

Bouwfysica tabellen en formules

| | |
|-----------------------|----|
| Klimaatgegevens | 2 |
| Warmte en vocht..... | 2 |
| Akoestiek | 9 |
| Formules geluid | 13 |
| Verlichting | 15 |

Klimaatgegevens

Buitenklimaat

(bewerkt naar gegevens van het KNMI te De Bilt)

In tabel 1 worden voor De Bilt de maand-gemiddelden gegeven van

- temperatuur (\bar{T}_e)
- waterdampspanning (\bar{P}_e).

Tabel 1
Maandgemiddelden te De Bilt van temperatuur en waterdampspanning

| maand | \bar{T}_e (°C) | \bar{P}_e (Pa) |
|-----------|------------------|------------------|
| januari | 2,3 | 650 |
| februari | 2,5 | 650 |
| maart | 4,9 | 720 |
| april | 7,8 | 855 |
| mei | 12,4 | 1095 |
| juni | 14,8 | 1316 |
| juli | 16,6 | 1525 |
| augustus | 16,0 | 1575 |
| september | 13,6 | 1375 |
| oktober | 9,6 | 1095 |
| november | 5,0 | 860 |
| december | 2,9 | 715 |

In tabel 2 wordt het aantal uren gegeven dat een bepaalde temperatuur jaarlijks wordt overschreden. Tussen haakjes is aangegeven hoeveel van de aangegeven uren binnen kantoor tijd (7.00–19.00 uur, 5 dagen per week) vallen.

Tabel 2
Aantal uren dat een bepaalde buitentemperatuur wordt overschreden

| temperatuur (°C) | aantal uren dat een bepaalde temperatuur wordt overschreden |
|------------------|---|
| – 10 | 35 (8) |
| – 5 | 180 (45) |
| 0 | 781 (202) |
| 5 | 2 432 (661) |

Binnenklimaat

Voor de verschillende klimaatklassen kan worden aangegeven wat de gemiddelde waterdampspanning gedurende de win-

termaanden (\bar{p}_{iw}) is. Tevens wordt aangegeven wat bij een temperatuur van ca. 20 °C de bijbehorende relatieve vochtigheid (φ_{iw}) is.

Deze indeling van de klimaatklassen is gebaseerd op hetgeen in publicatie nr. 51 van de Stichting Bouwresearch wordt gegeven.

- $\bar{p}_{iw} = 700$ Pa; $\varphi_{iw} = 30\%$ (indien ver-warmd):
gebouwen met te verwaarlozen vocht-productie, zoals schuurtjes, transforma-torhuisjes, garages en opslagruimten;
- $\bar{p}_{iw} = 935$ Pa; $\varphi_{iw} = 40\%$:
gebouwen met vrij geringe vochtpro-ductie, zoals woningen, kantoren en winkels (alle zonder luchtbevochtiging);
- $\bar{p}_{iw} = 1170$ Pa; $\varphi_{iw} = 50\%$:
gebouwen met een hogere vochtpro-ductie, zoals scholen, bejaardentehui-zen en gebouwen met geringe luchtbe-vochtiging;
- $\bar{p}_{iw} = 1400$ Pa of hoger; $\varphi_{iw} = 60\%$ of hoger:
gebouwen met hoge vochtproductie, zoals wasserijen, zwembaden, zuivelfa-brieken en gebouwen met sterke lucht-bevochtiging, zoals drukkerijen en tex-tielfabrieken.

Warmte en vocht

Globale benadering hoeveelheid inwendi-ge condensatie in de winterperiode

$$m = \frac{100}{\sum \mu \cdot d} \text{ [g/m}^2\text{] voor klimaatklasse I}$$

$$m = \frac{600}{\sum \mu \cdot d} \text{ [g/m}^2\text{] voor klimaatklasse II}$$

$$m = \frac{1000}{\sum \mu \cdot d} \text{ [g/m}^2\text{] voor klimaatklasse III}$$

Hierin is:

m de hoeveelheid gedurende de win-ter condenserend vocht in g/m^2

$\sum \mu \cdot d$ de som van de $\mu \cdot d$ -waarden van het binnenoppervlak af tot aan de plaats waar de condensatie plaats-vindt

Warmteoverdracht door straling tussen twee evenwijdige vlakken

$$q_s = \frac{\varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2}{\varepsilon_1 - \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 + \varepsilon_2} \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot (T_1^4 - T_2^4) \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Hierin is:

- q_s de netto stralingsoverdracht in W/m^2
- $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ de emissiecoëfficiënt van opper-vlak 1 respectievelijk oppervlak 2
- T_1, T_2 de temperatuur in Kelvin van opper-vlak 1 en 2.

Warmteafgifte door straling met de onderstaande formule

$$q_s = \varepsilon \cdot 56,7 \cdot 10^{-9} \cdot T^4 = \varepsilon \cdot q_{sz} \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Hierin is:

- q_s de warmtestroomdichtheid van de afgegeven straling in W/m^2
- ε de emissiecoëfficiënt van het ma-teriaaloppervlak
- T de absolute temperatuur in K
- q_{sz} de warmtestraling van het 'zwarte lichaam'
- $56,7 \cdot 10^{-9}$ constante van Stefan-Boltzmann

$$Q = \rho \cdot c \cdot d \cdot \Delta T \text{ [J/m}^2\text{]}$$

Hierin is:

- Q de hoeveelheid warmte die per m^2 in de constructie laag is geaccumuleerd
- ρ de volumieke massa (dichtheid) van het materiaal in kg/km^3
- c de soortelijke warmte in $\text{J/kg} \cdot \text{K}$
- d de dikte van de laag in m
- ΔT de temperatuurstijging die de laag heeft ondergaan in K

Tabel 3
Hygroscopisch vochtgehalte van verschillende materialen

| materiaal | $\varphi = 40\%$ | $\varphi = 65\%$ | $\varphi = 95\%$ |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
| grindbeton | 2 | 3 | 7 |
| hout | 6 | 10 | 18 |
| baksteen enz. | – | – | – |
| kalkzandsteen | 2 | 4 | 10 |
| pleisterlagen | 1 | 2 | 4 |
| houtwolcement | 2 | 3 | 6 |

Tabel 4
Emissie/absorptiecoëfficiënt voor warmtestraling bij enkele materiaaloppervlakken

| materiaaloppervlak | ε |
|--|---------------|
| glanzend gepolijste metalen | 0,02–0,07 |
| verzinkt staal | 0,20–0,30 |
| aluminium normaal glad | 0,07–0,09 |
| aluminium geanodiseerd | 0,40–0,50 |
| aluminium lak | 0,35–0,40 |
| normale lak, iedere kleur | 0,90–0,95 |
| baksteen, beton, dakleer, hout en praktisch alle andere bouwmaterialen | 0,90–0,95 |

Tabel 5
Uitzetting van diverse materialen

| materiaal | lineaire uitzettings-coëfficiënt α ($\text{m/m} \cdot \text{K}$) |
|--|---|
| baksteen | $5 \cdot 10^{-6}$ (0,000 005) |
| beton | $10 \cdot 10^{-6}$ |
| staal | $12 \cdot 10^{-6}$ |
| aluminium | $23 \cdot 10^{-6}$ |
| polystyreenschuim | $70 \cdot 10^{-6}$ |
| polyurethaanschuim (gecacheerde plaat) | $27 \cdot 10^{-6}$ |
| geschuimd glas | $9 \cdot 10^{-6}$ |

Tabel 6
Warmteweerstand (R_w) van enkele veel toegepaste constructie-, afwerk- en afdeklagen

| laag | R_w ($\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$) |
|--|---|
| flexibele dakbedekking, al dan niet voorzien van een grindverzwaring | 0,04 |
| dakbedekking van pannen incl. de luchtlag tussen de pannen dakbescho- t | 0,06 |
| pleisterlaag tegen een binnenoppervlak | 0,02 |

Tabel 7 Aan te houden U-waarden volgens NEN 5128 voor ramen en deuren

| dubbel glas, ruitafstand 12 mm bedekkingslaag | spouwvulling | hout/ kunststof | metaal (thermisch onderbroken) | overig |
|--|--------------|--------------------|-----------------------------------|--------|
| geen warmtereflecterend emissiecoëfficiënt 0,15-0,25 | lucht | 2,8 | 3,2 | 4,0 |
| warmtereflecterend emissiecoëfficiënt < 0,15 | lucht | 2,4 | 2,8 | 3,4 |
| | argon | 2,2 | 2,6 | 3,2 |
| dubbel glas, ruitafstand 6 mm bedekkingslaag | lucht | 2,2 | 2,6 | 3,2 |
| | > 80% argon | 1,8 | 2,2 | 3,0 |
| dubbel glas, ruitafstand 6 mm bedekkingslaag | spouwvulling | hout/ kunststof | metaal (thermisch onderbroken) | overig |
| geen warmtereflecterend emissiecoëfficiënt 0,15-0,25 | lucht | 3,2 | 3,6 | 4,2 |
| warmtereflecterend emissiecoëfficiënt < 0,15 | lucht | 2,8 | 3,2 | 4,0 |
| | argon | 2,6 | 3,0 | 3,6 |
| enkel glas deuren zonder lichtdoorlatende delen | lucht | 2,6 | 3,0 | 3,8 |
| | > 80% argon | 2,4 | 2,8 | 3,4 |
| enkel glas deuren zonder lichtdoorlatende delen | | 5,0 | 5,4 | 6,2 |
| deuren en ramen met enkel glas | | 3,4 | | |
| Warmtedoorgangscoefficienten van ramen en deuren die een scheiding vormen met een aangrenzende besloten ruimte of aangrenzende onverwarmde serre | | | | |
| deuren zonder lichtdoorlatende delen | | 2,8 | | |
| deuren en ramen met enkel glas | | 4,0 | | |
| deuren en ramen met dubbel glas | | 2,8 | | |

Tabel 8 Richtwaarden voor de zonweringsgegevens, de lichttoetreding en de U-waarde voor verschillende raamsystemen

| raamsystemen | ZTA | CF | LTA | U (W/m ² · K) |
|--|------|------|------|-----------------------------|
| enkelglas (6 mm), onafgeschermd | 0,80 | 0,01 | 0,84 | 5,7 |
| enkelglas, binnenjaloezieën (lichte kleur) | 0,45 | 0,50 | 0,15 | 5,4 |
| enkelglas, buitenjaloezieën | 0,15 | 0,05 | 0,12 | 4,9 |
| dubbelglas, onafgeschermd | 0,70 | 0,04 | 0,74 | 3,2 |
| dubbelglas, binnenjaloezieën (lichte kleur) | 0,47 | 0,55 | 0,12 | 3,1 |
| dubbelglas, binnenweefsel met opgedampte metaallaag | | | | |
| - licht | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 3,0 |
| - zwaar | 0,30 | 0,50 | 0,05 | 2,9 |
| dubbelglas, buitenjaloezieën | 0,12 | 0,05 | 0,10 | 2,8 |
| dubbelglas verticaal gespannen doek | | | | |
| - licht | 0,20 | 0,10 | 0,15 | 2,8 |
| - zwaar | 0,13 | 0,15 | 0,05 | 2,8 |
| dubbelglas, uitvalscherm (niet aaneengesloten) | 0,15 | 0,15 | 0,14 | 2,8 |
| dubbelglas, markies | 0,11 | 0,18 | 0,05 | 2,8 |
| zonreflecterend dubbelglas | | | | |
| - licht | 0,45 | 0,02 | 0,65 | * |
| - zwaar | 0,25 | 0,05 | 0,35 | * |
| zonabsorberend dubbelglas | | | | |
| - licht | 0,45 | 0,06 | 0,35 | 3,2 |
| - zwaar | 0,25 | 0,10 | 0,10 | 3,2 |
| dubbelglas met spectraal selectieve coating en aangepaste spouwvulling (warmte-isolatie) | 0,65 | 0,05 | 0,55 | 1,6 |
| drievoudig glas | 0,57 | 0,07 | 0,50 | 2,2 |

* Bij ruiten waarbij de reflectie wordt verkregen door een opgedampte metaallaag aan de binnenzijde van de buitenruit, wordt ook warmte-overdracht in de spouw beperkt en kan de U-waarde dalen tot 1,8 à 2,0 W/m² · K en zelfs tot 1,4 à W/m² · K als ook nog een andere spouwvulling dan lucht wordt toegepast.

N.B. De in de tabel gegeven waarden moeten worden beschouwd als richtwaarden. Specifieke producten kunnen sterk afwijkende eigenschappen hebben. Verder is bij veel constructies (glasvlakken) de hoek van inval van de directe zonnestraling van invloed op de reflectie aan het buitenoppervlak. In deze tabel is uitgegaan van een invalshoek van 45°. Bij jaloezieën is de zonwering daarnaast nog sterk afhankelijk van de lamelstand. In deze tabel is uitgegaan van 45°, dus loodrecht op de zonnestraling.

Tabel 9

Maximale waterdampconcentratie en waterspanning in afhankelijkheid van de temperatuur

| c _{max} g/m ³ | Temp. °C | De verzadigde waterdampspanning p _s in N/m ² | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|----------|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | ,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 |

Tabel 10

Dichtheid ρ , warmtegeleidingscoëfficiënt λ , soortelijke warmte c en dampdiffusieweerstandsgetal μ van bouwmaterialen

| Materiaal-soort | ρ (kg/m ³) | λ (W/m · K) | | c (J/kg · K) | μ - |
|---|--------------------------------|---------------------|----------|-------------------|------------|
| | | I *) | II *) | | |
| Metalen | | | | | |
| Lood | 12250 | 35 | 35 | 130 | ∞ |
| Koper | 9000 | 370 | 370 | 390 | ∞ |
| IJzer | 7900 | 72 | 72 | 530 | ∞ |
| Staal | 7800 | 41-52 | 41-52 | 480-530 | ∞ |
| Zink | 7200 | 110 | 110 | 390 | ∞ |
| Aluminium | 2800 | 200 | 200 | 880 | ∞ |
| Natuursteen | | | | | |
| Basalt | 3000 | 3,5 | 3,5 | - | - |
| Graniet | 3000 | 3,5 | 3,5 | - | - |
| Kalksteen | 2750 | 2,3 | 2,9 | - | - |
| Hardsteen | 2750 | 2,3 | 2,9 | 840 | - |
| Marmer | 2750 | 2,3 | 2,9 | - | - |
| Zandsteen | 2000-2300 | 2-4 | 4-6 | - | 15 |
| Tufsteen | 1100-1500 | 0,35-0,50 | 0,5-0,7 | - | 5-10 |
| Metsestenen | | | | | |
| Gevelklinkers | 2100 | 0,8 | 1,3 | - | 31 |
| Hardgrauw | 1700-1900 | 0,65-0,70 | 1,0-1,2 | - | 9-14 |
| Rood/Boerengrauw | 1700 | 0,65 | 1,0 | 840 | 9 |
| | 1500 | 0,55 | 0,85 | - | 8 |
| | 1300 | 0,45 | 0,75 | - | 7,5 |
| Isolatiesteent | 1000 | 0,30 | - | - | - |
| Kalkzandsteen | 2000 | 1,0 | 1,5 | - | 25 |
| Grindbeton | | | | | |
| Verdicht gewapend | 2500 | 1,9 | 2,3 | 840 | 37-200 |
| Verdicht ongewapend | 2400 | 1,7 | 2,2 | - | 31-200 |
| Niet verdicht gewapend | 2300 | 1,4 | 1,9 | - | 27-200 |
| Niet verdicht ongewapend | 2200 | 1,3 | 1,7 | - | 23-200 |
| Lichte betonsoorten | | | | | |
| Algemene indicatie | 1900 | 0,95 | 1,4 | 840 | 13,0 |
| | 1600 | 0,70 | 1,2 | - | 8,0 |
| | 1300 | 0,45 | 0,8 | - | 7,5 |
| | 1000 | 0,35 | 0,5 | - | 6,5 |
| | 700 | 0,23 | - | - | 5,5 |
| | 500 | 0,17 | - | - | 4,5 |
| | 300 | 0,12 | - | - | 3,5 |
| 200 | 0,08 | - | - | 2,8 | |
| Bimsbeton | 700-1000 | 0,23-0,35 | - | 840 | 6 |
| | 1000-1400 | 0,35-0,50 | - | - | 6,5-12 |
| Beton met geëxpandeerde klei e.d. als toeslag | 500-1000 | 0,18-0,35 | - | 840 | 5-6,5 |
| | 1000-1800 | 0,35-0,85 | - | - | 6,5-12 |
| Polystyrenschuimbeton | 220 | 0,07 | - | - | 4,5-5,5 |
| | 400 | 0,11 | - | - | 16-20 |
| | 650 | 0,20 | - | - | - |
| Cellenbeton | 1300 | 0,50 | 1,2 | 840 | 7,5-9 |
| | 1000 | 0,35 | 0,7 | - | 5,5-7,5 |
| | 700 | 0,23 | - | - | 4,5-7,5 |
| | 400 | 0,17 | - | - | 3-7,5 |
| Cellenbeton op cementbasis | 400-750 | 0,17-0,26 | - | - | 3,7-6,5 |
| Cellenbeton op kalkbasis | 1900 | 0,70 | 1,0 | - | 14 |
| Hoogovenslakkenbeton | 1600 | 0,45 | 0,7 | 840 | 10 |
| | 1300 | 0,30 | 0,45 | - | 8 |
| | 1000 | 0,23 | 0,35 | - | 6,5 |
| | | | | | |
| Andere anorganische materialen | | | | | |
| Asbestcement | 1600-1900 | 0,35-0,70 | 0,95-1,2 | - | 37-150 |
| Gipsplaten | 800-1400 | 0,23-0,46 | (-)-0,65 | - | 6 |
| Glas (spiegelglas en vensterglas) | 2500 | 0,8 | 0,8 | - | ∞ |
| Glaskeramiek | 2500 | 1,4 | 1,4 | 840 | - |
| Schuimglas | 120-150 | 0,05-0,06 | - | - | ∞ |
| Minerale toeslag voor beton | 50-800 | 0,04-0,23 | - | - | - |
| Minerale wol | 35-250 | 0,041 | - | - | 1,1-1,8 |

| | | | | | |
|--|-----------|---------------------|--------------------|------|---------|
| Pleisterlagen | | | | | |
| Cementpleister | 1900 | 0,93 | 1,5 | 840 | 15-41 |
| Kalkpleister | 1600 | 0,70 | 0,8 | | 9-41 |
| Gipspleister | 1300 | 0,52 | 0,8 | | 7-10 |
| Tegels | | | | | |
| Hardgebakken tegels | 2000 | 1,2 | 1,3 | 840 | 28 |
| Plavuizen | 1700 | 0,8 | 1,1 | | 23 |
| Organische materialen al dan niet gebonden (met uitzondering van houtproducten en kunststoffen) | | | | | |
| Geëxpandeerde kurk | 100-200 | 0,041-0,046 | - | 1760 | 4,5-29 |
| Geëxpandeerde geïmpregneerde kurk | 100-200 | 0,041-0,046 | - | 1760 | 9-46 |
| Linoleum | 1200 | 0,17 | - | 1470 | 1800 |
| Rubber | 1200-1500 | 0,17-0,29 | - | 1470 | 900 |
| Geëxpandeerde eboniet | 100 | 0,035 | - | 1470 | 450-900 |
| Rietvezelplaat | 250-350 | 0,08-0,09 | - | 2100 | 3 |
| Strovezelplaat | 200-400 | 0,08-0,12 | - | 2100 | 3 |
| Vlasschevenplaat gebonden met kunstthars | 300-700 | 0,08-0,17 | - | 1880 | 7-46 |
| Vlasschevencementplaat | 330-700 | 0,08-0,12 | - | 1470 | 3,5-7 |
| Houtproducten | | | | | |
| Hardhout | 800 | 0,17 ¹⁾ | 0,23 ¹⁾ | 1880 | - |
| Naaldhout | 550 | 0,14 ¹⁾ | 0,17 ¹⁾ | | - |
| Triplex-multiplex | 700 | 0,17 | 0,23 | | - |
| Hardboard | 1000 | 0,29 | - | 1680 | 46-75 |
| Zachtboard | 250-300 | 0,08 | - | 2100 | - |
| Spaanplaat | 450 | 0,10 | - | 1880 | - |
| | 600 | 0,15 | - | | - |
| | 1000 | 0,29 | - | | - |
| Houtspaan-cementplaat | 350-700 | 0,09-0,21 | - | 1470 | 3,7-10 |
| Houtwolcementplaat | | | 0,10-0,12 | | |
| Houtwolmagnesiumplaat | 400-500 | 0,10-0,12 | - | - | 3,7-10 |
| Harde kunststoffen | | | | | |
| Polyesterplaat (met glasvezels versterkt) | 1200 | - | - | 1470 | 9000 |
| Polyethen | 920-950 | - | - | | |
| Polymethacrylaat | 1200 | - | - | | |
| Polypropeen | 900 | 0,2 | - | | |
| Polyvinylchloride | 1400 | - | - | | |
| ABS polymeren | 1100 | - | - | | |
| | | | | | |
| Kunststofschuimen | | | | | |
| Polystyreenschuim geëxpandeerd | 15-30 | 0,035 | - | 1470 | 23-150 |
| Polystyreenschuim geëxtrudeerd | 30-40 | 0,027 | - | | |
| Ureumharsschuim | 8-20 | 0,054 ²⁾ | - | | |
| Polyurethaanschuim | 30-60 | 0,021-0,026 | - | | |
| Fenolharsschuim (hard) | 25-200 | 0,035 | - | | |
| Polyvinylchlorideschuim | 25-50 | 0,035 | - | | |
| | | | | | |
| Opmerking: wanneer twee waarden van ρ en λ zijn gegeven kan λ voor tussengelegen waarden van ρ lineair worden geïnterpoleerd. | | | | | |
| 1) Loodrecht op de vezels. | | | | | |
| 2) Bij toepassing als spouwvulling. | | | | | |
| 3) λ kan bij veroudering ten gevolge van het verdwijnen van de freonvulling stijgen tot 0,035 W (m.K). | | | | | |
| - over de μ -waarden van houtproducten is nog weinig bekend. Bovendien hangt de μ -waarde in zeer sterke mate af van het vochtgehalte. | | | | | |
| *) Kolom I heeft betrekking op omstandigheden waarbij het vochtgehalte overwegend bepaald wordt door het binnenklimaat. Kolom II slaat op omstandigheden waarbij gemiddeld op een hoger vochtgehalte moet worden gerekend. | | | | | |

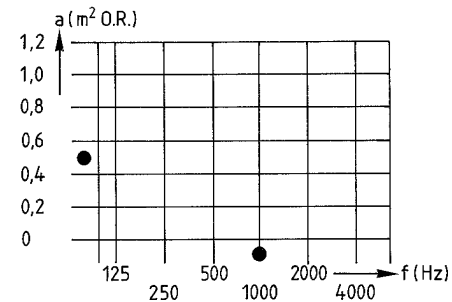
Akoestiek

Tabel 11
Dampremmende lagen

| Benaming | d (10^{-3} m) | μ (10^3 -) | $\mu \cdot d$ (m) |
|--|-----------------------|----------------------|----------------------|
| Geblazen bitumen | - | 70-120 | 1 |
| Asfalbitumenvilt 330-37 | - | - | 20 |
| Gebitumineerd glasvlies | - | - | 20-180 |
| Bezand asfalbitumenvilt 500-56 | 2,6 | - | 50 |
| Teervilt 280-40/45 | - | - | 14 |
| Eénzijdig gebitumineerd papier | 0,1 | - | 0,7 |
| Flintkote (bitumenmengsel) | - | 0,75 | - |
| Polyesterfolie | 0,1 | 13 | 1,3 |
| Polystyreenfolie | 0,1 | 42 | 4,2 |
| Polyvinylchloridefolie | 0,1 | 10-100 | 1-10 |
| Polyetheenfolie | 0,1 | 50-100 | 5-10 |
| Asfalbitumen met aluminiumfolie inlage | - | - | 100-∞ |
| Eénzijdig met kunststof gecacheerd aluminiumfolie 0,06 mm | - | - | 100 |
| Tweezijdig met kunststof gecacheerd aluminiumfolie 0,08 mm | - | - | 160 |

Bij de samenstelling van deze tabel werd ook gebruik gemaakt van enkele door 'Vedidak' ter beschikking gestelde gegevens.

Tabel 12
Akoestische absorptiecoëfficiënten (Uit: Bouwfysische Tabellarium, TU Delft)



Tabel 12 (vervolg)

| Nr. | Materiaal (maten in mm) | Type | Absorptiecoëfficiënten a [m^2 O.R.] bij de middenfrequenties | | | | | | Karakteristiek |
|--------------------------------|--|------|---|------|------|------|------|------|----------------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| <i>Steenachtige materialen</i> | | | | | | | | | |
| 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 | |
| <i>Pleisters</i> | | | | | | | | | |
| 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 | sputasbest | A | 0,29 | 0,24 | 0,65 | 0,79 | 0,88 | 0,65 | |
| <i>Akoestische materialen</i> | | | | | | | | | |
| 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 kg/m ² , $d = 8$; $s = 30$ | B | 0,25 | 0,22 | 0,04 | 0 | 0,03 | 0,08 | |
| 11 | spaanplaat (lichtgewicht), 6,4 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 | |

Tabel 12 (vervolg)

| Nr. | Materiaal (maten in mm) | Type | Absorptiecoëfficiënten <i>a</i> [m ² O.R.] bij de middenfrequenties | | | | | | Karakteristiek |
|-----------------------------|---|------|--|------|------|------|------|------|----------------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| 19 | kurkplaten, akoestisch met verflaag, <i>d</i> = 20; <i>s</i> = 25 | B | 0,08 | 0,15 | 0,44 | 0,54 | 0,38 | 0,60 | |
| 20 | kunststofschuimplaat (polystyreen), <i>d</i> = 10; <i>s</i> = 4 | B | 0,05 | 0,11 | 0,31 | 0,73 | 0,58 | 0,47 | |
| 21 | houtcellulose, gesaust, <i>d</i> = 22 | A | 0,07 | 0,20 | 0,60 | 1,00 | 1,13 | 1,13 | |
| <i>Geperforeerde platen</i> | | | | | | | | | |
| 22 | gipskarton, ongeperforeerd, <i>d</i> = 9,5; <i>s</i> = 100; <i>a</i> = 30 | D | 0,28 | 0,14 | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,10 | |
| 23 | gipskarton, geperforeerd 6%, <i>d</i> = 9,5; <i>s</i> = 100; <i>a</i> = 30, gaatjes Ø8, Ø15, Ø20 | D | 0,39 | 0,81 | 0,68 | 0,44 | 0,25 | 0,20 | |
| 24 | gipskarton, geperforeerd 19,6%, <i>d</i> = 9,5; <i>s</i> = 100; <i>a</i> = 30, gaatjes Ø15 | D | 0,30 | 0,69 | 1,01 | 0,81 | 0,66 | 0,62 | |
| 25 | gipskarton met zaagsleuven, <i>d</i> = 9,5; <i>s</i> = 30; <i>a</i> = 20, sleuven 2,3 | D | 0,10 | 0,26 | 0,92 | 0,55 | 0,20 | 0,10 | |
| 26 | asbestcementplaat, ongeperforeerd, <i>d</i> = 4; <i>s</i> = 50 | B | 0,43 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,04 | 0,02 | |
| 27 | asbestcementplaat geperforeerd 16%, <i>d</i> = 4; <i>s</i> = 50 | C | 0,13 | 0,65 | 0,90 | 0,82 | 0,82 | 0,77 | |
| <i>Schrootjes</i> | | | | | | | | | |
| 28 | houten latten, breed 85, tussenruimte 25 mm, <i>d</i> = 12; <i>s</i> = 200; <i>a</i> = 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, <i>d</i> = 25; <i>s</i> = 50; <i>a</i> = 20 | E | 0,19 | 0,36 | 0,73 | 0,50 | 0,25 | 0,31 | |
| 30 | aluminium lamellen, breed 50, tussenruimte 12,5 mm, <i>d</i> = 0,3; <i>s</i> = 176; <i>a</i> = 20 | D | - | 0,89 | 1,00 | 0,88 | 0,88 | 0,61 | |
| <i>Vloerbedekking</i> | | | | | | | | | |
| 31 | linoleum, gelijmd op ondergrond | A | 0,02 | - | 0,03 | - | 0,04 | - | |
| 32 | parket, gelijmd op ondergrond | A | 0,04 | 0,04 | 0,06 | 0,12 | 0,10 | 0,15 | |

Tabel 12 (vervolg)

| Nr. | Materiaal (maten in mm) | Type | Absorptiecoëfficiënten <i>a</i> [m ² O.R.] bij de middenfrequenties | | | | | | Karakteristiek |
|-----------------|--|------|--|------|------|------|------|------|----------------|
| | | | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | |
| 33 | tapijt, 1,87 kg/m ² , <i>d</i> = 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), <i>d</i> = 4,5 | A | 0,05 | 0,13 | 0,60 | 0,24 | 0,28 | 0,32 | |
| 35 | tapijt, 1,98 kg/m ² , <i>d</i> = 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), <i>d</i> = 5,3 | A | 0,04 | 0,10 | 0,31 | 0,70 | 0,93 | 0,74 | |
| 37 | kokosvloerbedekking, los op ondergrond, 2 kg/m ² , <i>d</i> = 10 | A | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 1,13 | 0,28 | 0,55 | |
| <i>Diversen</i> | | | | | | | | | |
| 38 | glas | | 0,1 | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | |
| 39 | kunststoffolie, strak gespannen, PVC 0,2 kg/m ² , <i>d</i> = 0,2; <i>s</i> = 20 | B | 0 | 0 | 0,64 | 0,19 | 0,12 | 0,04 | |
| 40 | kunststoffolie, geplooid 3:1, PVC 0,2 kg/m ² , <i>d</i> = 0,2; <i>s</i> = 20 | B | 0 | 0,13 | 0,51 | 0,66 | 0,59 | 0,30 | |
| 41 | gordijn, katoen, strak gespannen, <i>s</i> = 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 <i>s</i> = 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 productomschrijving, leveranciers, enz. zijn te vinden in:

- Bobran, H.W.: *Handbuch der Bauphysik*. Berlin, Ullstein, 1967.
- Bouwcentrum/Ratiobouw: *Akoestische materialen*. Uitgave NL 1962.
- Deutscher Normenausschuss (DNA): *Schallabsorptionsgrad-Tabelle*. Berlin, Beuth-Vertrieb, 1968.
- Furrer, W.: *Room and building acoustics and noise abatement*. London, Butterworths, 1964.
- Hartmann, G.: *Praktische Akustik; Band 2: Raum- und Bauakustik*. München, Oldenbourg, 1968.

Tabel 13
Grensfrequentie voor coïncidentie bij verschillende materialen

| materiaal | $f_g \cdot d$ | voorbeeld | | voorbeeld | |
|---------------|---------------|-----------|------------|-----------|------------|
| | | d (mm) | f_g (Hz) | d (mm) | f_g (Hz) |
| aluminium | 12 500 | 2 | 6 250 | 5 | 2 500 |
| staal | 12 800 | 1 | 12 800 | 3 | 4 267 |
| glas | 12 800 | 4 | 3 200 | 8 | 1 600 |
| beton | 17 300 | 120 | 144 | 200 | 87 |
| glasbeton | 38 000 | 80 | 475 | 200 | 190 |
| kalkzandsteen | 21 400 | 105 | 204 | 210 | 102 |
| poriso | 26 000 | 50 | 520 | 90 | 289 |
| lichtbeton | 32 000 | 80 | 400 | 200 | 160 |
| gips | 35 500 | 50 | 710 | 70 | 507 |
| gipskarton | 35 500 | 9 | 3 944 | 15 | 2 367 |
| hout | 25 000 | 12 | 2083 | 22 | 1 136 |
| spaanplaat | 25 000 | 8 | 3 125 | 18 | 1 389 |
| lood | 51 200 | 0,5 | 102 400 | 2 | 25 600 |

Tabel 14
Normwaarden luchtgeluidisolatie

| octaafband met middenfrequentie, in Hz | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
|--|-----|-----|-----|------|------|
| normwaarde voor de genormeerde luchtgeluidisolatie (D_{nT}), in dB | 34 | 43 | 50 | 53 | 54 |

Tabel 15
Normwaarden contactgeluidniveau

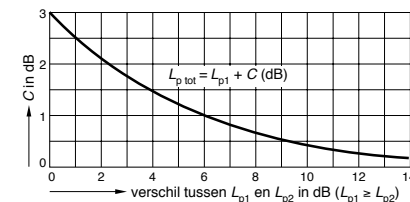
| octaafband met middenfrequentie, in Hz | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
|---|-----|-----|-----|------|------|
| normwaarde voor het genormeerde contactgeluidniveau (L_{nT}), in dB | 70 | 66 | 66 | 66 | 70 |

Tabel 16
Verzwakking of versterking volgens de A-weging

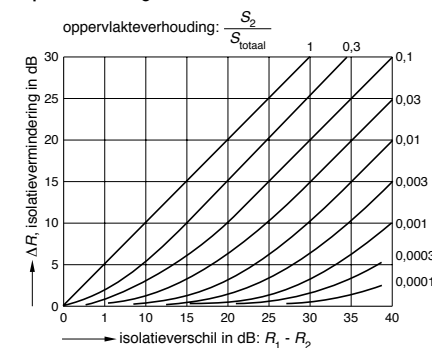
| frequentie in Hz | A-weging in dB |
|------------------|----------------|
| 63 | - 26,1 |
| 125 | - 16,1 |
| 250 | - 8,6 |
| 500 | - 3,2 |
| 1000 | 0,0 |
| 2000 | 1,2 |
| 4000 | 1,0 |
| 8000 | - 1,0 |

Tabel 17
Richtwaarden voor nagalmtijd in verschillende ruimten

| | |
|--------------------------|---------------------------------|
| goed gemeubileerde kamer | $T = \text{ca. } 0,5 \text{ s}$ |
| kantoorvertrek | $T = 0,5-0,7 \text{ s}$ |
| kantoorruimte | $T = 0,7-0,9 \text{ s}$ |
| schoollokaal | $T = 0,6-0,8 \text{ s}$ |
| muzieklokaal | $T = 0,8-1,2 \text{ s}$ |
| schouwburg | $T = 0,9-1,3 \text{ s}$ |
| kamer muziekzaal | $T = 1,2-1,5 \text{ s}$ |
| opera | $T = 1,2-1,6 \text{ s}$ |
| concertzaal | $T = 1,7-2,3 \text{ s}$ |
| kerk (orgelmuziek) | $T = 1,5-2,5 \text{ s}$ |



Figuur 1
Optellen van geluidrukniveaus



Figuur 2
Isolatievermindering van een wand ten gevolge van een gedeelte met kleinere isolatie

Tabel 18
Toelaatbare geluidniveaus in werkvertrekken

| vertrek/arbeid | stoorgeluid van buiten e.d. L_{eq} in dB (A) | | achtergrondgeluid van installaties e.d. L_{95} in dB (A) | |
|--|--|-----|--|-----|
| | voorkeur | max | voorkeur | max |
| in éénpersoonsvertrekken bij studie, denkarbeid enz. in leeszalen | 30-35 | 40 | 30-35 | 40 |
| in één- of meerpersoonskamers bij ontwerpentechniek, redactioneel werk enz. in leslokaal | 35-40 | 45 | 30-35 | 40 |
| in grotere kantoorruimten bij administratieve werkzaamheden, tekenwerk, enz. | 40 | 45 | 35 | 40 |
| in grote kantoorzalen bij typen, mechanische administratie enz. | 45 | 50 | 40 | 45 |
| in telex- en computerruimten enz. | 45-55 | 60 | 45-55 | 60 |

Opmerking: in grote kantoorzalen (kantoorruimten) is het vaak wenselijk een achtergrondgeluidniveau te hebben van 50-55 dB (A). Door dit vrij hoge geluidniveau worden andere geluiden gemaskeerd en wordt de privacy vergroot. Voor kantoorruimten gelden verder nog allerlei aparte voorwaarden.

Tabel 19
Luchtgeluidisolatie

| scheiding | luchtgeluidisolatie-index I_{lu} resp. $I_{lu,k}$ in dB | |
|---|---|----------|
| | minimale eis | voorkeur |
| tussen vertrekken van verschillende woningen | 0 | + 5 |
| tussen vertrekken binnen dezelfde woning | - 20 | - 15 |
| tussen kantoorvertrekken waarbij grotere privacy (vertrouwelijke gesprekken) gewenst is | 0 | + 5 |
| tussen ruimten met hoge geluidproductie (typekamers, meerpersoonskamers) en stillere vertrekken (éénpersoonskamers) | - 5 | 0 |
| tussen leslokalen | - 10 | - 5 |
| tussen gelijksoortige, normale kantoorvertrekken | - 15 | - 10 |
| tussen vertrekken en gangen | - 20 | - 15 |

Formules geluid

Geluidrukniveau

$$L_p = 10 \log \frac{p_{eff}^2}{p_0^2} \quad [\text{dB}]$$

Hierin is:

- L_p het geluidrukniveau in decibel
- p_{eff} de effectieve geluidrukniveau
- p_0 de referentie geluidrukniveau $2 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}$

Geluidintensiteit

$$I = \frac{p^2}{4 \cdot \rho \cdot c} \quad \text{voor een diffuus geluidsveld}$$

$$I = \frac{p^2}{\rho \cdot c} \quad \text{voor een vlakke lopende golf}$$

Hierin is:

- I de geluidintensiteit in W/m^2 (energie)
- p de geluidrukniveau in Pa
- ρ de soortelijke massa van de lucht in kg/m^3
- c de geluidssnelheid in m/s
- $\rho \cdot c$ voor gemiddelde omstandigheden, getalwaarde ongeveer 400

Geluidvermogeniveau

$$L_w = 10 \log \frac{W}{W_0} \quad [\text{dB}]$$

Hierin is:

- L_w het geluidvermogeniveau in dB
- W het geluidvermogen in watt
- W_0 het referentievermogen 10^{-12} W

Optellen van geluiddruk niveaus

$$L_{\text{ptotaal}} = 10 \log (10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + 10^{L_{p3}/10} \dots) \quad [\text{dB}]$$

Hierin is:

- L_{p1} het geluiddruk niveau van geluid 1
- L_{p2} het geluiddruk niveau van geluid 2
- L_{ptotaal} het resulterende geluiddruk niveau in decibel

Golflengte en frequentie

$$c = f \cdot \lambda \quad [\text{m/s}]$$

Hierin is:

- c de voortplantingssnelheid van het geluid in m/s
- f de frequentie in Hz
- λ de golflengte in m.

Massa-veerresonantie in spouwconstructies

$$f_0 = 60 \sqrt{\frac{m_1 + m_2}{m_1 \cdot m_2} \cdot \frac{1}{b}} \quad [\text{Hz}]$$

Hierin is:

- f_0 de resonantiefrequentie bij loodrecht invallend geluid
- m_1 massa van het ene spouwblad in kg/m^2
- m_2 idem tweede spouwblad
- b breedte van de spouw in m

Geluidisolatie van een constructie

$$R = L_z - L_o + 10 \log \frac{S}{A} \quad [\text{dB}]$$

Hierin is:

- L_z het geluiddruk niveau in het zendvertrek in dB
- L_o het geluiddruk niveau in het ontvangvertrek in dB
- S het oppervlak van de wand
- A de absorptie in het ontvangvertrek

De genormeerde luchtgeluidisolatie volgens NEN 1070

$$D_{nT} = L_z - L_o + 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

Hierin is:

- D_{nT} de genormeerde luchtgeluidisolatie in dB
- L_z het geluiddruk niveau in het zendvertrek in dB
- L_o idem in het ontvangvertrek
- T de in het ontvangvertrek gemeten nagalmtijd
- T_0 de genormeerde nagalmtijd (= 0,5 s)

Het genormeerde contactgeluidniveau volgens NEN 1070

$$L_{nT} = L_{co} - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [\text{dB}]$$

Hierin is:

- L_{nT} het genormeerde contactgeluidniveau in dB
- L_{co} het in het ontvangvertrek gemeten geluiddruk niveau in dB

Karakteristieke luchtgeluidislatieindex $I_{lu;k}$

$$I_{lu;k} = I_{lu} - 10 \log \left(\frac{V}{6T_0 \cdot S} \right) - 1$$

Hierin is:

- $I_{lu;k}$ karakteristieke isolatie-index voor luchtgeluid in dB
- I_{lu} isolatie-index voor luchtgeluid in dB
- V netto volume van het ontvangvertrek in m^3
- T_0 referentie-nagalmtijd in s
- S oppervlakte tussen zend- en ontvangruimte in m^2

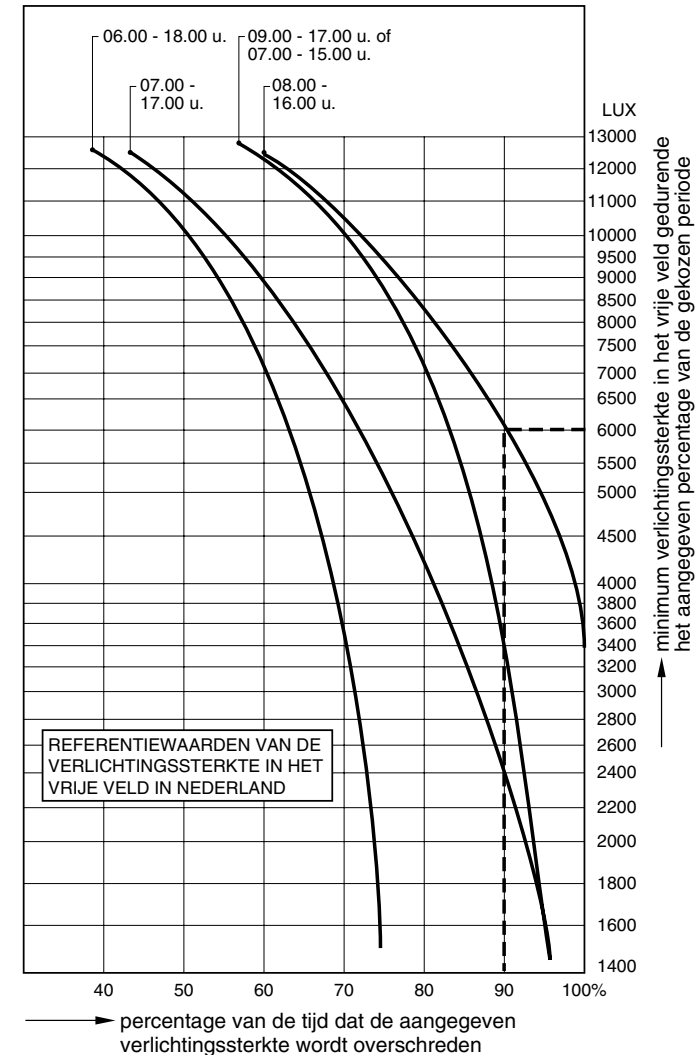
- indien de verhouding

$$\frac{V}{6T_0 \cdot S} > 2,5$$

dient deze verhouding voor de berekening van de $I_{lu;k}$ gelijk te worden gesteld aan 2,5;

- indien er geen gemeenschappelijk deel van de scheidingsconstructie tussen zend- en ontvangruimte is, dient S voor de berekening van $I_{lu;k}$ gelijk te worden gesteld aan 10 m^2 .

Verlichting



Figuur 3 Verlichtingssterkte in het vrije veld

Tabel 20 Interne reflectiecomponent in % bij diverse reflectiefactoren van de wandafwerking in het vertrek. Reflectiefactor plafond ca. 70%, vloeren ca. 20%.

| glasoppervlak t.o.v. vloeroppervlak in % | reflectiefactor wanden | | | |
|--|------------------------|-----|-----|-----|
| | 20% | 40% | 60% | 80% |
| 10 | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,9 |
| 20 | 0,3 | 0,6 | 1,1 | 1,7 |
| 30 | 0,5 | 0,9 | 1,5 | 2,4 |
| 40 | 0,6 | 1,2 | 2,0 | 3,1 |

