13
gips (met in holle ruimten vulstoffen)	900	0,40		840	?
glas	2500	0,80	0,80	840	∞
schuimglas	150	0,042		840	∞
minerale wol	35-200	0,04		840	1-2
richtwaarden voor niet genoemde anorganische materialen afhankelijk van dichtheid	1900	0,9	1,4	840	14
	1600	0,7	1,2	840	8
	1300	0,5	0,8	840	7
	1000	0,35	0,5	840	6
	700	0,23		840	5
	500	0,17		840	4
	300	0,12		840	4
	200	0,08		840	3
	100	0,06		840	2
TOESLAG- EN STORTMATERIALEN					
minerale toeslag van beton	50-800	0,04-0,23		840	
minerale wol met cement gebonden	300-400	0,12-0,14		840	
perliet	250	0,06		840	
split	1850	0,78		840	
bims	700	0,18		840	
zandsteen	2300	1,8		840	10
Muschelkalk	2700	2,4		840	
TEGELS					
hardgebakken tegels	2000	1,2	1,2	840	28
PLEISTERLAGEN					
cementpleister	1900	0,93	1,50	840	17
kalkpleister	1600	0,70	0,81	840	11
gipspleister	1300	0,52	0,81	840	6
cement mortel	2200	1,32		840	?
cement mortel	2000	1,32		840	?
ORGANISCHE MATERIALEN AL DAN NIET GEBONDEN (m.u.v. houtprodukten en kunststoffen)					
geëxpandeerde kurk	100-200	0,041-0,046		1760	5-30
geëxpandeerde, geïmpregneerde kurk	100-200	0,041-0,046		1760	10-45
linoleum	1200	0,17		1470	$1,8 \cdot 10^3$
rubber	1200-1500	0,17-0,29		1470	$9 \cdot 10^3$
geëxpandeerde eboniet	100	0,035		1470	$(5-9) \cdot 10^3$
rietvezelplaat	250-350	0,08-0,09		2100	3
strovezelplaat	200-400	0,08-0,12		2100	3
vlasseve­nplaat	300-700	0,09-0,17		1880	8-46
vlasseve­nplaat	350-500	0,09-0,12		1470	4-8
RICHTWAARDEN VOOR ANDERE NIET GEMOENDE	1600	0,5		1840	?
ORGANISCHE MATERIALEN AL DAN NIET MET	1300	0,4		1840	?
BINDMIDDEL; m.u.v. HOUT EN KUNSTSTOFFEN	1000	0,3		1840	?
	700	0,17		1880	?
	500	0,12		1880	?

NUMERIEKE WAARDEN VOOR FYSISCHE MATERIAALGROOTHEDEN VAN BOUW- EN
ISOLATIEMATERIALEN TEN BEHOEVE VAN HET ONDERWIJS IN DE BOUWFYSICA 3

materiaalsoort	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]		c [J/kgK]	μ [-]
		I	II		
	300	0,08		1880	?
	200	0,07		2100	?
	100	0,06		2100	?
HOUTPRODUCTEN					
hardhout	800	0,17 ¹⁾	0,23 ¹⁾	1880	100-200
naaldhout	550	0,14 ¹⁾	0,17 ¹⁾	1880	100-200
triplex, multiplex	700	0,17	0,23	1880	10-20
hardboard	1000	0,29		1680	?
zachtboard	250-300	0,08		2100	?
spaanplaat	450	0,10		1880	3-10
spaanplaat	600	0,15		1880	3-10
spaanplaat	1000	0,29		1880	3-10
hourspaancementplaat	350-700	0,09-0,21		1470	4-10
houtwolcementplaat	350-700	0,09-0,21		1470	4-10
houtvolmagnesiumplaat	400-500	0,10-0,12		1470	4-10
HARDE KUNSTSTOFFEN					
polyesterplaat (glasvezel versterkt)	1200	0,17		1470	> 9.10 ³
polyetheen	920-950	0,17		1470	> 9.10 ³
polymethylmethacrylaat	1200	0,17		1470	> 9.10 ³
polypropreen	900	0,17		1470	> 9.10 ³
polyvinylchloride	1400	0,17		1470	> 9.10 ³
KUNSTSTOF SCHUIMEN					
polystyreenschuim (geëxpandeerd)	10	0,035		1470	15-50
(bijv. styropor).	20	0,035		1470	35-100
	40	0,035		1470	80-210
	60	0,035		1470	130-370
polystyreenschuim (geëxtrudeerd)					
(bijv. roofmate)	30-40	0,030		1470	250
ureumharschuim	8-20	0,035		1470	20-100
polyurethaanschuim (freon geblazen)	30-150	0,023 [*] -0,035		1470	60-80
fenolharschuim	25-200	0,035		1470	90-250
polyvinylchlorideschuim (hard)	25-50	0,035		1470	90-250
achteraf geschuimde spouw	20-100	0,054		1470	?
BITUMEN					
asfalt (10 mm)	2100	0,66		840	3000
bitumenlang (0,3 mm), koud aangebracht	1050	0,17		1840	500
bitumenlang, heet aangebracht	1050	0,17		1840	5000
DIVERSEN					
sneeuw vers	80-190	0,1-0,2		?	
sneeuw oud	200-800	0,5-1,8		2300	
ijs	900	2,2		2300	
water (10 °C)	1000	0,58		4200	
zeewater	1020	?		3440	
lucht (0-25 °C)	1,2	0,023		1000	
AARDE					
bouwgrond, humusaarde	1450	0,78		1840	
grof grint	2040	0,52		840	
kwarts zand	1600	1,07		840	
leem met weinig zand	1450	1,28		840	

NUMERIEKE WAARDEN VOOR FYSISCHE MATERIAALGROOTHEDEN VAN BOUW- EN
ISOLATIEMATERIALEN TEN BEHOEVE VAN HET ONDERWIJS IN DE BOUWFYSICA 4

materiaalsoort	ρ [kg/m ³]	λ [W/mK]		c [J/kgK]	μ [-]
		I	II		
zandige klei	1780	0,92		840	
zand (droog)	1600	0,26-0,33		840	
zeezand	1600	0,30-2,40		840	
grond (natuurvochtig)	1700	2,0		840	
estrich	2000	1,43		?	
plexiglas		0,18		?	
katoen geweven	330	0,07		1300	
linnen geweven	590	0,07		?	
wol geweven	380	0,05		1880	
zijde geweven	300	0,05		?	

- 1) Loodrecht op de vezels
- 2) Over de μ -waarden van houtprodukten is nog weinig bekend. Bovendien hangt de μ -waarde in zeer sterke mate af van het vochtgehalte. De gegeven waarden moeten uitsluitend als richtwaarden worden gezien.
- * λ kan bij veroudering t.g.v. het verdwijnen van de freonvulling stijgen tot 0,035 W/mK.

DAMPREMPELENDE LAGEN

<u>Materiaal</u>	<u>dikte (mm)</u>	<u>μ</u>
Estrich (15 mm) met bitumen	15,00	155
Bitumenpapier (enkelzijdig)	0,15	580
Bitumenpapier (dubbelzijdig)	0,30	3000
Latexverf	-	1500
Olieverf	0,03	3000-8000
Glasvlies	2,0	4000-60000
Gebitumineerd karton met kunststof tussenlaag	0,80	3500
p.v.c. folie	0,1	9000-45000
Polyetheen-folie	0,1	45000-140000
Polyethyleen folie	0,1	65000
Polyethyleen folia	0,3	34000
2x dakleer + 3 bitumenlagen	5,0	700000
Polyesterfolie	0,1	14000
Polystyreënfolie	0,1	40000
Asbesthoudende bitumineuze dakbedekking		2300
Asfaltbitumen vilt (vilt 500 g/m ² ; bit. 1 kg/m ²)		5000-23000
Asfaltbitumen op glasvezelbasis		20000-90000
Teervilt		75000

bitumineuze dakbedekking:
aanhouden: $m_d = 50 \text{ m}$.

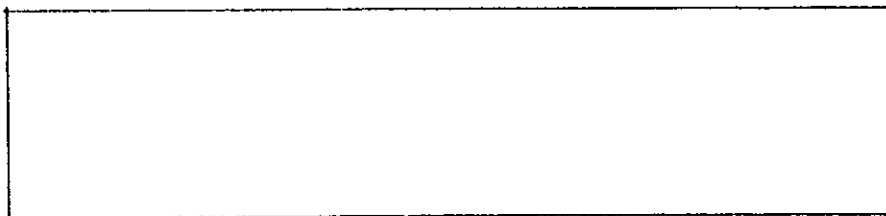
Bron (4), (5), (7), (8)

DAMPSPANNINGSTABEL

c _{max} g/m ³	Temp.°C	De verzadigde waterdampspanning p _s in [Pa]									
		,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9
39,56	+35	5627	5657	5688	5720	5752	5784	5816	5848	5880	5912
37,54	34	5323	5352	5381	5412	5443	5472	5503	5533	5564	5595
35,62	33	5033	5061	5090	5118	5146	5176	5205	5234	5264	5293
33,77	32	4757	4785	4812	4838	4866	4893	4921	4949	4977	5005
32,02	31	4496	4521	4546	4573	4598	4625	4650	4677	4704	4730
30,34	30	4245	4270	4294	4319	4344	4369	4393	4418	4443	4469
28,73	29	4007	4031	4054	4078	4102	4125	4149	4173	4197	4221
27,21	28	3782	3803	3826	3848	3871	3893	3915	3939	3962	3984
25,75	27	3567	3588	3610	3630	3651	3674	3695	3716	3738	3760
24,36	26	3363	3383	3403	3423	3443	3463	3484	3504	3530	3546
23,05	25	3169	3188	3207	3226	3246	3264	3284	3303	3323	3343
21,78	24	2985	3003	3022	3040	3058	3076	3095	3114	3132	3151
20,55	23	2811	2828	2844	2861	2879	2896	2915	2932	2949	2967
19,43	22	2645	2661	2677	2693	2710	2727	2744	2760	2778	2793
18,35	21	2488	2504	2518	2535	2549	2565	2581	2597	2613	2629
17,28	20	2340	2353	2368	2382	2397	2412	2428	2442	2457	2473
16,30	19	2198	2212	2225	2240	2253	2268	2281	2296	2310	2325
15,37	18	2065	2077	2090	2104	2117	2130	2144	2157	2170	2184
14,47	17	1938	1950	1962	1978	1988	2001	2014	2026	2034	2052
13,65	16	1818	1830	1842	1854	1866	1878	1890	1902	1914	1926
12,85	15	1706	1717	1728	1739	1750	1761	1773	1784	1796	1808
12,07	14	1599	1609	1619	1630	1641	1651	1662	1673	1684	1696
11,35	13	1498	1507	1518	1527	1538	1547	1558	1569	1578	1589
10,65	12	1403	1413	1422	1431	1441	1450	1459	1469	1478	1489
10,01	11	1313	1321	1331	1339	1349	1358	1366	1375	1385	1394
9,40	10	1229	1237	1245	1253	1262	1270	1278	1287	1295	1305
8,82	9	1148	1156	1164	1172	1179	1187	1195	1203	1212	1220
8,27	8	1072	1080	1087	1095	1103	1110	1118	1126	1132	1140
7,76	7	1002	1008	1016	1023	1030	1036	1044	1051	1059	1066
7,28	6	935	942	948	955	962	968	975	982	988	995
6,83	5	872	879	884	891	898	903	910	916	923	928
6,40	4	814	819	826	831	836	843	848	855	860	867
5,99	3	758	763	768	775	780	786	791	796	802	808
5,59	2	706	711	716	722	727	732	736	742	747	752
5,21	1	657	661	667	671	676	681	685	691	696	701
4,84	+ 0	611	615	620	624	628	633	637	643	647	652
4,84	- 0	611	605	600	596	591	587	581	576	572	567
4,48	- 1	563	557	553	548	544	539	535	531	525	521
4,14	- 2	517	513	508	504	500	496	492	488	484	480
3,82	- 3	476	472	468	464	460	456	452	448	444	440
3,53	- 4	437	433	429	425	423	419	415	412	408	404
3,26	- 5	401	397	395	391	388	384	381	377	375	371
3,01	- 6	368	365	361	359	356	352	349	347	344	340
2,77	- 7	337	335	332	329	327	323	320	317	315	312
2,55	- 8	309	307	304	301	299	296	293	291	288	285
2,34	- 9	283	281	279	276	273	271	269	267	264	261
2,15	-10	260	257	255	252	251	248	245	244	241	240
1,98	-11	237	235	233	231	229	227	225	223	221	219
1,82	-12	217	215	213	211	209	207	205	204	201	200
1,67	-13	199	196	195	193	191	189	188	185	184	183
1,53	-14	181	179	177	176	175	173	171	169	168	167
1,41	-15	165	164	163	160	159	157	156	155	153	152
1,29	-16	151	149	148	147	145	144	143	141	140	139
1,18	-17	137	136	135	133	132	131	129	128	127	125
1,08	-18	124	124	123	121	120	119	117	116	116	115
0,99	-19	113	112	111	111	109	108	107	105	105	104
0,90	-20	103	101	101	100	98,7	98,7	97,4	96,0	94,7	94,7

c_{\max} g/m ³	temperatuur °C	P_s Pa
39,6	35	5627
41,7	36	5945
43,9	37	6280
46,2	38	6630
48,6	39	6997
51,15	40	7381
53,8	41	7784
56,7	42	8205
59,6	43	8645
62,5	44	9107
65,4	45	9590
68,5	46	10093
71,8	47	10620
75,3	48	11168
79,0	49	11743
83,0	50	12342
87,0	51	12968
91,0	52	13620
95,2	53	14302
99,6	54	15010
104,3	55	15748
109,3	56	16517
114,4	57	17320
119,6	58	18155
124,9	59	19025
130,2	60	19930
135,9	61	20870
141,9	62	21850
148,1	63	22865
154,5	64	23923
161,1	65	25021
167,9	66	26162
175,0	67	27345
182,4	68	28574
190,1	69	29849
198,1	70	31179

BOUWFYSISCHE BEREKENING VAN EEN CONSTRUCTIE



$T_i =$
 $\varphi_i =$
 $T_a =$
 $\varphi_a =$

	d	λ	r	ΔT	T	p_s	μ	r_d	Δp_w	p_w
constructie laag	m	$\frac{W}{mK}$	$\frac{m^2 K}{W}$	$^{\circ}C$	$^{\circ}C$	$\frac{N}{m^2}$		$\frac{m}{s}$	$\frac{N}{m^2}$	$\frac{N}{m^2}$
lucht buiten										
r_a										
r_i										
lucht binnen										
DATUM:			$R_{tot.}$	$\Delta T_{tot.}$				$R_{d tot.}$	ΔP	

GENORMALISEERDE OKTAAF BANDEN
EN
FREQUENTIEBEREIK VAN ENKELE GELUIDBRONNEN

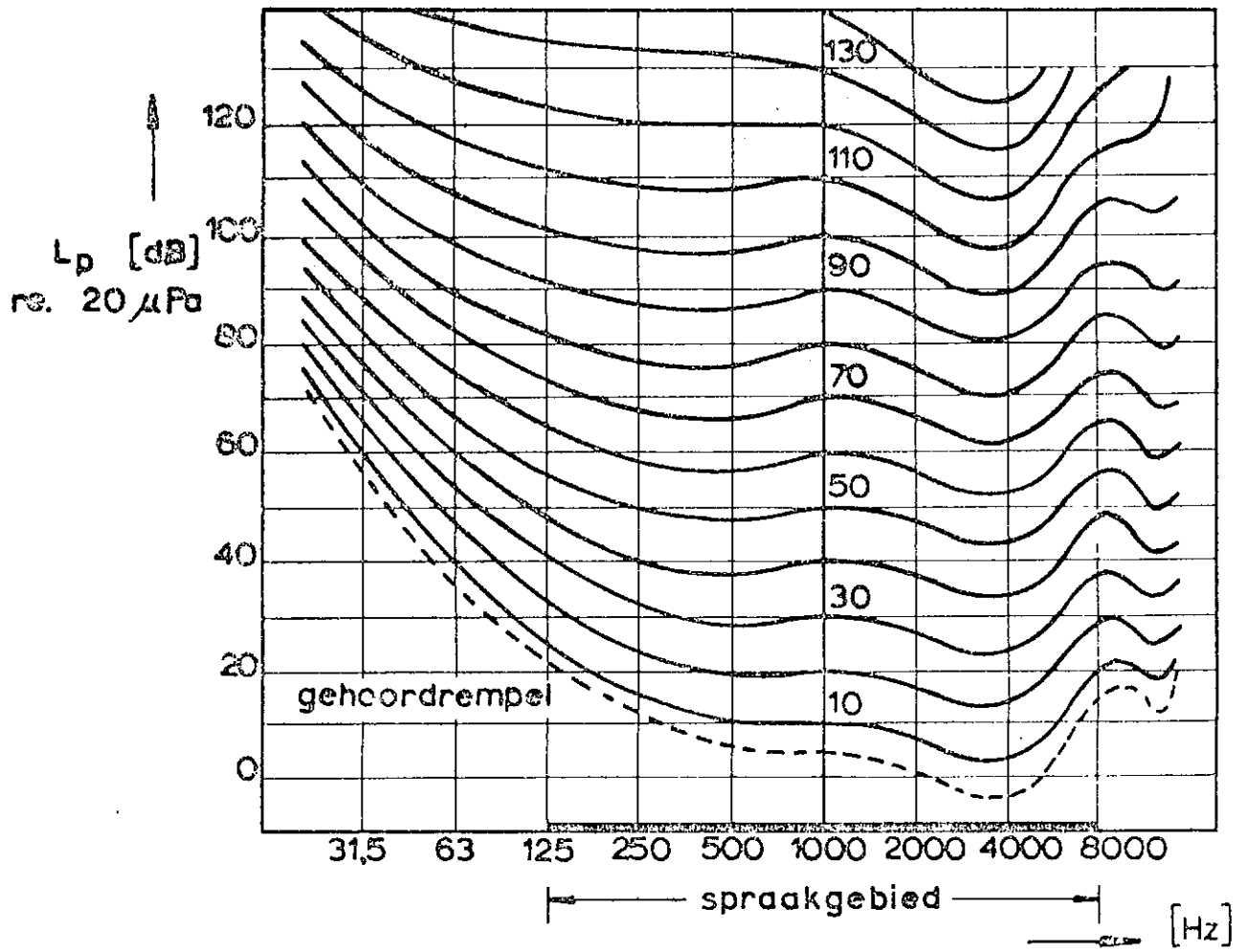
oktaafband [Hz]*	middenfrequentie [Hz]
22,5 - 45	31,5
45 - 90	63
90 - 180	125
180 - 355	250
355 - 710	500
710 - 1415	1000
1415 - 2830	2000
2830 - 5660	4000
5660 - 11320	8000

* alle frequenties op 5Hz afgerond
Genormaliseerde oktaafbanden

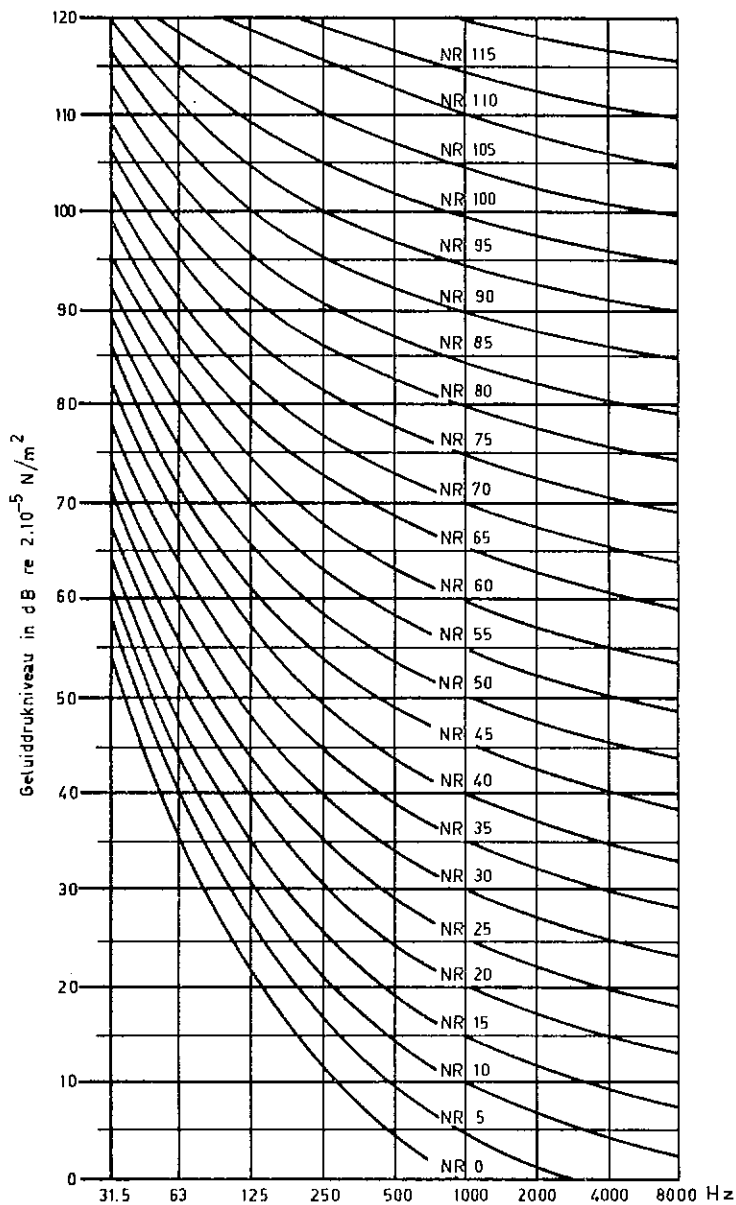
bron	frequentiebereik in Hz
piano	28 - 4186
viool	200 - 4000
piccolofluit	500 - 4500
hobo	250 - 1700
contrabas	30 - 200
bas	70 - 400
tenor	130 - 550
alt	200 - 800
sopraan	250 - 1100

Frequentiebereik van enkele geluidbronnen

ISOFOONEN



GELUIDHINDERKROMMEN
(NOISE-RATING CURVES)



MIDDENFREQUENTIES DER OCTAAFBANDEN IN Hz

MAXIMUMWAARDEN VOOR:

ziekenhuis, schouwburg, bios-coop, concertzaal, kerk, leeszaal, vergaderzaal	NR 20-30
kantoor, ontvangstruimte, klein restaurant	NR 30-40
groot restaurant, kleine typekamer, sporthal	NR 40-50
grote typekamer	NR 50-60
fabriek, werkplaats	NR 60-70
WONINGEN	"
in huis	NR 20-30
buiten huis	NR 30-40

CORRECTIES VOOR WONINGEN:

hoorbare "zuivere" toon	- 5
intermitterend geluid	- 5
tijdsduur van een 8-urige dag	56-100% 0
id.	18-56% + 5
id.	6-18% + 10
id.	1,8-6% + 15
id.	0,6-1,8% + 20
id.	0,2-0,6% + 25
id.	< 0,2% + 30
alleen overdag	0
avond	- 5
nacht	- 10 tot - 15
landelijke omgeving	0
buitenwijk	+ 5
woonstad	+ 10
stad nabij lichte industrie	+ 15
binnenstad	+ 20
omgeving met zware industrie	+ 25

Bron (10)

WEGINGSFUNCTIES VOOR OMREKENING VAN dB NAAR
dB(A), dB(B) EN dB(D)

frequentie [Hz]	korrektieterm [dB]			voor :
	L_A	L_B	L_D	
50	- 30,2	- 11,6	- 13,6	
63	- 26,2	- 9,3	- 11,6	
80	- 22,5	- 7,4	- 9,6	
100	- 19,1	- 5,6	- 7,8	
125	- 16,1	- 4,2	- 6	
160	- 13,4	- 3,0	- 4,4	
200	- 10,9	- 2,0	- 3,1	
250	- 8,6	- 1,3	- 1,9	
315	- 6,6	- 0,8	- 1	
400	- 4,8	- 0,5	- 0,3	
500	- 3,2	- 0,3	0	
630	- 1,9	- 0,1	- 0,1	
800	- 0,8	0	- 0,4	
1000	0	0	0	
1250	0,6	0	+ 1,9	
1600	1,0	0	+ 5,4	
2000	1,2	- 0,1	+ 8	
2500	1,3	- 0,2	+ 10	
3150	1,2	- 0,4	+ 11	
4000	1	- 0,7	+ 10,9	
5000	0,5	- 1,2	+ 10	
6300	- 0,1	- 1,9	+ 8,5	
8000	- 1,1	- 2,9	+ 6	
10000	- 2,5	- 4,3	+ 3	

De opgegeven frequenties zijn de middenfrequenties
van genormaliseerde tertsbanden

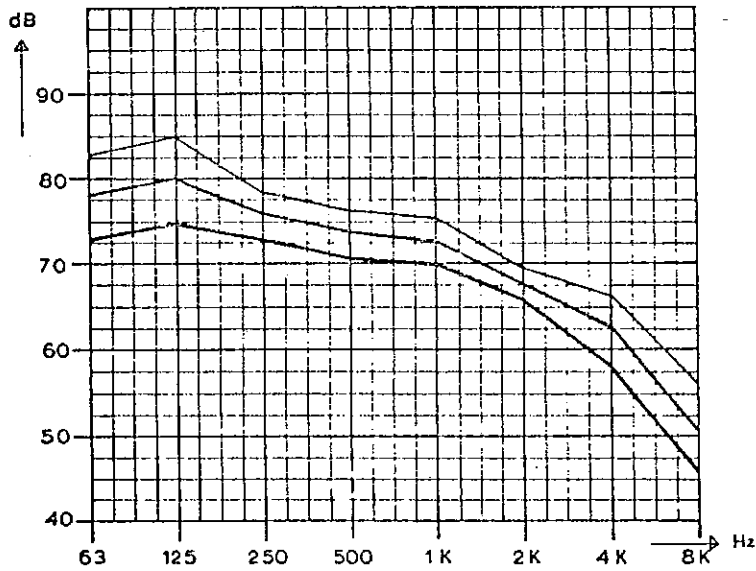
Bron (11)

MATERIAALCONSTANTE $\sqrt{E/\rho}$ VOOR ENKELE VEEL
 VOORKOMENDE BOUWMATERIALEN *

MATERIAAL	dynamische elasticiteitsmodulus E [N/m ²]	dichtheid ρ [kg/m ³]	$\sqrt{E/\rho}$ [m/s]
metzelsteen:			
gevelklinker	25.10 ⁹	2100	3450
kalkzandsteen	25.10 ⁹	2000	3536
grindbeton:			
waterdicht, gewapend (K300)	35.10 ⁹	2400	3819
niet waterdicht, ongewapend (K225)	20.10 ⁹	2200	3015
gipsplaten	4.10 ⁹	800	2236
drijfsteen	5.10 ⁹	1000	2236
lichtbeton (hollith)	28.10 ⁹	1700	4058
gips	7.10 ⁹	700	3162
staal	210.10 ⁹	7800	5189
aluminium	70.10 ⁹	2800	5000
spiegelglas	70.10 ⁹	2500	5292
lood	17.10 ⁹	12200	1180
vurehout	10.10 ⁹	470	4613
grenehout	11.10 ⁹	520	4599
rode merantie	10.10 ⁹	600	4082
spaanplaat	3.10 ⁹	650	2148
hardboard (half hard)	3.10 ⁹	650	2148
hardboard (norm.hard)	4.10 ⁹	1000	2000
triplex			
oregonpine	12.10 ⁹	580	4549
okumé	6.10 ⁹	520	3397
kurk	62.10 ⁶	250	498
lucht	0,14.10 ⁶	1,2	341

* $\sqrt{E/\rho}$ = voortplantingsnelheid van geluidgolven

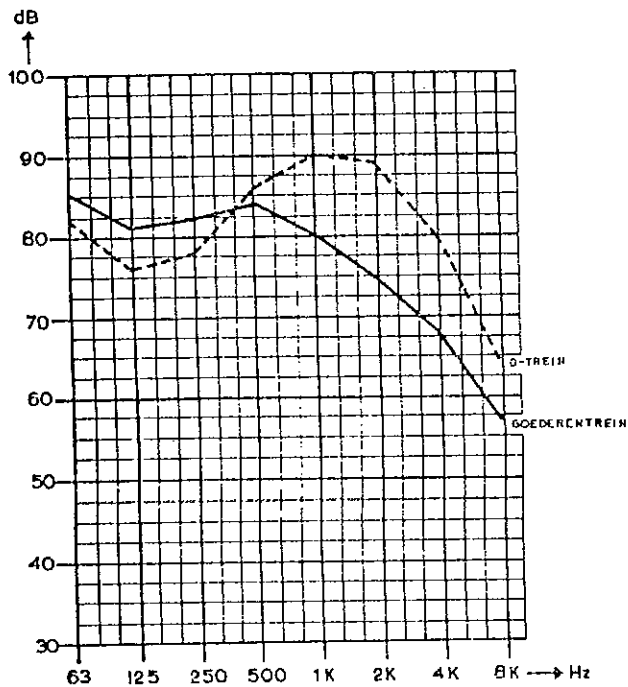
Bron (12)



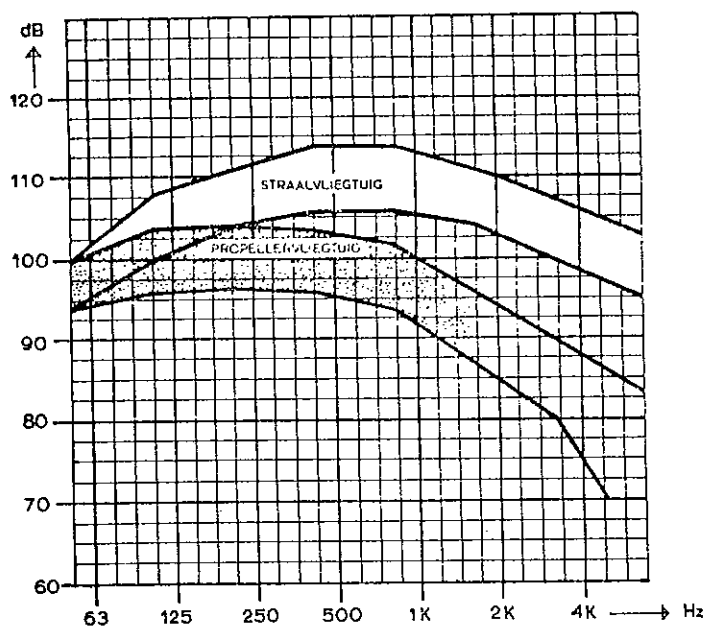
Spectrum van het standaardverkeerlawaai (middelste kromme)
 Tevens is een gebied aangegeven waarbinnen met een
 waarschijnlijkheid van 90% een L_{10} -niveau te verwachten
 is. L_{10} = 10 %-niveau, d.w.z. het geluiddrukkniveau
 dat gedurende 10% van de tijd wordt bereikt of overschreden.
 De metingen zijn verricht door Kittelsen en Poulsen onder
 de volgende condities:

- er is in octaafbanden gemeten;
- microfoon op 10 m afstand van de rijlijn van de dichtst-
 bijzijnde rijstrook;
- geen obstakels (gebouwen, bomen, struiken) in de omgeving.

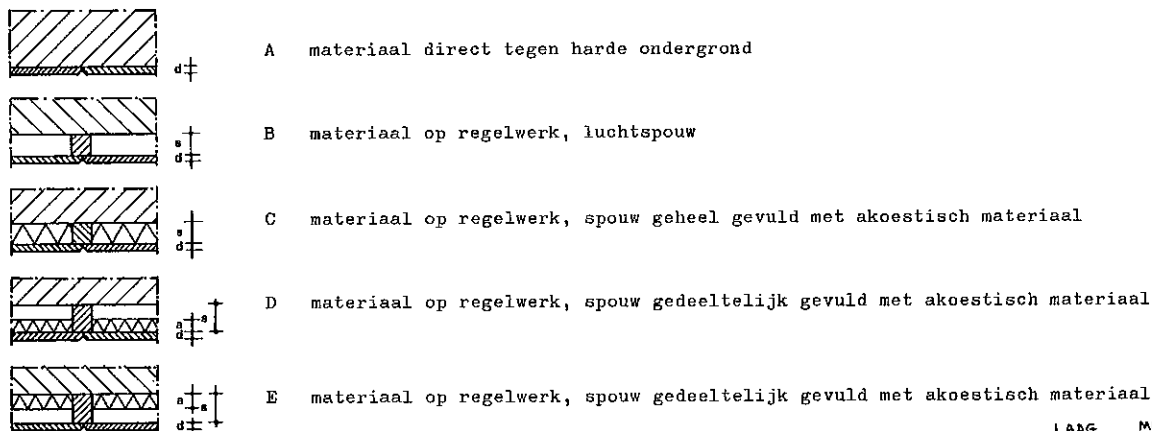
Geluidsspectrum van treinen, gemeten op een afstand van 15 m van het midden van de rails



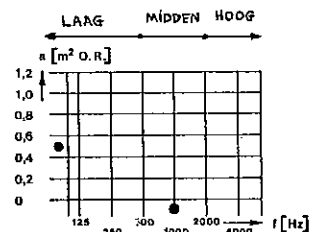
Geluidsspectrum van 2 typen vliegtuigen, overvliegend op 150 m hoogte, direct na de start



AKOESTISCHE ABSORPTIECOEFFICIENTEN I



REFERENTIEKARAKTERISTIEK



nr.	MATERIAAL (maten in mm)	TYPE	absorptiecoëfficiënten a [m^2 O.R.] bij de middenfrequenties						KARAKTERISTIEK
			125	250	500	1000	2000	4000	
STEENACHTIGE MATERIALEN									
1	grindbeton, ca. 500 kg/m^2		0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	
2	gasbeton, 70 kg/m^2		0,14	0,19	0,24	0,32	0,41	-	
3	bimsbeton		0,15	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	
4	schoon baksteenmetselwerk		0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	
PLEISTERS									
5	kalkcement pleisterwerk, direct op steenachtige ondergrond	A	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,04	
6	akoestische pleister, in enige lagen aan te brengen	A	0,15	0,20	0,35	0,60	0,6	0,5	
7	sputtasbest	A	0,29	0,24	0,65	0,79	0,88	0,65	
AKOESTISCHE MATERIALEN									
8	zachtboard (ongeverfd), $d = 19$, $s = 23$	B	0,13	0,72	0,59	0,76	0,90	0,92	
9	halfhardboard (ongeverfd), $d = 6,2$; $s = 50$	B	0,24	0,20	0,09	0,04	0,04	0,12	
10	spaanplaat, $5,0 \text{ kg/m}^2$, $d = 8$, $s = 30$	B	0,25	0,22	0,04	0	0,03	0,08	

nr.	MATERIAAL (maten in mm)	TYPE	absorptiecoëfficiënten α [m^2 O.R.] bij de middenfrequenties						KARAKTERISTIEK
			125	250	500	1000	2000	4000	
11	spaanplaat (lichtgewicht), $6,4 \text{ kg/m}^2$, $d = 19$, $s = 50$	B	0,16	0,58	0,75	0,53	0,54	0,42	
12	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$	A	0,15	0,23	0,23	0,51	0,73	0,75	
13	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$, $s = 10$	B	0,30	0,26	0,51	0,91	0,79	0,95	
14	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$, $s = 30$	B	0,25	0,29	0,79	0,76	0,74	0,93	
15	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$, $s = 50$	B	0,11	0,33	0,67	0,53	0,64	0,80	
16	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$, $s = 80$	B	0,23	0,55	0,64	0,57	0,81	0,80	
17	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$, $s = 30$	C	0,43	0,80	1,00	0,79	0,80	0,98	
18	houtwolcementplaat, akoestisch $d = 25$, $s = 80$, $a = 30$	D	0,76	1,00	0,90	0,73	0,94	0,95	
19	kurkplaten, akoestisch met verflaag $d = 20$, $s = 25$	B	0,08	0,15	0,44	0,54	0,38	0,60	
20	kunststofschuimplaat (polystyreen) $d = 10$, $s = 4$	B	0,05	0,11	0,31	0,73	0,58	0,47	
21	houtcellulose, gesaust, $d = 22$	A	0,07	0,20	0,60	1,00	1,13	1,13	
GEPERFOREERDE PLATEN									
22	gipskarton, ongeperforeerd $d = 9,5$, $s = 100$, $a = 30$	D	0,28	0,14	0,09	0,06	0,05	0,10	
23	gipskarton, geperforeerd 6%, $d = 9,5$, $s = 100$, $a = 30$, gaatjes $\varnothing 8$, $\varnothing 15$, $\varnothing 20$	D	0,39	0,81	0,68	0,44	0,25	0,20	
24	gipskarton, geperforeerd 19,6%, $d = 9,5$, $s = 100$, $a = 30$, gaatjes $\varnothing 15$	D	0,30	0,69	1,01	0,81	0,66	0,62	
25	gipskarton met zaagsleuven, $d = 9,5$, $s = 30$, $a = 20$, sleuven 2,3	D	0,10	0,26	0,92	0,55	0,20	0,10	
26	asbestcementplaat, ongeperforeerd $d = 4$, $s = 50$	B	0,43	0,15	0,10	0,05	0,04	0,02	
27	asbestcementplaat, geperforeerd 16% $d = 4$, $s = 50$	C	0,13	0,65	0,90	0,82	0,82	0,77	
SCHROOTJES									
28	houten latten, breed 85, tussenruimte 25 mm, $d = 12$, $s = 200$, $a = 25$	E	0,60	0,85	0,80	0,82	0,70	0,62	
29	houten latten, breed 45, tussenruimte 16 mm, minerale wol op bitumenpapier in de spouw. $d = 25$, $s = 50$, $a = 20$	E	0,19	0,36	0,73	0,50	0,25	0,31	
30	aluminium lamellen, breed 50, tussenruimte 12,5 mm. $d = 0,3$, $s = 176$, $a = 20$	D	-	0,89	1,00	0,88	0,88	0,61	

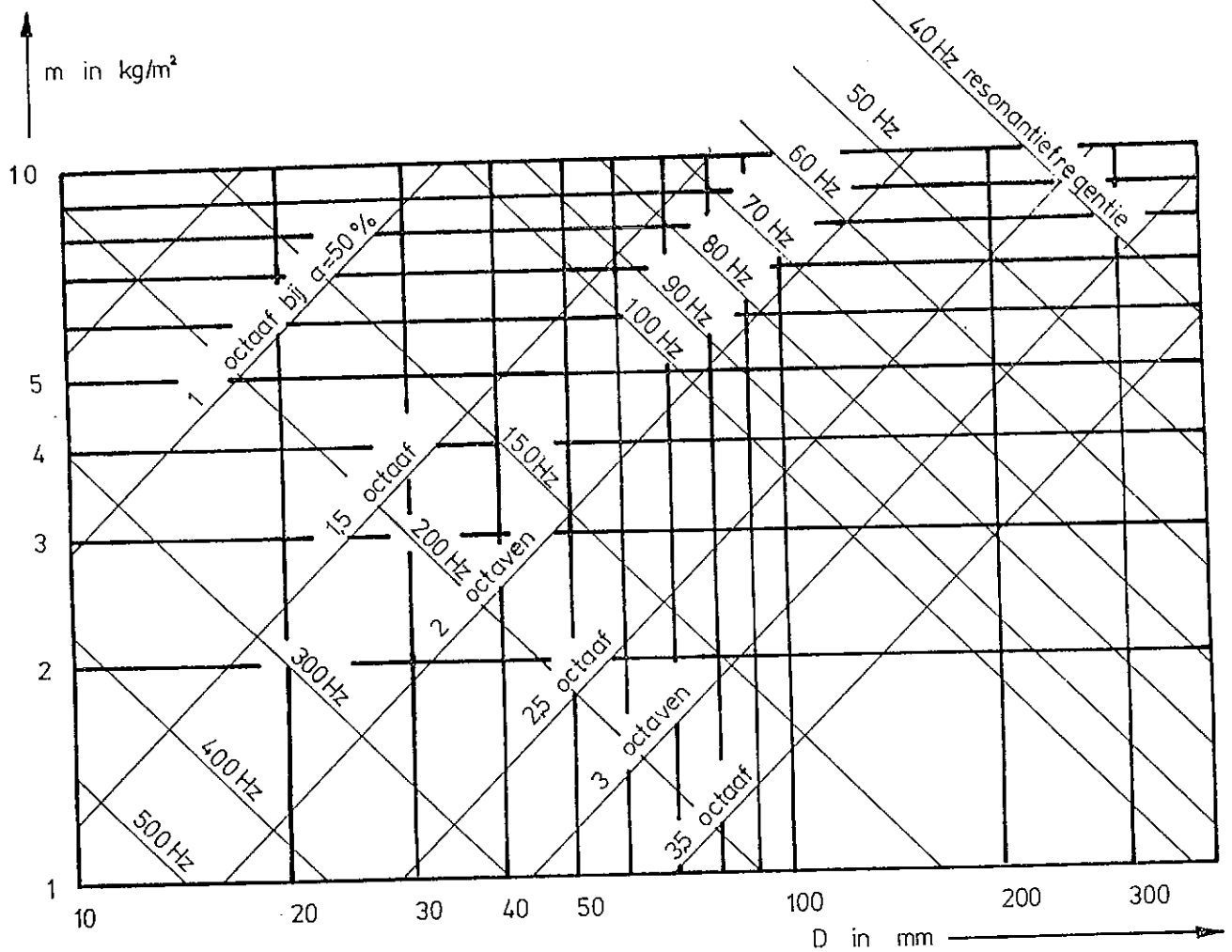
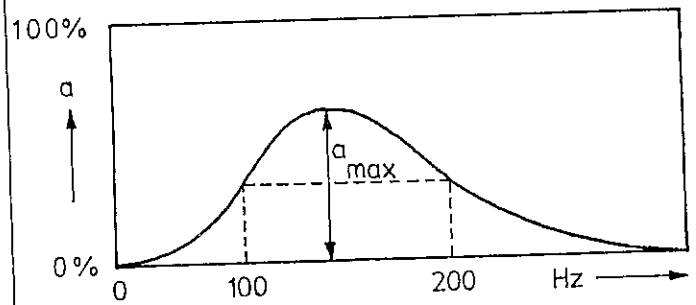
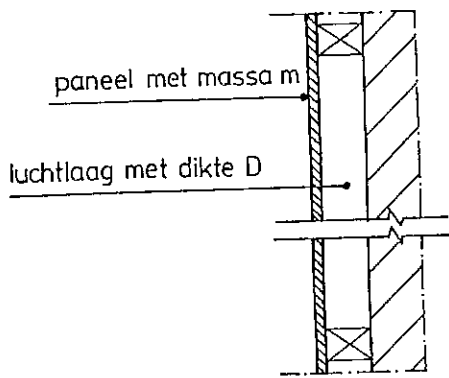
nr.	MATERIAAL (maten in mm)	TYPE	absorptiecoëfficiënten a [m^2 O.R.] bij de middenfrequenties						KARAKTERISTIEK
			125	250	500	1000	2000	4000	
VLOERBEDEKKING									
31	linoleum, gelijkmd op ondergrond	A	0,02	-	0,03	-	0,04	-	
32	parket, gelijkmd op ondergrond	A	0,04	0,04	0,06	0,12	0,10	0,15	
33	tapijt, 1,87 kg/m ² , d = 4,5	A	0	0,02	0,04	0,15	0,36	0,32	
34	tapijt, 1,87 kg/m ² , met onderlaag (8 mm vilt), d = 4,5	A	0,05	0,13	0,60	0,24	0,28	0,32	
35	tapijt, 1,98 kg/m ² , d = 5,3	A	0	0,03	0,05	0,11	0,31	0,58	
36	tapijt, 1,98 kg/m ² , met onderlaag (8 mm vilt), d = 5,3	A	0,04	0,10	0,31	0,70	0,93	0,74	
37	kokosvloerbedekking, los op ondergrond, 2 kg/m ² , d = 10	A	0,03	0,03	0,07	1,13	0,28	0,55	
DIVERSEN									
38	glas		0,1	0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	
39	kunststoffolie, strak gespannen, PVC 0,2 kg/m ² , d = 0,2, s = 20	B	0	0	0,64	0,19	0,12	0,04	
40	kunststoffolie, geplooid 3:1, PVC 0,2 kg/m ² , d = 0,2, s = 20	B	0	0,13	0,51	0,66	0,59	0,30	
41	gordijn, katoen, strak gespannen s = 50, ca. 0,4 kg/m ²	B	0,04	0,09	0,37	0,68	0,89	0,72	
42	gordijn, katoen, geplooid 3:1 s = 50, ca. 0,4 kg/m ²	B	0,15	0,45	0,96	0,91	1,06	1,02	
43	één zittend persoon		0,15	0,30	0,45	0,45	0,45	0,45	
44	één persoon in ruimte met veel nagalm (bijv. kerk)		0,65	0,75	0,85	0,95	0,95	0,80	
45	publiek (incl. orkest) per m ²		0,52	0,68	0,85	0,97	0,93	0,85	
46	houten stoel (onbezet)		0,02	0,02	0,02	0,04	0,04	0,03	
47	beklede stoel (onbezet)		0,15	0,30	0,30	0,40	0,40	0,40	

Opmerking: Bovenstaande tabel geeft slechts globale waarden ontleend aan de literatuur. Vollediger gegevens met nauwkeuriger waarden met produktomschrijving, leveranciers, enz. zijn te vinden in:

Bron (6), (14), (15), (16) en (17)

ABSORPTIECOEFFICIENT NIET-GEPERFOREERD PANEEL

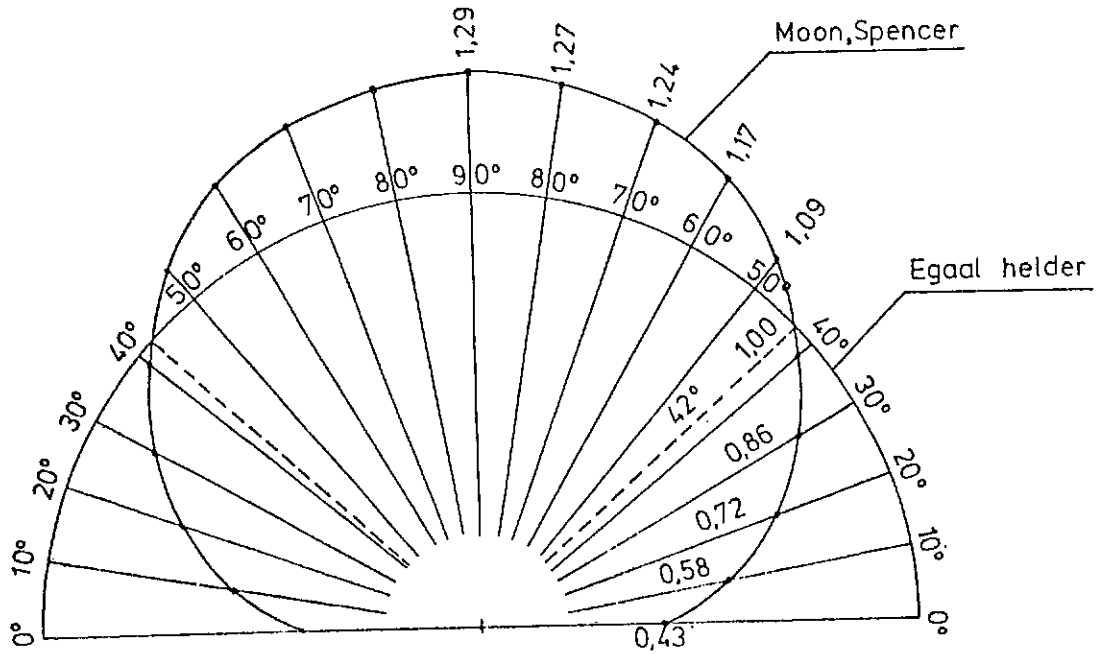
De frequentie f_r , waarbij een niet-geperforeerd paneel met massa m kg/m^2 op een luchtlaag ter dikte D maximaal absorbeert, alsmede de bandbreedte waarbinnen de absorptiecoëfficiënt groter is dan 25 % als door passende vulling van de luchtlaag de absorptiecoëfficiënt bij f_r gelijk 50% is gemaakt.



Bron (18)

LUMINANTIEVERDELING IN CIE-HEMEL

De luminantieverdeling bij de CIE-hemel (Moon en Spencer) in vergelijking met die van de egaal heldere hemel

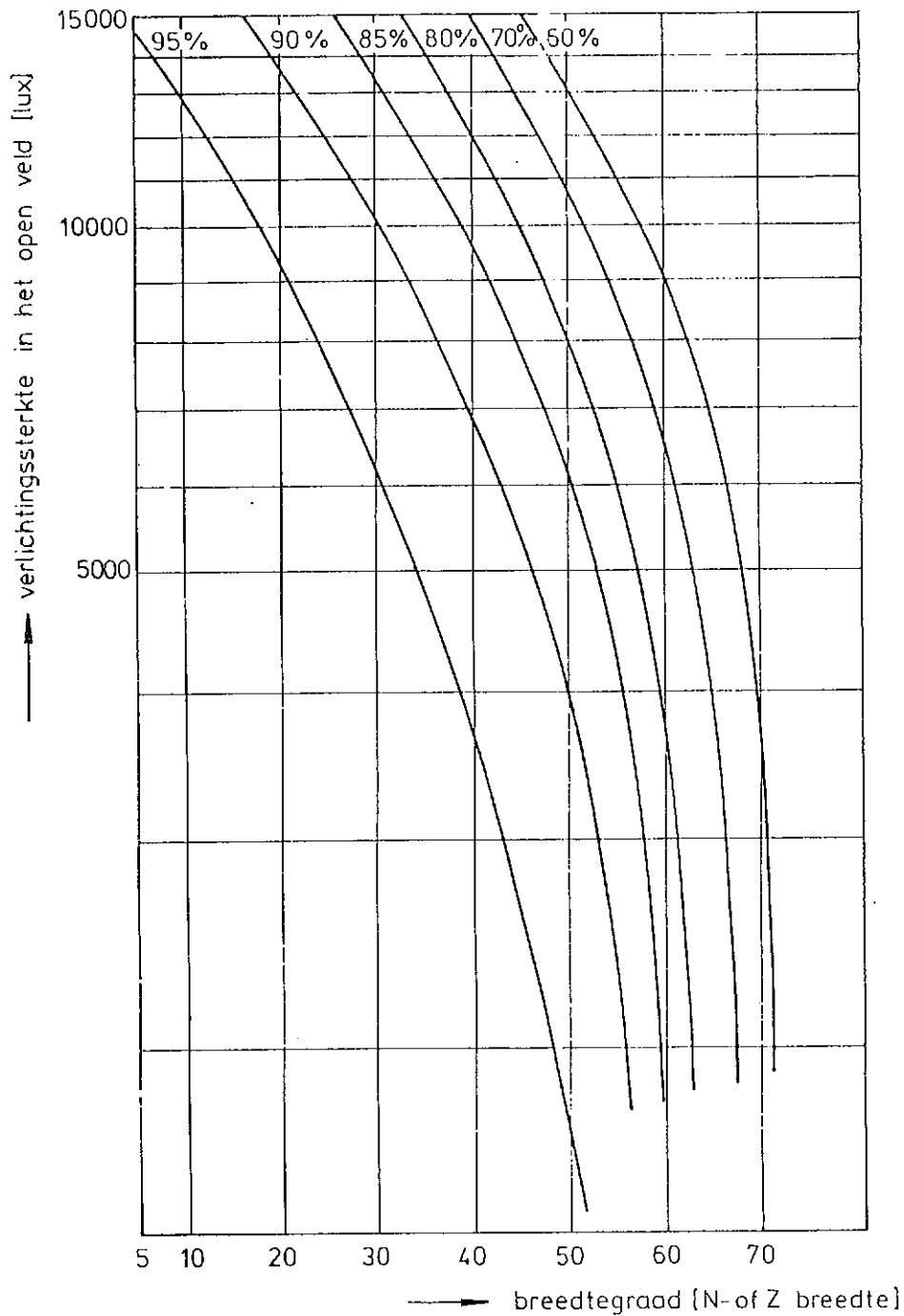


De verhouding tussen de luminanties van de CIE-hemel en de egale hemel voor de verschillende elevaties.

ϵ	L_{ϵ}/L_{42}	ϵ	L_{ϵ}/L_{42}
0°	0,43	45°	1,03
5°	0,50	50°	1,09
10°	0,58	55°	1,13
15°	0,65	60°	1,17
20°	0,72	65°	1,20
25°	0,79	70°	1,24
30°	0,86	75°	1,26
35°	0,92	80°	1,27
40°	0,98	85°	1,28
42°	1,00	90°	1,29

VERLICHTINGSTERKTE IN HET VRIJE VELD

het percentage van de totale arbeidstijd (van 09.00 tot 17.00 uur), gedurende
elk een zekere verlichtingsterkte als minimum aanwezig is in het vrije veld



Eigenschappen van diverse soorten lampen

Lampsoort	opgenomen elekt. vermogen (W)	lichtstroom rendement (lm/W)	levensduur (h)
gloeilamp	5-150	10 - 25	1000 - 2000
fluorescentielamp	20-2000	25 - 60	3000 - 5000
hogedruk gasontlading lamp	40-2000	30 - 95	2000 - 4000
lagedruk gasontlading lamp	35-2000	70 - 130	4000

Verlichtingsterkte in lux (benaderde waarden):

zomermiddag in het vrije veld, onbewolkte lucht	100000 lux
wintermiddag - vrije veld	1000 lux
zomermiddag - onder een balkon	2000-5000 lux
zomermiddag - achter een venster	1000-3000 lux
bij zonsop- en ondergang	500 lux
volle maan en heldere hemel	0,25 lux
huiskamertafel met goede verlichting	500 lux
kantoor met zeer goede verlichting	800 lux

Aanbevolen verlichtingsterkte in lux in verschillende landen*:

	Frankrijk	Duitsland	Engeland	Zweden	USA	Rusland	
	1961	1963	1961	1962	1959	1959	
	min.aanbev.					(fluorescentie)	
grof werk	150	200	60-120	150	300	500	100-150
kantoren (alg)	300	300	120-500	300	300-1000	1000-1500	200-300
extra fijn werk	1000	1500	600-1000	1500	4000	10000	750-3000

* De wijze van omschrijving van taak en omstandigheden waardoor de waarden gelden, is voor de verschillende landen niet dezelfde, zodat slechts een globale vergelijking mogelijk is.

Lichtsterkte in candela:

Rijwiellampje recht vooruit - zonder reflector	1 cd
Idem, in reflector - hart van de bundel	250 cd
Attraluxlamp 150 W/24 V, hart van de bundel	35000 cd
Vuurtorenlicht, hart van de bundel	2000000 cd

LUMINANTIE
VERLICHTINGSTERKTEN IN RUIMTEN

Aanbevolen verlichtingsterkten met betrekking tot de indeling van de ruimten

Klasse	Omschrijving	Voorbeelden	Aanbevolen verlichtingsterkte in lux
I	Er moeten gedurende lange tijd onafgebroken details worden waargenomen aan de grens van het gezichtsvermogen	fijn tekenwerk, precisie-gereedschap maken, con-fectie-industrie, minia-turisatie in de elektro-nische industrie	1000 of meer*
II	ruimten of werkzaamheden niet vallend onder I, III of IV	normaal lees- en schrijf-werk, leslokaal, verga-derzaal, kantoor, bank-werkerij, automontage, toiletten, waslokalen	500-1000
III	als regel geen waarneming van kleine details	magazijn, smederij, con-structiewerkplaats	250-500
IV	er wordt niet voortdurend gewerkt	opslagruimte, autostalling	125-250

* Zo nodig door middel van algemene verlichting, aangevuld met een plaatselijke verlichting.

Luminantie in cd/cm^2 of cd/m^2

Zon	165.000	cd/cm^2
Maan	0,25	cd/cm^2
Gloeidraad van een heldere lamp	700	cd/cm^2
"Argenta" lamp	20	cd/cm^2
SO Natriumlamp	19	cd/cm^2
"TL" Fluorescentielamp (dwarsrichting)	0,8	cd/cm^2
idem (lengterichting)	0,5	cd/cm^2
Wit papier (reflectiefactor 80%), verlichtingsterkte 400 lux	100	cd/m^2
Grijs papier (reflectiefactor 40%), verlichtingsterkte 400 lux	50	cd/m^2
Zwart papier (reflectiefactor 4%), verlichtingsterkte 400 lux	5	cd/m^2

Bron (19), (20) en (21)

REFLECTIECOEFFICIENT VAN VERSCHILLENDE
OPPERVLAKKEN BIJ WIT LICHT

Materiaalsoort	Reflectiecoëfficiënt r
Aluminium (gepolijst)	0,65 - 0,75
Aluminium (mat)	0,55 - 0,60
Baksteen (nieuw)	0,10 - 0,30
Baksteen (oud)	0,05 - 0,15
Beton (nieuw)	0,40 - 0,50
Beton (oud)	0,05 - 0,15
Blik	0,68 - 0,70
Chroom (gepolijst)	0,60 - 0,70
Chroom (mat)	0,52 - 0,55
Email (wit)	0,65 - 0,75
Gordijn (geel)	0,30 - 0,45
Gordijn (rood)	0,10 - 0,20
Gordijn (blauw)	0,10 - 0,20
Gordijn (zilvergrijs)	0,15 - 0,25
Gordijn (donkerbruin)	0,10 - 0,20
Gordijn (zwart fluweel)	0,005 - 0,01
Hout (vezelplaat nieuw)	0,50 - 0,60
Hout (vezelplaat, oud)	0,30 - 0,40
Hout (licht berken of esdoorn)	0,55 - 0,65
Hout (licht gelakt eiken)	0,40 - 0,50
Hout (donker gelakt eiken)	0,15 - 0,40
Hout (mahonie of noten)	0,15 - 0,40
Hout (triplex of multiplex)	0,40
Koper	0,48 - 0,50
Marmer (wit)	0,60 - 0,65
Nikkel (gepolijst)	0,53 - 0,63
Nikkel (mat)	0,48 - 0,52
Pleister (wit, nieuw)	0,70 - 0,80
Pleister (wit, oud)	0,30 - 0,60
Papier (wit)	0,70 - 0,80
Spiegel (zilver)	0,80 - 0,88
Verf (aluminium)	0,60 - 0,75
Verf (wit, waterverf)	0,65 - 0,75
Verf (wit, olieverf)	0,75 - 0,85
Zandsteen (licht)	0,30 - 0,40
Zandsteen (donker)	0,15 - 0,25
Zilver (gepolijst)	0,88 - 0,93
Tegel (wit, geglazuurd)	0,85

Bron (19) en (22)

REFLECTIECOEFFICIENT VAN DIFFUUS REFLECTERENDE
OPPERVLAKKEN BIJ WIT LICHT

Kleur	Reflectiecoëfficiënt r		
	Licht	Middel	Donker
zwart	-	0,04	-
blauw	0,50	0,20	0,05
rood	0,35	0,20	0,10
bruin	0,50	0,25	0,08
groen	0,60	0,30	0,12
grijs	0,60	0,35	0,20
beige	0,65	0,45	0,25
geel	0,70	0,50	0,30
wit	0,80	0,70	-

- 1 Tables of Probability Functions, Vol. 1
Bureau of Standards, Washington, 1941
- 2 Norm NEN 3049: Herleiding van Eenheden tot SI-eenheden.
Rijswijk, Nederlands Normalisatie Instituut,
- 3 Recknagel, H. und E. Sprenger: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik,
61 Ausgabe, München, R. Oldenbourg Verlag, 1976
- 4 Cammerer, J.S. und W. Zeller: Tabellarium aller wichtigen Grössen für den
Wärme-, Kälte- und Schallschutz, 10 Auflage, Mannheim, Rheinhold und Mahla
- 5 Hoogendoorn, C.J.: Warmteoverdracht door straling, collegedictaat c51;
Technische Hogeschool Delft, februari 1972
- 6 Bobran, H.W.: Berechnungs- und Konstruktionsunterlagen für Schallschutz,
Raumakustik, Wärmeschutz, Feuchtigkeitsschutz; Frankfurt/M. - Berlin,
Ullstein Verlag 1967
- 7 Driebergen, U.: Technische Tabellen in practische eenheden, Zutphen,
W.J. Thieme en Cie, 1944
- 8 Stichting Bouwresearch no. 9: Eigenschappen van bouw- en isolatiematerialen
Alphen a/d Rijn, N. Samsom N.V. 1967
- 9 Jellema, R., M.C.A. Meischke en J.A. Muller: Bouwkunde voor het hoger tech
onderwijs, deel VII, Delft, Waltman, 1964
- 10 ISO Recommendation R1996: Assessment of noise with respect to community
response, May 1971
- 11 I.E.C. Recommendation, publication 179
- 12 Feitsma, B.: Geluid, Rotterdam, Bouwcentrum, Documentatie Bouwwezen, 1972
- 13 De Lange, P.A.: Sound insulation of glazing with respect to traffic noise
Applied acoustics 2(1969)3
- 14 Bouwcentrum/Ratiobouw: Akoestische materialen. Uitgave NL1962
- 15 Deutscher Normenausschuss (DNA): Schallabsorptionsgrad-Tabelle, Berlin,
Beuth-Vertrieb, 1968
- 16 Furrer, W.: Room and building acoustics and noise abatement, London,
Butterworths, 1964
- 17 Hartmann, G.: Praktische Akustik, Band 2: Raum- und Bauakustik, München,
Oldenbourg Verlage, 1968
- 18 Kosten, C.W.: Bouwfysica, Delftsche Uitgeversmij, 1969
- 19 Favié, J.W., C.P. Damen, G. Hietbrink, e.a.: Verlichting, Philips Technis
Bibliotheek. Eindhoven, Centrex 1967
- 20 Nederlandse Stichting voor Verlichtingskunde: Binnenverlichting, Amsterda
Agon Elsevier, 1970
- 21 Wittig, E.: Einführung in die Beleuchtungstechnik.
Berlin, Siemens Aktiengesellschaft, 1969.