



LIITTEET

SISÄLLYSLUETTELO

| | | |
|----------|---|-----|
| Liite 1 | Luonnon radionuklideja ja niiden ominaisuuksia | 374 |
| Liite 2 | Luonnon hajoamissarjat | 377 |
| Liite 3 | Keinotekoisia radionuklideja ja niiden ominaisuuksia | 378 |
| Liite 4 | Suun kautta saadun ^{131}I :n annoskertymät eri elimille | 381 |
| Liite 5 | Suun kautta saatujen radionuklidien annosmuuntokertoimet.... | 382 |
| Liite 6 | Efektiiivisen annoksen kertymän annosmuuntokertoimet | 383 |
| Liite 7 | Gammasäteilyn massavaimennuskertoimet | 385 |
| Liite 8 | Gammasäteilyn energia-absorption massakertoimet | 386 |
| Liite 9 | Lisäyskertoimen parametrit pistelähteelle eri aineissa | 387 |
| Liite 10 | Lisäyskertoimen parametrit pistelähteelle ilmassa | 388 |
| Liite 11 | Radionuklidien säteilytysnopeus- ja kermanopeusvakiot | 389 |
| Liite 12 | Sievertin integraali $F(\theta, b)$ | 390 |
| Liite 13 | EkspONENTTI-integraalit $E_1(x)$ ja $E_2(x)$ | 391 |

Tärkeimpiä luonnon radionuklideja ja niiden ominaisuuksia

Monet taulukossa esitetyt nuklidit ovat sellaisia, että niitä voi syntyä myös keinotekoisesti. Esimerkiksi tritiumia ja ^{14}C :ää syntyy ydinreakteoreissa. Hajoamistapa α tarkoittaa alfahajoamista, EC elektronikaappausta ja IT sisäistä siirtymää. Beetahajoamisessa tulee kyseeseen joko β^- tai β^+ -hajoaminen. Kullekin säteilytyypille annetaan vain todennäköisimmät/merkittävimmät energia-arvot E , vaikka energioita/siirtymiä olisikin useampia. Beetasäteilyn kohdalla energialla tarkoitetaan maksimienergiaa $E_{\beta, \max}$. Todennäköisyys hajoamista kohti on annettu sulussa energia-arvon jälkeen. Alfa- ja beetahajoamisen yhteydessä hajoamistodennäköisyydet $p_{\alpha}(E)$ ja $p_{\beta}(E)$ on normitettu 100 hajoamista kohti eikä niiden yhteenlaskettu %-luku siten ylitä sataa. Sen sijaan γ -emisiossa voi yhtä äitiytimen hajoamista kohti vapautua useampi kuin yksi tytärtymen gammakvantti ja yhteenlaskettu emissiotodennäköisyys $p_{\gamma}(E)$ voi ylittää 100 %. Alfa- ja beetahajoamisen seurauksena emittoitua gammasäteilyä on taulukoitu emonuklidin mukaan.

| Alkuaine | Nuklidi | Puoliin- tumisaika $T_{1/2}$ | Hajoamis- tapa ja osuus | α -hajoaminen E_{α} (MeV) $p_{\alpha}(E)$ (%) | β -hajoaminen $E_{\beta, \max}$ (MeV) $p_{\beta}(E)$ (%) | γ -emissio E_{γ} (keV) $p_{\gamma}(E)$ (%) |
|--|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|--|--|
| Kosmogeeniset radionuklidit | | | | | | |
| Vety | ^3H tritium | 12,3 a | β^- 100 % | | 0,0186 (100) | |
| Beryllium | ^7Be | 53,3 d | EC 100 % | | | 477,6 (10) |
| Beryllium | ^{10}Be | $1,51 \cdot 10^6$ a | β^- 100 % | | 0,555 (100) | |
| Hiili | ^{14}C | 5730 a | β^- 100 % | | 0,156 (100) | |
| Natrium | ^{22}Na | 2,60 a | β^+ 90 % EC 10 % | | 0,546 (100) | 1274,5 (100) |
| Alumiini | ^{26}Al | $7,4 \cdot 10^5$ a | β^+ 85 % EC 15 % | | 1,17 (97) 0,044 (2,7) | 1129,7 (2,5) 1808,7 (100) |
| Pii | ^{32}Si | 172 a | β^- 100 % | | 0,213 (100) | |
| Fosfori | ^{32}P | 14,3 d | β^- 100 % | | 1,71 (100) | |
| Fosfori | ^{33}P | 25,3 d | β^- 100 % | | 0,249 (100) | |
| Rikki | ^{35}S | 87,5 d | β^- 100 % | | 0,176 (100) | |
| Kloori | ^{36}Cl | $3,01 \cdot 10^5$ a | β^- 98,1 % EC 1,9 % | | 0,709 (98) | 511 (0,0004) |
| Argon | ^{37}Ar | 35,04 d | EC 100 % | | | |
| Argon | ^{39}Ar | 269 a | β^- 100 % | | 0,565 (100) | |
| Krypton | ^{81}Kr | $2,29 \cdot 10^5$ a | EC 100 % | | | 276,0 (0,30) |
| Luonnon hajoamissarjoihin kuulumattomat nuklidit | | | | | | |
| Kalium | ^{40}K | $1,28 \cdot 10^9$ a | β^- 89,3 % EC 10,7 % | | 1,31 (89) | 1461 (11) |
| Rubidium | ^{87}Rb | $4,75 \cdot 10^{10}$ a | β^- 100 % | | 0,273 (100) | |
| Indium | ^{115}In | $4,41 \cdot 10^{14}$ a | β^- 100 % | | 0,495 (100) | |
| Lantaani | ^{138}La | $1,05 \cdot 10^{11}$ a | EC 66,4 % β^- 33,6 % | | 0,254 (34) | 1436 (66) 788,7 (34) |
| Samarium | ^{147}Sm | $1,06 \cdot 10^{11}$ a | α 100 % | 2,233 (100) | | |
| Lutetium | ^{176}Lu | $3,73 \cdot 10^{10}$ a | β^- 100 % | | 0,597 (100) | 306,8 (94) 201,8 (86) 88,35 (13) |
| Renium | ^{187}Re | $4,35 \cdot 10^{10}$ a | β^- 100 % | | 0,00263 (100) | |

| Alkuaine | Nuklidi | Puoliin- tumisaika $T_{1/2}$ | Hajoamis- tapa ja osuus | α -hajoaminen E_α (MeV) $p_\alpha(E)$ (%) | β -hajoaminen $E_{\beta,max}$ (MeV) $p_\beta(E)$ (%) | γ -emissio E_γ (keV) $p_\gamma(E)$ (%) |
|---|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---|--|--|
| ^{238}U hajoamissarja eli uraanisarja | | | | | | |
| Uraani | ^{238}U | $4,47 \cdot 10^9$ a | α 100 % | 4,198 (79) 4,151 (21) | | 49,55 (0,064) 113,5 (0,010) |
| Torium | ^{234}Th | 24,1 d | β^- 100 % | | 0,199 (70) 0,107 (19) 0,106 (7,6) | 63,29 (4,8) 93,38 (2,8) 92,80 (2,8) |
| Protaktinium | ^{234m}Pa | 1,17 min | β^- 99,8 % IT 0,16 % | | 2,27 (98) 1,22 (1,0) | 1001 (0,84) 766,4 (0,29) |
| Protaktinium | ^{234}Pa | 6,7 h | β^- 100 % | | 0,472 (45) 0,642 (19) | 131,3 (18) |
| Uraani | ^{234}U | $2,45 \cdot 10^5$ a | α 100 % | 4,775 (71) 4,722 (28) | | 53,20 (0,12) 120,9 (0,034) |
| Torium | ^{230}Th | $7,54 \cdot 10^4$ a | α 100 % | 4,688 (76) 4,621 (23) | | 67,67 (0,38) |
| Radium | ^{226}Ra | 1600 a | α 100 % | 4,784 (94) 4,601 (5,6) | | 186,1 (3,5) |
| Radon | ^{222}Rn radon | 3,82 d | α 100 % | 5,490 (99,9) 4,987 (0,078) | | 510 (0,076) |
| Polonium | ^{218}Po | 3,10 min | α 99,98 % β^- 0,02 % | 6,002 (100) | 0,264 (100) | |
| Astatiini | ^{218}At | 1,6 s | α 99,9 % β^- 0,1 % | 6,684 (90) 6,653 (6,4) | | |
| Lyijy | ^{214}Pb | 26,8 min | β^- 100 % | | 0,729 (42) 0,672 (49) | 351,9 (36) 295,2 (19) 242,0 (7,5) |
| Vismutti | ^{214}Bi | 19,9 min | α 0,02 % β^- 99,98 % | 5,452 (54) 5,516 (39) 5,273 (5,8) | 3,272 (18) 1,542 (18) | 609,3 (45) 1764 (15) 1120 (15) |
| Polonium | ^{214}Po | 164 μs | α 100 % | 7,687 (100) | | 799,7 (0,01) |
| Tallium | ^{210}Tl | 1,30 min | β^- 100 % | | 4,210 (31) 1,864 (24) | 799,6 (100) 298 (79) |
| Lyijy | ^{210}Pb | 22,3 a | β^- 100 % | | 0,017 (84) 0,064 (16) | 46,54 (4,3) |
| Vismutti | ^{210}Bi | 5,01 d | β^- 100 % | | 1,163 (100) | |
| Polonium | ^{210}Po | 138 d | α 100 % | 5,304 (100) | | 803,1 (0,0012) |
| Lyijy | ^{206}Pb | - | Stabiili | | | |
| ^{232}Th hajoamissarja eli toriumsarja | | | | | | |
| Torium | ^{232}Th | $1,40 \cdot 10^{10}$ a | α 100 % | 4,012 (78) 3,954 (22) | | 63,8 (0,27) 140,9 (0,018) |
| Radium | ^{228}Ra | 5,75 a | β^- 100 % | | 0,0392 (40) 0,0128 (30) | 13,52 (1,6) 16,2 (0,72) |
| Aktinium | ^{228}Ac | 6,15 h | β^- 100 % | | 1,158 (30) 1,731 (12) | 911,2 (26) 969,0 (16) |

| Alkuaine | Nuklidi | Puoliin- tumisaika $T_{1/2}$ | Hajoamis- tapa ja osuus | α -hajoaminen E_α (MeV) $p_\alpha(E)$ (%) | β -hajoaminen $E_{\beta,max}$ (MeV) $p_\beta(E)$ (%) | γ -emissio E_γ (keV) $p_\gamma(E)$ (%) |
|--|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|--|--|
| Torium | ^{228}Th | 1,91 a | α 100 % | 5,423 (71) 5,340 (28) | | 84,37 (1,3) 216,0 (0,26) |
| Radium | ^{224}Ra | 3,66 d | α 100 % | 5,685 (95) 5,449 (5,1) | | 241 (4,0) 292,7 (0,0060) |
| Radon | ^{220}Rn <i>toron</i> | 55,6 s | α 100 % | 6,288 (99,9) 5,747 (0,11) | | 549,7 (0,11) |
| Polonium | ^{216}Po | 0,145 s | α 100 % | 6,778 (100) | | 804,9 (0,0019) |
| Lyijy | ^{212}Pb | 10,6 h | β^- 100 % | | 0,335 (83) 0,574 (12) | 238,6 (43) 300 (3,3) |
| Vismutti | ^{212}Bi | 60,6 min | β^- 64 % α 36 % | 6,051 (70) 6,090 (27) | 2,254 (55) 1,527 (4,4) | 727,3 (6,6) 1620 (1,5) |
| Polonium | ^{212}Po | 0,299 μs | α 100 % | 8,784 (100) | | |
| Tallium | ^{208}Tl | 3,05 min | β^- 100 % | | 1,80 (49) 1,29 (25) 1,53 (22) | 2615 (100) 583,2 (84) |
| Lyijy | ^{208}Pb | - | Stabiili | | | |
| ^{235}U hajoamissarja eli aktiniumsarja | | | | | | |
| Uraani | ^{235}U | $7,04 \cdot 10^8$ a | α 100 % | 4,398 (55) 4,366 (17) | | 185,7 (57) 143,8 (11) |
| Torium | ^{231}Th | 25,5 h | β^- 100 % | | 0,288 (37) 0,305 (35) | 25,64 (15) 84,21 (6,6) |
| Protaktinium | ^{231}Pa | $3,28 \cdot 10^4$ a | α 100 % | 5,014 (25) 4,951 (23) 5,028 (20) | | 27,36 (10) 300,1 (2,5) 283,7 (1,7) |
| Aktinium | ^{227}Ac | 21,8 a | β^- 98,6 % α 1,4 % | 4,953 (48) 4,941 (40) | 0,045 (54) 0,036 (35) | 100 (0,0099) |
| Torium | ^{227}Th | 18,7 d | α 100 % | 6,038 (24) 5,977 (24) | | 236 (12) 50,13 (8,0) |
| Frankium | ^{223}Fr | 21,8 min | β^- 100 % | | 1,10 (67) | 50,1 (36) |
| Radium | ^{223}Ra | 11,4 d | α 100 % | 5,716 (53) 5,607 (26) | | 269,5 (14) 154,2 (5,6) |
| Radon | ^{219}Rn <i>aktinon</i> | 3,96 s | α 100 % | 6,819 (79) 6,553 (13) | | 271,2 (11) 401,8 (6,4) |
| Polonium | ^{215}Po | 1,78 ms | α 100 % | 7,386 (100) | | 438,8 (0,04) |
| Lyijy | ^{211}Pb | 36,1 min | β^- 100 % | | 1,378 (91) 0,541 (6,3) | 404,9 (3,8) 832,0 (3,5) |
| Vismutti | ^{211}Bi | 2,14 min | α 99,7 % β^- 0,3 % | 6,623 (84) 6,278 (16) | 0,579 (100) | 351,1 (13) |
| Tallium | ^{207}Tl | 4,77 min | β^- 100 % | | 1,436 (100) | 897,8 (0,26) |
| Polonium | ^{211}Po | 0,516 s | α 100 % | 7,450 (100) | | 569,7 (0,55) 897,8 (0,56) |
| Lyijy | ^{207}Pb | - | Stabiili | | | |

3 Liite

Eräitä keinotekoisia radionuklideja ja niiden ominaisuuksia

Nuklideilla voi olla useita syntytapoja, joten jaottelu aktiivointi- ja fissiotuotteisiin on monesti keinotekoinen. Eräitä jo liitteessä 1 esitettyjä nuklideja ei tässä yhteydessä enää mainita. Merkinnot katso liitteen 1 teksti.

| Alkuaine | Nuklidi | Puoliin- tumisaika $T_{1/2}$ | Hajoamis- tapa ja osuus | α -hajoaminen E_{α} (MeV) $p_{\alpha}(E)$ (%) | β -hajoaminen $E_{\beta,max}$ (MeV) $p_{\beta}(E)$ (%) | γ -emissio E_{γ} (keV) $p_{\gamma}(E)$ (%) |
|---------------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|---|--|--|
| Aktiivointituotteet | | | | | | |
| Kromi | ⁵¹ Cr | 27,7 d | EC 100% | | | 320,1 (10) |
| Mangaani | ⁵⁴ Mn | 312 d | EC+ β^+ 100% | | | 834,8 (100) |
| Koboltti | ⁵⁷ Co | 272 d | EC 100% | | | 122,1 (86) |
| | | | | | | 136,5 (11) |
| | | | | | | 14,41 (9) |
| Koboltti | ⁵⁸ Co | 70,9 d | EC+ β^+ 100% | | 474,6 (15) | 810,8 (99) |
| Koboltti | ⁶⁰ Co | 5,27 a | β^- 100% | | 0,318 (100) | 1173 (100) |
| | | | | | | 1333 (100) |
| Rauta | ⁵⁹ Fe | 44,5 d | β^- 100% | | 0,467 (53) | 1099 (57) |
| | | | | | 0,271 (45) | 1292 (43) |
| Nikkeli | ⁶³ Ni | 100 a | β^- 100% | | 0,066 (100) | |
| Sinkki | ⁶⁵ Zn | 244 d | EC+ β^+ 100% | | 0,330 (1,4) | 1116 (51) |
| Hopea | ^{110m} Ag | 250 d | β^- 98,6% IT 1,4% | | 0,0830 (67) | 657,8 (94) |
| | | | | | 0,530 (30) | 884,7 (72) |
| | | | | | | 937,5 (34) |
| Antimoni | ¹²⁴ Sb | 60,2 d | β^- 100% | | 0,611 (53) | 602,7 (98) |
| | | | | | 2,30 (22) | 1691 (49) |
| Cesium | ¹³⁴ Cs | 2,06 y | β^- 100% | | 0,658 (70) | 604,7 (98) |
| | | | | | 0,089 (27) | 795,9 (85) |
| | | | | | 0,415 (2) | 569,3 (15) |
| Fissiotuotteet | | | | | | |
| Krypton | ⁸⁵ Kr | 10,7 a | β^- 100% | | 0,687 (100) | 514,0 (0,43) |
| Krypton | ^{85m} Kr | 4,48 h | β^- 79% IT 21% | | 0,841 (78) | 151,2 (75) |
| | | | | | | 304,9 (14) |
| Krypton | ⁸⁸ Kr | 2,84 h | β^- 100% | | 0,521 (67) | 2392 (35) |
| | | | | | 2,91 (14) | 196,3 (26) |
| | | | | | 0,682 (9) | 834,8 (13) |
| | | | | | | 2196 (13) |
| Strontium | ⁸⁵ Sr | 64,8 d | EC 100% | | | 514,0 (96) |
| Strontium | ⁸⁹ Sr | 50,5 d | β^- 100% | | 1,49 (100) | 909,1 (0,01) |
| Strontium | ⁹⁰ Sr | 28,8 a | β^- 100% | | 0,546 (100) | |
| Strontium | ⁹¹ Sr | 9,63 h | β^- 100% | | 1,13 (35) | 1024 (33) |
| | | | | | 2,71 (29) | 749,8 (24) |
| | | | | | 1,40 (25) | 652,9 (8) |
| Yttrium | ⁹⁰ Y | 64,1 h | β^- 100% | | 2,29 (100) | |
| Yttrium | ⁹¹ Y | 58,5 d | β^- 100% | | 1,54 (100) | 1205 (0,3) |

| Alkuaine | Nuklidi | Puoliin- tumisaika $T_{1/2}$ | Hajoamis- tapa ja osuus | α -hajoaminen E_α (MeV) $\rho_\alpha(E)$ (%) | β -hajoaminen $E_{\beta,max}$ (MeV) $\rho_\beta(E)$ (%) | γ -emissio E_γ (keV) $\rho_\gamma(E)$ (%) |
|------------|--------------------|------------------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| Niobium | ⁹⁵ Nb | 34,9 d | β^- 100% | | 0,160 (100) | 765,8 (100) |
| Niobium | ⁹⁷ Nb | 72,1 min | β^- 100% | | 1,28 (98) | 657,9 (98) |
| Zirkonium | ⁹⁵ Zr | 64,0 d | β^- 100% | | 0,368 (54) 0,401 (44) | 756,7 (54) 724,2 (44) |
| Zirkonium | ⁹⁷ Zr | 16,9 h | β^- 100% | | 1,914 (88) 0,552 (5) | 743,4 (93) 507,6 (5) |
| Tecnetium | ⁹⁹ Tc | $2,11 \cdot 10^5$ a | β^- 100% | | 0,292 (100) | 89,5 (0,0007) |
| Tecnetium | ^{99m} Tc | 6,0 h | IT 100% | | | 140,5 (89) |
| Molybdeeni | ⁹⁹ Mo | 65,9 d | β^- 100% | | 1,22 (82) 0,437 (16) | 739,6 (13) 181,1 (6) |
| Rutenium | ¹⁰³ Ru | 39,3 d | β^- 100% | | 0,227 (92) 0,112 (7) | 497,1 (91) 610,3 (6) |
| Rutenium | ¹⁰⁵ Ru | 4,44 h | β^- 100% | | 1,19 (48) 1,11 (19) 1,13 (17) | 724,5 (47) 469,4 (18) 676,4 (16) |
| Rutenium | ¹⁰⁶ Ru | 374 d | β^- 100% | | 0,0394 (100) | |
| Rodium | ¹⁰⁵ Rh | 35,4 h | β^- 100% | | 0,567 (75) 0,248 (20) | 319,1 (19) 306,1 (5) |
| Rodium | ¹⁰⁶ Rh | 29,8 s | β^- 100% | | 3,41 (79) 2,41 (10) | 511,9 (20) 621,9 (10) |
| Antimoni | ¹²⁵ Sb | 2,76 a | β^- 100% | | 0,303 (40) 0,131 (18) 0,622 (14) | 427,9 (29) 600,5 (18) |
| Telluuri | ¹²⁹ Te | 69,6 min | β^- 100% | | 1,45 (89) 0,989 (9) | 459,6 (8) 27,81 (16) |
| Telluuri | ^{129m} Te | 33,6 d | IT 63% β^- 37% | | 1,60 (32) 0,908 (3) | 695,9 (3) |
| Telluuri | ¹³² Te | 3,20 d | β^- 100% | | 0,215 (100) | 228,2 (88) 49,72 (15) |
| Jodi | ¹²⁹ I | $1,57 \cdot 10^7$ a | β^- 100% | | 0,154 (100) | 39,58 (8) |
| Jodi | ¹³¹ I | 8,02 d | β^- 100% | | 0,606 (90) 0,334 (7) | 364,5 (82) 637,7 (7) |
| Jodi | ¹³² I | 2,3 h | β^- 100% | | 1,18 (19) 2,14 (19) | 667,7 (99) 772,6 (76) |
| Jodi | ¹³³ I | 20,8 h | β^- 100% | | 1,24 (83) 0,895 (4) | 529,9 (87) 875,3 (5) |
| Jodi | ¹³⁵ I | 6,57 h | β^- 100% | | 1,39 (24) 0,970 (22) | 1260 (29) 1132 (23) |
| Ksenon | ¹³³ Xe | 5,24 d | β^- 100% | | 0,346 (99) | 81,0 (38) |
| Ksenon | ^{133m} Xe | 2,19 d | IT 100% | | | 233,2 (8) |
| Ksenon | ¹³⁵ Xe | 9,14 h | β^- 100% | | 0,901 (96) | 249,8 (90) 608,2 (3) |
| Cesium | ¹³⁶ Cs | 13,2 d | β^- 100% | | 0,341 (70) 0,682 (13) 0,408 (11) | 818,5 (100) 1048 (80) 340,6 (42) |

| Alkuaine | Nuklidi | Puoliin- tumisaika $T_{1/2}$ | Hajoamis- tapa ja osuus | α -hajoaminen E_α (MeV) $p_\alpha(E)$ (%) | β -hajoaminen $E_{\beta,max}$ (MeV) $p_\beta(E)$ (%) | γ -emissio E_γ (keV) $p_\gamma(E)$ (%) |
|-------------|-------------------|------------------------------------|-----------------------------------|---|--|--|
| Cesium | ^{137}Cs | 30,1 a | β^- 100% | | 0,514 (94) 1,18 (6) | 661,7 (85) |
| Barium | ^{140}Ba | 12,8 d | β^- 100% | | 1,01 (38) 1,02 (24) 0,469 (24) | 537,3 (24) 162,7 (6) |
| Lantaani | ^{140}La | 40,2 h | β^- 100% | | 1,35 (44) 1,68 (19) | 1596 (95) 487,0 (46) 815,8 (23) |
| Cerium | ^{141}Ce | 32,5 d | β^- 100% | | 0,435 (70) 0,581 (30) | 145,4 (48) |
| Cerium | ^{143}Ce | 33,0 h | β^- 100% | | 1,11 (48) 1,40 (35) | 293,3 (43) 57,36 (12) |
| Cerium | ^{144}Ce | 285 d | β^- 100% | | 0,318 (77) 0,185 (20) | 133,5 (11) |
| Praseodyymi | ^{143}Pr | 13,6 d | β^- 100% | | 0,934 (100) | |
| Praseodyymi | ^{144}Pr | 17,3 min | β^- 100% | | 3,00 (98) | 696,5 (1,3) |
| Neodyymi | ^{147}Nd | 11 d | β^- 100% | | 0,805 (81) | 531,0 (13) |
| Europium | ^{155}Eu | 4,76 a | β^- 100% | | 0,147 (46) 0,166 (26) | 86,55 (31) 105,3 (21) |
| Aktinidit | | | | | | |
| Uraani | ^{236}U | $2,34 \cdot 10^7$ a | α 100% | 4,494 (74) 4,445 (26) | | 49,4 (0,077) 112,8 (0,019) |
| Uraani | ^{237}U | 6,75 d | β^- 100% | | 0,237 (51) 0,251 (42) | 59,54 (34) 208 (22) |
| Neptunium | ^{239}Np | 2,36 d | β^- 100% | | 0,436 (45) 0,330 (41) | 227,6 (14) 106,1 (27) |
| Plutonium | ^{236}Pu | 2,86 a | α 100% | 5,767 (69) 5,721 (31) | | 109 (0,012) 47,6 (0,069) |
| Plutonium | ^{238}Pu | 87,7 a | α 100% | 5,499 (71) 5,456 (29) | | 43,48 (0,039) |
| Plutonium | ^{239}Pu | $2,41 \cdot 10^4$ a | α 100% | 5,157 (73) 5,144 (15) | | 51,6 (0,027) |
| Plutonium | ^{240}Pu | 6563 a | α 100% | 5,168 (73) 5,124 (27) | | 45,24 (0,045) |
| Plutonium | ^{241}Pu | 14,4 a | β^- 100% α 0,002% | 4,896 (83) 4,853 (12) | 0,021 (100) | 148,6 (0,0002) |
| Amerikium | ^{241}Am | 432 a | α 100% | 5,486 (85) 5,443 (13) | | 59,54 (36) |
| Amerikium | ^{243}Am | 7370 a | α 100% | 5,275 (87) 5,233 (11) | | 74,67 (68) 43,53 (6) |
| Curium | ^{242}Cm | 163 d | α 100% | 6,113 (74) 6,069 (25) | | 44,08 (0,032) |
| Curium | ^{244}Cm | 18,1 a | α 100% | 5,805 (76) 5,763 (24) | | 42,82 (0,026) |

4 Liite

Suun kautta saadun ¹³¹I:n eri elimille ja kudoksille aiheuttamat ekvivalenttiansiirron ja efektiivisen annoksen kertymät (Sv/Bq)

Siirtokerroin f_i kuvaa ruuansulatuskanavaan joutunutta kehon nesteisiin siirtyvää osuutta.

| Ikä | 3 kk | 1 a | 5 a | 10 a | 15 a | Aikuinen |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| f_i | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Lisämunuaiset | $4,8 \cdot 10^{-10}$ | $3,4 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^{-10}$ | $1,1 \cdot 10^{-10}$ | $6,1 \cdot 10^{-11}$ | $5,1 \cdot 10^{-11}$ |
| Virtsarakon seinämä | $1,9 \cdot 10^{-9}$ | $1,5 \cdot 10^{-9}$ | $1,4 \cdot 10^{-9}$ | $1,2 \cdot 10^{-9}$ | $1,0 \cdot 10^{-9}$ | $7,6 \cdot 10^{-10}$ |
| Luun pinta | $6,2 \cdot 10^{-10}$ | $4,6 \cdot 10^{-10}$ | $2,9 \cdot 10^{-10}$ | $2,0 \cdot 10^{-10}$ | $1,5 \cdot 10^{-10}$ | $1,3 \cdot 10^{-10}$ |
| Aivot | $5,3 \cdot 10^{-10}$ | $3,8 \cdot 10^{-10}$ | $2,5 \cdot 10^{-10}$ | $1,9 \cdot 10^{-10}$ | $1,5 \cdot 10^{-10}$ | $1,4 \cdot 10^{-10}$ |
| Rintarauhanen | $5,7 \cdot 10^{-10}$ | $4,2 \cdot 10^{-10}$ | $2,3 \cdot 10^{-10}$ | $1,4 \cdot 10^{-10}$ | $7,3 \cdot 10^{-11}$ | $5,9 \cdot 10^{-11}$ |
| Mahalaukku | $3,5 \cdot 10^{-9}$ | $2,0 \cdot 10^{-9}$ | $9,9 \cdot 10^{-10}$ | $5,7 \cdot 10^{-10}$ | $3,9 \cdot 10^{-10}$ | $3,1 \cdot 10^{-10}$ |
| Ohutsuoli | $5,4 \cdot 10^{-10}$ | $3,6 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^{-10}$ | $1,1 \cdot 10^{-10}$ | $6,6 \cdot 10^{-11}$ | $5,4 \cdot 10^{-11}$ |
| Paksusuolen yläosa | $1,7 \cdot 10^{-9}$ | $1,0 \cdot 10^{-9}$ | $4,5 \cdot 10^{-10}$ | $2,0 \cdot 10^{-10}$ | $1,1 \cdot 10^{-10}$ | $8,9 \cdot 10^{-11}$ |
| Paksusuolen alaosa | $3,8 \cdot 10^{-9}$ | $2,2 \cdot 10^{-9}$ | $9,0 \cdot 10^{-10}$ | $3,8 \cdot 10^{-10}$ | $2,1 \cdot 10^{-10}$ | $1,6 \cdot 10^{-10}$ |
| Munuaiset | $4,3 \cdot 10^{-10}$ | $2,9 \cdot 10^{-10}$ | $1,6 \cdot 10^{-10}$ | $8,9 \cdot 10^{-11}$ | $5,5 \cdot 10^{-11}$ | $4,6 \cdot 10^{-11}$ |
| Maksa | $4,8 \cdot 10^{-10}$ | $3,3 \cdot 10^{-10}$ | $1,7 \cdot 10^{-10}$ | $1,0 \cdot 10^{-10}$ | $6,0 \cdot 10^{-11}$ | $4,9 \cdot 10^{-11}$ |
| Lihäs | $8,6 \cdot 10^{-10}$ | $6,6 \cdot 10^{-10}$ | $3,9 \cdot 10^{-10}$ | $2,5 \cdot 10^{-10}$ | $1,6 \cdot 10^{-10}$ | $1,3 \cdot 10^{-10}$ |
| Munasarjat | $4,9 \cdot 10^{-10}$ | $3,3 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^{-10}$ | $1,0 \cdot 10^{-10}$ | $6,4 \cdot 10^{-11}$ | $5,2 \cdot 10^{-11}$ |
| Haima | $5,3 \cdot 10^{-10}$ | $3,7 \cdot 10^{-10}$ | $2,0 \cdot 10^{-10}$ | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | $7,3 \cdot 10^{-11}$ | $6,1 \cdot 10^{-11}$ |
| Kilpirauhanen | $3,7 \cdot 10^{-6}$ | $3,6 \cdot 10^{-6}$ | $2,1 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-6}$ | $6,8 \cdot 10^{-7}$ | $4,3 \cdot 10^{-7}$ |
| Pun. luuydin | $5,1 \cdot 10^{-10}$ | $3,7 \cdot 10^{-10}$ | $2,2 \cdot 10^{-10}$ | $1,6 \cdot 10^{-10}$ | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | $1,0 \cdot 10^{-10}$ |
| Keuhkot | $7,3 \cdot 10^{-10}$ | $5,5 \cdot 10^{-10}$ | $3,3 \cdot 10^{-10}$ | $2,1 \cdot 10^{-10}$ | $1,3 \cdot 10^{-10}$ | $1,0 \cdot 10^{-10}$ |
| Iho | $4,8 \cdot 10^{-10}$ | $3,4 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^{-10}$ | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | $8,1 \cdot 10^{-11}$ | $6,9 \cdot 10^{-11}$ |
| Perna | $4,8 \cdot 10^{-10}$ | $3,4 \cdot 10^{-10}$ | $1,8 \cdot 10^{-10}$ | $1,1 \cdot 10^{-10}$ | $6,6 \cdot 10^{-11}$ | $5,4 \cdot 10^{-11}$ |
| Kivekset | $3,8 \cdot 10^{-10}$ | $2,5 \cdot 10^{-10}$ | $1,4 \cdot 10^{-10}$ | $8,1 \cdot 10^{-11}$ | $4,8 \cdot 10^{-11}$ | $4,0 \cdot 10^{-11}$ |
| Kateenkorva | $2,3 \cdot 10^{-9}$ | $1,7 \cdot 10^{-9}$ | $8,5 \cdot 10^{-10}$ | $4,6 \cdot 10^{-10}$ | $2,2 \cdot 10^{-10}$ | $1,5 \cdot 10^{-10}$ |
| Kohtu | $4,7 \cdot 10^{-10}$ | $3,2 \cdot 10^{-10}$ | $2,0 \cdot 10^{-10}$ | $1,2 \cdot 10^{-10}$ | $7,0 \cdot 10^{-11}$ | $5,9 \cdot 10^{-11}$ |
| Muut elimet ja kudokset | $7,6 \cdot 10^{-10}$ | $5,8 \cdot 10^{-10}$ | $3,5 \cdot 10^{-10}$ | $2,4 \cdot 10^{-10}$ | $1,6 \cdot 10^{-10}$ | $1,2 \cdot 10^{-10}$ |
| Efektiivinen annos | $1,8 \cdot 10^{-7}$ | $1,8 \cdot 10^{-7}$ | $1,0 \cdot 10^{-7}$ | $5,2 \cdot 10^{-8}$ | $3,4 \cdot 10^{-8}$ | $2,2 \cdot 10^{-8}$ |

5 Liite

Eräiden suun kautta kehoon joutuneiden radionuklidien annosmuutokertoimet $h(g)$ (Sv/Bq) väestön eri ikäryhmille g

Annos on efektiivisen annoksen kertymä 70 ikävuoteen asti. Siirtokerroin f_1 kuvaa ruuansulatuskanavaan joutunutta kehon nesteisiin siirtyvää osuutta.

| Nuklidi | $T_{1/2}$ (fys) | Ikä ≤ 1 a | | Ikäryhmä > 1 a | 1 – 2a | 2 – 7 a | 7 – 12 a | 12-17a | > 17 a |
|--|---------------------|------------------------|--|---------------------|--|--|--|--|--|
| | | f_1 kun $g \leq 1$ a | $h(g)$ | | f_1 kun $g > 1$ a | $h(g)$ | $h(g)$ | $h(g)$ | $h(g)$ |
| ^3H ¹⁾ ₂₎ | 12,3 a | 1,000 1,000 | $6,4 \cdot 10^{-11}$ $1,2 \cdot 10^{-10}$ | 1,000 1,000 | $4,8 \cdot 10^{-11}$ $1,2 \cdot 10^{-10}$ | $3,1 \cdot 10^{-11}$ $7,3 \cdot 10^{-11}$ | $2,3 \cdot 10^{-11}$ $5,7 \cdot 10^{-11}$ | $1,8 \cdot 10^{-11}$ $4,2 \cdot 10^{-11}$ | $1,8 \cdot 10^{-11}$ $4,2 \cdot 10^{-11}$ |
| ^{14}C | $5,73 \cdot 10^3$ a | 1,000 | $1,4 \cdot 10^{-9}$ | 1,000 | $1,6 \cdot 10^{-9}$ | $9,9 \cdot 10^{-10}$ | $8,0 \cdot 10^{-10}$ | $5,7 \cdot 10^{-10}$ | $5,8 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{55}Fe | 2,70 a | 0,600 | $7,6 \cdot 10^{-9}$ | 0,100 | $2,4 \cdot 10^{-9}$ | $1,7 \cdot 10^{-9}$ | $1,1 \cdot 10^{-9}$ | $7,7 \cdot 10^{-10}$ | $3,3 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{59}Fe | 44,5 d | 0,600 | $3,9 \cdot 10^{-8}$ | 0,100 | $1,3 \cdot 10^{-8}$ | $7,5 \cdot 10^{-9}$ | $4,7 \cdot 10^{-9}$ | $3,1 \cdot 10^{-9}$ | $1,8 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{58}Co | 70,8 d | 0,600 | $7,3 \cdot 10^{-9}$ | 0,100 | $4,4 \cdot 10^{-9}$ | $2,6 \cdot 10^{-9}$ | $1,7 \cdot 10^{-9}$ | $1,1 \cdot 10^{-9}$ | $7,4 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{60}Co | 5,27 a | 0,600 | $5,4 \cdot 10^{-8}$ | 0,100 | $2,7 \cdot 10^{-8}$ | $1,7 \cdot 10^{-8}$ | $1,1 \cdot 10^{-8}$ | $7,9 \cdot 10^{-9}$ | $3,4 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{65}Zn | 244 d | 1,000 | $3,6 \cdot 10^{-8}$ | 0,500 | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | $9,7 \cdot 10^{-9}$ | $6,4 \cdot 10^{-9}$ | $4,5 \cdot 10^{-9}$ | $3,9 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{89}Sr | 50,5 d | 0,600 | $3,6 \cdot 10^{-8}$ | 0,300 | $1,8 \cdot 10^{-8}$ | $8,9 \cdot 10^{-9}$ | $5,8 \cdot 10^{-9}$ | $4,0 \cdot 10^{-9}$ | $2,6 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{90}Sr | 29,1 a | 0,600 | $2,3 \cdot 10^{-7}$ | 0,300 | $7,3 \cdot 10^{-8}$ | $4,7 \cdot 10^{-8}$ | $6,0 \cdot 10^{-8}$ | $8,0 \cdot 10^{-8}$ | $2,8 \cdot 10^{-8}$ |
| ^{95}Zr | 64,0 d | 0,020 | $8,5 \cdot 10^{-9}$ | 0,010 | $5,6 \cdot 10^{-9}$ | $3,0 \cdot 10^{-9}$ | $1,9 \cdot 10^{-9}$ | $1,2 \cdot 10^{-9}$ | $9,5 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{95}Nb | 35,1 d | 0,020 | $4,6 \cdot 10^{-9}$ | 0,010 | $3,2 \cdot 10^{-9}$ | $1,8 \cdot 10^{-9}$ | $1,1 \cdot 10^{-9}$ | $7,4 \cdot 10^{-10}$ | $5,8 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{103}Ru | 39,3 d | 0,100 | $7,1 \cdot 10^{-9}$ | 0,050 | $4,6 \cdot 10^{-9}$ | $2,4 \cdot 10^{-9}$ | $1,5 \cdot 10^{-9}$ | $9,2 \cdot 10^{-10}$ | $7,3 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{106}Ru | 1,01 a | 0,100 | $8,4 \cdot 10^{-8}$ | 0,050 | $4,9 \cdot 10^{-8}$ | $2,5 \cdot 10^{-8}$ | $1,5 \cdot 10^{-8}$ | $8,6 \cdot 10^{-9}$ | $7,0 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{124}Sb | 60,2 d | 0,200 | $2,5 \cdot 10^{-8}$ | 0,100 | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | $8,4 \cdot 10^{-9}$ | $5,2 \cdot 10^{-9}$ | $3,2 \cdot 10^{-9}$ | $2,5 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{132}Te | 3,26 d | 0,600 | $4,8 \cdot 10^{-8}$ | 0,300 | $3,0 \cdot 10^{-8}$ | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | $8,3 \cdot 10^{-9}$ | $5,3 \cdot 10^{-9}$ | $3,8 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{131}I | 8,04 d | 1,000 | $1,8 \cdot 10^{-7}$ | 1,000 | $1,8 \cdot 10^{-7}$ | $1,0 \cdot 10^{-7}$ | $5,2 \cdot 10^{-8}$ | $3,4 \cdot 10^{-8}$ | $2,2 \cdot 10^{-8}$ |
| ^{134}Cs | 2,06 a | 1,000 | $2,6 \cdot 10^{-8}$ | 1,000 | $1,6 \cdot 10^{-8}$ | $1,3 \cdot 10^{-8}$ | $1,4 \cdot 10^{-8}$ | $1,9 \cdot 10^{-8}$ | $1,9 \cdot 10^{-8}$ |
| ^{137}Cs | 30,0 a | 1,000 | $2,1 \cdot 10^{-8}$ | 1,000 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | $9,6 \cdot 10^{-9}$ | $1,0 \cdot 10^{-8}$ | $1,3 \cdot 10^{-8}$ | $1,3 \cdot 10^{-8}$ |
| ^{141}Ce | 32,5 d | 0,005 | $8,1 \cdot 10^{-9}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $5,1 \cdot 10^{-9}$ | $2,6 \cdot 10^{-9}$ | $1,5 \cdot 10^{-9}$ | $8,8 \cdot 10^{-10}$ | $7,1 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{144}Ce | 284 d | 0,005 | $6,6 \cdot 10^{-8}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $3,9 \cdot 10^{-8}$ | $1,9 \cdot 10^{-8}$ | $1,1 \cdot 10^{-8}$ | $6,5 \cdot 10^{-9}$ | $5,2 \cdot 10^{-9}$ |
| ^{210}Pb | 22,3 a | 0,600 | $8,4 \cdot 10^{-6}$ | 0,200 | $3,6 \cdot 10^{-6}$ | $2,2 \cdot 10^{-6}$ | $1,9 \cdot 10^{-6}$ | $1,9 \cdot 10^{-6}$ | $6,9 \cdot 10^{-7}$ |
| ^{214}Pb | 0,447 h | 0,600 | $2,7 \cdot 10^{-9}$ | 0,200 | $1,0 \cdot 10^{-9}$ | $5,2 \cdot 10^{-10}$ | $3,1 \cdot 10^{-10}$ | $2,0 \cdot 10^{-10}$ | $1,4 \cdot 10^{-10}$ |
| ^{210}Po | 138 d | 1,000 | $2,6 \cdot 10^{-5}$ | 0,500 | $8,8 \cdot 10^{-6}$ | $4,4 \cdot 10^{-6}$ | $2,6 \cdot 10^{-6}$ | $1,6 \cdot 10^{-6}$ | $1,2 \cdot 10^{-6}$ |
| ^{226}Ra | $1,60 \cdot 10^3$ a | 0,600 | $4,7 \cdot 10^{-6}$ | 0,200 | $9,6 \cdot 10^{-7}$ | $6,2 \cdot 10^{-7}$ | $8,0 \cdot 10^{-7}$ | $1,5 \cdot 10^{-6}$ | $2,8 \cdot 10^{-7}$ |
| ^{234}U | $2,44 \cdot 10^5$ a | 0,040 | $3,7 \cdot 10^{-7}$ | 0,020 | $1,3 \cdot 10^{-7}$ | $8,8 \cdot 10^{-8}$ | $7,4 \cdot 10^{-8}$ | $7,4 \cdot 10^{-8}$ | $4,9 \cdot 10^{-8}$ |
| ^{238}U | $4,47 \cdot 10^9$ a | 0,040 | $3,4 \cdot 10^{-7}$ | 0,020 | $1,2 \cdot 10^{-7}$ | $8,0 \cdot 10^{-8}$ | $6,8 \cdot 10^{-8}$ | $6,7 \cdot 10^{-8}$ | $4,5 \cdot 10^{-8}$ |
| ^{238}Pu | 87,7 a | 0,005 | $4,0 \cdot 10^{-6}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,0 \cdot 10^{-7}$ | $3,1 \cdot 10^{-7}$ | $2,4 \cdot 10^{-7}$ | $2,2 \cdot 10^{-7}$ | $2,3 \cdot 10^{-7}$ |
| ^{239}Pu | $2,41 \cdot 10^4$ a | 0,005 | $4,2 \cdot 10^{-6}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,2 \cdot 10^{-7}$ | $3,3 \cdot 10^{-7}$ | $2,7 \cdot 10^{-7}$ | $2,4 \cdot 10^{-7}$ | $2,5 \cdot 10^{-7}$ |
| ^{240}Pu | $6,54 \cdot 10^3$ a | 0,005 | $4,2 \cdot 10^{-6}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,2 \cdot 10^{-7}$ | $3,3 \cdot 10^{-7}$ | $2,7 \cdot 10^{-7}$ | $2,4 \cdot 10^{-7}$ | $2,5 \cdot 10^{-7}$ |
| ^{241}Am | $4,32 \cdot 10^2$ a | 0,005 | $3,7 \cdot 10^{-6}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $3,7 \cdot 10^{-7}$ | $2,7 \cdot 10^{-7}$ | $2,2 \cdot 10^{-7}$ | $2,0 \cdot 10^{-7}$ | $2,0 \cdot 10^{-7}$ |

¹⁾ Tritioitu vesi. ²⁾ Orgaanisessa molekyylissä oleva tritium.

6 Liite

Säteilytyötä tekeville työntekijöille määritetyt efektiivisen annoksen kertymän annosuuntokertoimet $h(g)$ (Sv/Bq) eräille suun tai hengityksen kautta kehoon joutuneille radionuklideille.

Annosuuntokertoimet on annettu hiukkasko'ille (AMAD) $1\ \mu\text{m}$ ja $5\ \mu\text{m}$. Siirtokerroin f_1 kuvaa ruuansulatuskanavaan joutunutta kehon nesteisiin siirtyvää osuutta.

| | Nuklidi | Fysikaalinen puoliintumisaika | Hengityksen kautta | | | | Suun kautta | |
|-----------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|
| | | | Keuhkoabsorptioluokka | f_1 | $h(g)_{1\ \mu\text{m}}$ | $h(g)_{5\ \mu\text{m}}$ | f_1 | $h(g)$ |
| Vety | ¹ ₃ H | 12,3 a | | | $1,8 \cdot 10^{-15}$ | | | |
| | ² ₃ H | 12,3 a | | | $1,8 \cdot 10^{-11}$ (kaasu/höyry) | | 1,000 | $1,8 \cdot 10^{-11}$ |
| | ³ ₃ H | 12,3 a | | | $4,1 \cdot 10^{-11}$ (kaasu/höyry) | | 1,000 | $4,2 \cdot 10^{-11}$ |
| Kromi | ⁵¹ Cr | 27,7 d | F | 0,100 | $2,1 \cdot 10^{-11}$ | $3,0 \cdot 10^{-11}$ | 0,100 | $3,8 \cdot 10^{-11}$ |
| | | | M | 0,100 | $3,1 \cdot 10^{-11}$ | $3,4 \cdot 10^{-11}$ | 0,010 | $3,7 \cdot 10^{-11}$ |
| | | | S | 0,100 | $3,6 \cdot 10^{-11}$ | $3,6 \cdot 10^{-11}$ | | |
| Mangaani | ⁵⁴ Mn | 312 d | F | 0,100 | $8,7 \cdot 10^{-10}$ | $1,1 \cdot 10^{-9}$ | 0,100 | $7,1 \cdot 10^{-10}$ |
| | | | M | 0,100 | $1,5 \cdot 10^{-9}$ | $1,2 \cdot 10^{-9}$ | | |
| Rauta | ⁵⁵ Fe | 2,70 a | F | 0,100 | $7,7 \cdot 10^{-10}$ | $9,2 \cdot 10^{-10}$ | 0,100 | $3,3 \cdot 10^{-10}$ |
| | | | M | 0,100 | $3,7 \cdot 10^{-10}$ | $3,3 \cdot 10^{-10}$ | | |
| | ⁵⁹ Fe | 44,5 d | F | 0,100 | $2,2 \cdot 10^{-9}$ | $3,0 \cdot 10^{-9}$ | 0,100 | $1,8 \cdot 10^{-9}$ |
| | | | M | 0,100 | $3,5 \cdot 10^{-9}$ | $3,2 \cdot 10^{-9}$ | | |
| Koboltti | ⁵⁸ Co | 70,8 d | M | 0,100 | $1,5 \cdot 10^{-9}$ | $1,4 \cdot 10^{-9}$ | 0,100 | $7,4 \cdot 10^{-10}$ |
| | | | S | 0,050 | $2,0 \cdot 10^{-9}$ | $1,7 \cdot 10^{-9}$ | 0,050 | $7,0 \cdot 10^{-10}$ |
| | ⁶⁰ Co | 5,27 a | M | 0,100 | $9,6 \cdot 10^{-9}$ | $7,1 \cdot 10^{-9}$ | 0,100 | $3,4 \cdot 10^{-9}$ |
| | | | S | 0,050 | $2,9 \cdot 10^{-8}$ | $1,7 \cdot 10^{-8}$ | 0,050 | $2,5 \cdot 10^{-9}$ |
| Sinkki | ⁶⁵ Zn | 244 d | S | 0,500 | $2,9 \cdot 10^{-9}$ | $2,8 \cdot 10^{-9}$ | 0,500 | $3,9 \cdot 10^{-9}$ |
| Strontium | ⁸⁹ Sr | 50,5 d | F | 0,300 | $1,0 \cdot 10^{-9}$ | $1,4 \cdot 10^{-9}$ | 0,300 | $2,6 \cdot 10^{-9}$ |
| | | | S | 0,010 | $7,5 \cdot 10^{-9}$ | $5,6 \cdot 10^{-9}$ | 0,010 | $2,3 \cdot 10^{-9}$ |
| | ⁹⁰ Sr | 29,1 a | F | 0,300 | $2,4 \cdot 10^{-8}$ | $3,0 \cdot 10^{-8}$ | 0,300 | $2,8 \cdot 10^{-8}$ |
| | | | S | 0,010 | $1,5 \cdot 10^{-7}$ | $7,7 \cdot 10^{-8}$ | 0,010 | $2,7 \cdot 10^{-9}$ |
| Yttrium | ⁹⁰ Y | 2,67 d | M | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,4 \cdot 10^{-9}$ | $1,6 \cdot 10^{-9}$ | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,7 \cdot 10^{-9}$ |
| | | | S | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $1,5 \cdot 10^{-9}$ | $1,7 \cdot 10^{-9}$ | | |
| Zirkonium | ⁹⁵ Zr | 64,0 d | F | 0,002 | $2,5 \cdot 10^{-9}$ | $3,0 \cdot 10^{-9}$ | 0,002 | $8,8 \cdot 10^{-10}$ |
| | | | M | 0,002 | $4,5 \cdot 10^{-9}$ | $3,6 \cdot 10^{-9}$ | | |
| | | | S | 0,002 | $5,5 \cdot 10^{-9}$ | $4,2 \cdot 10^{-9}$ | | |
| Teknetium | ^{99m} Tc | 6,02 h | F | 0,800 | $1,2 \cdot 10^{-11}$ | $2,0 \cdot 10^{-11}$ | 0,800 | $2,2 \cdot 10^{-11}$ |
| | | | M | 0,800 | $1,9 \cdot 10^{-11}$ | $2,9 \cdot 10^{-11}$ | | |
| | | | M | 0,050 | $2,3 \cdot 10^{-9}$ | $1,9 \cdot 10^{-9}$ | | |
| | | | S | 0,050 | $2,8 \cdot 10^{-9}$ | $2,2 \cdot 10^{-9}$ | | |
| Rutenium | ¹⁰⁶ Ru | 1,01 a | F | 0,050 | $8,0 \cdot 10^{-9}$ | $9,8 \cdot 10^{-9}$ | 0,050 | $7,0 \cdot 10^{-9}$ |
| | | | M | 0,050 | $2,6 \cdot 10^{-8}$ | $1,7 \cdot 10^{-8}$ | | |
| | | | S | 0,050 | $6,2 \cdot 10^{-8}$ | $3,5 \cdot 10^{-8}$ | | |
| Hopea | ^{110m} Ag | 250 d | F | 0,050 | $5,5 \cdot 10^{-9}$ | $6,7 \cdot 10^{-9}$ | 0,050 | $2,8 \cdot 10^{-9}$ |
| | | | M | 0,050 | $7,2 \cdot 10^{-9}$ | $5,9 \cdot 10^{-9}$ | | |
| | | | S | 0,050 | $1,2 \cdot 10^{-8}$ | $7,3 \cdot 10^{-9}$ | | |
| Antimoni | ¹²⁴ Sb | 60,2 d | F | 0,100 | $1,3 \cdot 10^{-9}$ | $1,9 \cdot 10^{-9}$ | 0,100 | $2,5 \cdot 10^{-9}$ |
| | | | M | 0,010 | $6,1 \cdot 10^{-9}$ | $4,7 \cdot 10^{-9}$ | | |

1) Tritiumkaasu

2) Tritioitu vesi

3) Organisisessa molekyylissä oleva tritium

| Nuklidi | Fysikaalinen puoliintumisaika | Hengityksen kautta | | | Suun kautta | | | | |
|-------------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| | | Keuhkoabsorptio-luokka | f_1 | $h(g)_{1\mu m}$ | $h(g)_{5\mu m}$ | f_1 | $h(g)$ | | |
| Telluuri | ¹³² Te | 3,26 d | F | 0,300 | $1,8 \cdot 10^{-9}$ | $2,4 \cdot 10^{-9}$ | 0,300 | $3,7 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | M | 0,300 | $2,2 \cdot 10^{-9}$ | $3,0 \cdot 10^{-9}$ | | | |
| Jodi | ¹²⁵ I | 60,1 d | F | 1,000 | $5,3 \cdot 10^{-9}$ | $7,3 \cdot 10^{-9}$ | 1,000 | $1,5 \cdot 10^{-8}$ | |
| | ¹³¹ I | 8,04 d | F | 1,000 | $7,6 \cdot 10^{-9}$ | $1,1 \cdot 10^{-8}$ | 1,000 | $2,2 \cdot 10^{-8}$ | |
| | ¹³² I | 2,30 h | F | 1,000 | $9,6 \cdot 10^{-11}$ | $2,0 \cdot 10^{-10}$ | 1,000 | $2,9 \cdot 10^{-10}$ | |
| Cesium | ¹³⁴ Cs | 2,06 a | F | 1,000 | $6,8 \cdot 10^{-9}$ | $9,6 \cdot 10^{-9}$ | 1,000 | $1,9 \cdot 10^{-8}$ | |
| | ¹³⁷ Cs | 30,0 a | F | 1,000 | $4,8 \cdot 10^{-9}$ | $6,7 \cdot 10^{-9}$ | 1,000 | $1,3 \cdot 10^{-8}$ | |
| Cerium | ¹⁴¹ Ce | 32,5 d | M | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $3,1 \cdot 10^{-9}$ | $2,7 \cdot 10^{-9}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $7,1 \cdot 10^{-10}$ | |
| | | | S | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $3,6 \cdot 10^{-9}$ | $3,1 \cdot 10^{-9}$ | | | |
| | ¹⁴⁴ Ce | 284 d | M | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $3,4 \cdot 10^{-8}$ | $2,3 \cdot 10^{-8}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $5,2 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | S | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,9 \cdot 10^{-8}$ | $2,9 \cdot 10^{-8}$ | | | |
| | | | | | | | | | |
| Uraani | ²³⁵ U | $7,04 \cdot 10^8$ a | F | 0,020 | $5,1 \cdot 10^{-7}$ | $6,0 \cdot 10^{-7}$ | 0,020 | $4,6 \cdot 10^{-8}$ | |
| | | | M | 0,020 | $2,8 \cdot 10^{-6}$ | $1,8 \cdot 10^{-6}$ | 0,002 | $8,3 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | S | 0,002 | $7,7 \cdot 10^{-6}$ | $6,1 \cdot 10^{-6}$ | | | |
| | ²³⁶ U | $2,34 \cdot 10^7$ a | F | 0,020 | $5,2 \cdot 10^{-7}$ | $6,1 \cdot 10^{-7}$ | 0,020 | $4,6 \cdot 10^{-8}$ | |
| | | | M | 0,020 | $2,9 \cdot 10^{-6}$ | $1,9 \cdot 10^{-6}$ | 0,002 | $7,9 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | S | 0,002 | $7,9 \cdot 10^{-6}$ | $6,3 \cdot 10^{-6}$ | | | |
| | ²³⁸ U | $4,47 \cdot 10^9$ a | F | 0,020 | $4,9 \cdot 10^{-7}$ | $5,8 \cdot 10^{-7}$ | 0,020 | $4,4 \cdot 10^{-8}$ | |
| | | | M | 0,020 | $2,6 \cdot 10^{-6}$ | $1,6 \cdot 10^{-6}$ | 0,002 | $7,6 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | S | 0,002 | $7,3 \cdot 10^{-6}$ | $5,7 \cdot 10^{-6}$ | | | |
| Plutonium | ²³⁸ Pu | 87,7 a | M | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,3 \cdot 10^{-5}$ | $3,0 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,3 \cdot 10^{-7}$ | |
| | | | S | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | $1,1 \cdot 10^{-5}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $8,8 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | | | | | | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,9 \cdot 10^{-8}$ |
| | | | | | | | | | |
| | ²³⁹ Pu | $2,41 \cdot 10^4$ a | M | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,7 \cdot 10^{-5}$ | $3,2 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,5 \cdot 10^{-7}$ | |
| | | | S | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | $8,3 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $9,0 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | | | | | | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $5,3 \cdot 10^{-8}$ |
| | | | | | | | | | |
| | ²⁴⁰ Pu | $6,54 \cdot 10^3$ a | M | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,7 \cdot 10^{-5}$ | $3,2 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,5 \cdot 10^{-7}$ | |
| | | | S | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | $8,3 \cdot 10^{-6}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $9,0 \cdot 10^{-9}$ | |
| | | | | | | | | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $5,3 \cdot 10^{-8}$ |
| | | | | | | | | | |
| ²⁴¹ Pu | 14,4 a | M | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $8,5 \cdot 10^{-7}$ | $5,8 \cdot 10^{-7}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $4,7 \cdot 10^{-10}$ | | |
| | | S | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,6 \cdot 10^{-7}$ | $8,4 \cdot 10^{-8}$ | $1,0 \cdot 10^{-5}$ | $1,1 \cdot 10^{-10}$ | | |
| | | | | | | | $1,0 \cdot 10^{-4}$ | $9,6 \cdot 10^{-10}$ | |
| | | | | | | | | | |
| Amerikium | ²⁴¹ Am | $4,32 \cdot 10^2$ a | M | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $3,9 \cdot 10^{-5}$ | $2,7 \cdot 10^{-5}$ | $5,0 \cdot 10^{-4}$ | $2,0 \cdot 10^{-7}$ | |

7 | Liite

Gamma-säteilyn massavaimennuskertoimia μ/ρ (cm²/g) eri aineissa (Shleien B, Slaback EA Jr., Birsky BK (editors). Handbook of health physics and radiological health. Third edition. Baltimore, Maryland: Williams & Wilkins, 1998).

Matkavaimennuskertoimet saadaan kertomalla massavaimennuskertoimet kyseisen aineen tiheydellä.

| Fotonin energia (MeV) | Hili (C) | Alumiini (Al) | Rauta (Fe) | Kupari (Cu) | Lyijy (Pb) | Ilma | Vesi | Betoni |
|-----------------------------|----------|---------------|------------|-------------|------------|-------------------------|--------|--------|
| 0,1 | 0,151 | 0,170 | 0,372 | 0,458 | 5,550 | 0,154 | 0,171 | 0,174 |
| 0,15 | 0,135 | 0,138 | 0,196 | 0,222 | 2,01 | 0,136 | 0,151 | 0,144 |
| 0,2 | 0,123 | 0,122 | 0,146 | 0,156 | 0,999 | 0,123 | 0,137 | 0,128 |
| 0,3 | 0,107 | 0,104 | 0,110 | 0,112 | 0,403 | 0,107 | 0,119 | 0,110 |
| 0,5 | 0,0872 | 0,0845 | 0,0841 | 0,0836 | 0,161 | 0,0871 | 0,0969 | 0,0892 |
| 0,8 | 0,0708 | 0,0684 | 0,0670 | 0,0660 | 0,0887 | 0,0707 | 0,0787 | 0,0723 |
| 1,0 | 0,0636 | 0,0615 | 0,0600 | 0,0590 | 0,0710 | 0,0636 | 0,0707 | 0,0649 |
| 1,5 | 0,0518 | 0,0501 | 0,0488 | 0,0480 | 0,0522 | 0,0518 | 0,0575 | 0,0529 |
| 2 | 0,0444 | 0,0432 | 0,0427 | 0,0421 | 0,0461 | 0,0445 | 0,0494 | 0,0456 |
| 3 | 0,0356 | 0,0354 | 0,0362 | 0,0360 | 0,0423 | 0,0358 | 0,0397 | 0,0370 |
| 5 | 0,0271 | 0,0284 | 0,0315 | 0,0318 | 0,0427 | 0,0275 | 0,0303 | 0,0291 |
| 8 | 0,0215 | 0,0244 | 0,02991 | 0,0307 | 0,0468 | 0,0223 | 0,0243 | 0,0243 |
| 10 | 0,0196 | 0,0232 | 0,02994 | 0,0310 | 0,0497 | 0,0205 | 0,0222 | 0,0228 |
| Tiheys (g/cm ³) | 2,25 | 2,7 | 7,8 | 8,9 | 11,3 | 1,29 · 10 ⁻³ | 1 | 2,4 |

8 | Liite

Gammaäteilyn energia-absorption massakertoimia μ_{en}/ρ (cm²/g) eri aineissa (Shleien B, Slaback EA Jr., Birsky BK (editors). Handbook of health physics and radiological health. Third edition. Baltimore, Maryland: Williams & Wilkins, 1998)

| Fotonin energia (MeV) | Vesi | Ilma | Luu | Lihas |
|-----------------------|--------|--------|---------|--------|
| 0,010 | 4,94 | 4,74 | 26,8 | 4,96 |
| 0,015 | 1,37 | 1,33 | 8,39 | 1,40 |
| 0,020 | 0,550 | 0,539 | 3,60 | 0,564 |
| 0,030 | 0,156 | 0,154 | 1,07 | 0,161 |
| 0,040 | 0,0695 | 0,0683 | 0,451 | 0,0719 |
| 0,050 | 0,0422 | 0,0410 | 0,234 | 0,0435 |
| 0,060 | 0,0319 | 0,0304 | 0,140 | 0,0326 |
| 0,080 | 0,0260 | 0,0241 | 0,0690 | 0,0262 |
| 0,10 | 0,0255 | 0,0232 | 0,0459 | 0,0254 |
| 0,15 | 0,0276 | 0,0250 | 0,0318 | 0,0275 |
| 0,20 | 0,0297 | 0,0267 | 0,0300 | 0,0294 |
| 0,30 | 0,0319 | 0,0287 | 0,0303 | 0,0316 |
| 0,40 | 0,0328 | 0,0295 | 0,03069 | 0,0325 |
| 0,50 | 0,0330 | 0,0297 | 0,03073 | 0,0327 |
| 0,60 | 0,0328 | 0,0295 | 0,0305 | 0,0325 |
| 0,80 | 0,0321 | 0,0288 | 0,0297 | 0,0318 |
| 1,0 | 0,0310 | 0,0279 | 0,0287 | 0,0307 |
| 1,5 | 0,0283 | 0,0255 | 0,0262 | 0,0281 |
| 2,0 | 0,0261 | 0,0234 | 0,0242 | 0,0258 |
| 3,0 | 0,0228 | 0,0206 | 0,0214 | 0,0226 |
| 4,0 | 0,0207 | 0,0187 | 0,0198 | 0,0204 |
| 5,0 | 0,0192 | 0,0174 | 0,0186 | 0,0189 |
| 6,0 | 0,0181 | 0,0165 | 0,0179 | 0,0179 |
| 8,0 | 0,0166 | 0,0153 | 0,0169 | 0,0164 |
| 10,0 | 0,0157 | 0,0145 | 0,0164 | 0,0155 |

9 | Liite

Taylorin mallin mukaisen lisäskertoimen parametrit pistelähteelle eri aineissa (Goldstein H. Fundamental aspects of reactor shielding. Addison-Wesley, 1959)

| Aine | Energia (MeV) | A | $-\alpha_1$ | α_2 |
|-------|---------------|---------|-------------|------------|
| vesi | 0,5 | 100,845 | 0,12687 | -0,10925 |
| | 1,0 | 19,601 | 0,09037 | -0,02522 |
| | 2,0 | 12,612 | 0,05320 | 0,01932 |
| | 3,0 | 11,110 | 0,03550 | 0,03206 |
| | 4,0 | 11,163 | 0,02543 | 0,03025 |
| | 6,0 | 8,385 | 0,01820 | 0,04164 |
| | 8,0 | 4,635 | 0,02633 | 0,07097 |
| | 10,0 | 3,545 | 0,02991 | 0,08717 |
| | betoni | 0,5 | 38,225 | 0,14824 |
| 1,0 | | 25,507 | 0,07230 | -0,01843 |
| 2,0 | | 18,089 | 0,04250 | 0,00849 |
| 3,0 | | 13,640 | 0,03200 | 0,02022 |
| 4,0 | | 11,460 | 0,02600 | 0,02450 |
| 6,0 | | 10,781 | 0,01520 | 0,02925 |
| 8,0 | | 8,972 | 0,01300 | 0,02979 |
| 10,0 | | 4,015 | 0,02880 | 0,06844 |
| rauta | | 0,5 | 31,379 | 0,06842 |
| | 1,0 | 24,957 | 0,06086 | -0,02463 |
| | 2,0 | 17,622 | 0,04627 | -0,00526 |
| | 3,0 | 13,218 | 0,04431 | -0,00087 |
| | 4,0 | 9,624 | 0,04698 | 0,00175 |
| | 6,0 | 5,867 | 0,06150 | -0,00186 |
| | 8,0 | 3,243 | 0,07500 | 0,02123 |
| | 10,0 | 1,747 | 0,09900 | 0,06627 |
| | lyijy | 0,5 | 1,677 | 0,03084 |
| 1,0 | | 2,984 | 0,03503 | 0,13486 |
| 2,0 | | 5,421 | 0,03482 | 0,04379 |
| 3,0 | | 5,580 | 0,05422 | 0,00611 |
| 4,0 | | 3,897 | 0,08468 | -0,02383 |
| 6,0 | | 0,926 | 0,17860 | -0,04635 |
| 8,0 | | 0,368 | 0,23691 | -0,05864 |
| 10,0 | | 0,311 | 0,24024 | -0,02783 |

Bergerin mallin mukaisen lisäskertoimen parametrit pistelähteelle ilmassa (Kocher D C. Dose rate conversion factors for external exposure to photons and electrons. NUREG/CR-1918, ORNL/ NUREG-790. Oak Ridge, Tennessee: Oak Ridge National Laboratory, 1981)

| Energia (MeV) | a | b |
|---------------|-------|---------|
| 0,01 | 0,033 | -0,0680 |
| 0,015 | 0,132 | -0,0693 |
| 0,02 | 0,330 | -0,0607 |
| 0,03 | 1,12 | -0,0230 |
| 0,04 | 2,31 | 0,0284 |
| 0,05 | 3,46 | 0,0743 |
| 0,06 | 4,20 | 0,108 |
| 0,08 | 4,46 | 0,151 |
| 0,1 | 4,15 | 0,168 |
| 0,15 | 3,25 | 0,178 |
| 0,2 | 2,70 | 0,172 |
| 0,3 | 2,19 | 0,142 |
| 0,4 | 1,87 | 0,125 |
| 0,5 | 1,68 | 0,106 |
| 0,6 | 1,53 | 0,0946 |
| 0,8 | 1,34 | 0,0745 |
| 1,0 | 1,21 | 0,0604 |
| 1,5 | 0,995 | 0,0373 |
| 2,0 | 0,838 | 0,0242 |
| 3,0 | 0,687 | 0,0100 |
| 4,0 | 0,602 | 0,0032 |
| 5,0 | 0,546 | -0,0012 |
| 6,0 | 0,508 | -0,0029 |
| 8,0 | 0,457 | -0,0035 |
| 10,0 | 0,426 | -0,0033 |

11 | Liite

Eräiden radionuklidien säteilytysnopeus- ja kermanopeusvakiot Γ ja Γ_{δ}

Säteilytysnopeusvakio (eli niin sanottu "gammavakio") voidaan myös arvioida likimääräislausekkeesta

$$\Gamma \cong 3,65 \cdot 10^{-9} \sum_i f_i E_i \frac{\text{Gy m}^2}{\text{MBq h}}$$

Tässä f_i on se osuus hajoamisista, jonka tuloksena syntyy gammavakanti, jonka energia on E_i (MeV). Lauseketta voidaan käyttää energiavälillä 0,06–2 MeV.

Kermanopeusvakiot puolestaan on laskettu säteilytysnopeusvakioista käyttämällä lauseketta $\Gamma_{\delta} \cong \Gamma \cdot (W/e)$, missä W/e on keskimääräinen energiahäviö ilmassa muodostunutta ioniparia ja alkeisvarausta kohti. Lauseke on likimääräinen, koska siinä ei ole otettu huomioon sekundaari-elektronien energiasta jarrutussäteilynä karkaavaa pientä osuutta, joka suurenee gammafotonin energian kasvaessa. Mainittu energiahäviö on noin 0,5 prosenttia, kun gammavantin energia on 2 MeV. $W/e \cong 34 \text{ J/C}$, joten säteilytys 1 C/kg vastaa kermaa 34 Gy.

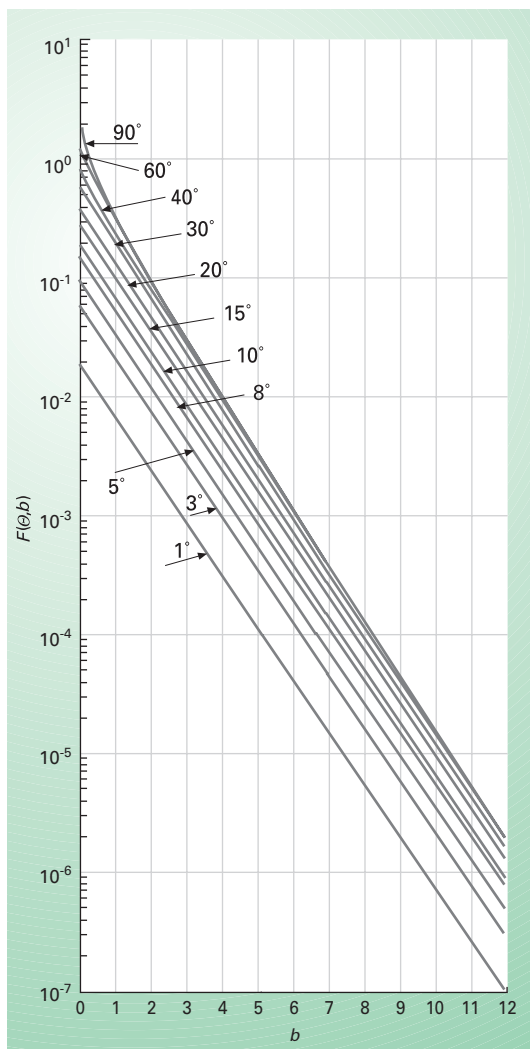
| Nuklidi | Γ ($10^{-9} \cdot (\text{C/kg}) \text{ m}^2/\text{MBq h}$) | Γ_{δ} ($10^{-9} \cdot \text{Gy m}^2/\text{MBq h}$) |
|--|--|---|
| ²² Na | 8,36 | 284 |
| ²⁴ Na | 12,8 | 435 |
| ⁴² K | 1,39 | 47,2 |
| ⁵¹ Cr | 0,111 | 3,77 |
| ⁶⁰ Co | 9,19 | 312 |
| ⁶⁵ Zn | 1,88 | 63,9 |
| ¹²² Sb | 1,67 | 56,7 |
| ¹²⁵ I | 0,487 | 16,5 |
| ¹³¹ I | 1,53 | 52,0 |
| ¹³² I | 9,33 | 317 |
| ¹³⁴ Cs | 6,33 | 215 |
| ¹³⁷ Cs + ^{137m} Ba | 2,30 | 78,1 |
| ¹⁹² Ir | 3,34 | 113 |
| ¹⁹⁸ Au | 1,60 | 54,4 |
| ²⁰³ Hg | 0,905 | 30,7 |
| ²²⁶ Ra ¹ | 5,78 | 196 |
| ²⁴¹ Am | 0,11 | 3,8 |

¹Hajoamistuotteineen, 0,5 mm platinakuori

Sievertin integraali $F(\theta, b)$

Sievertin integraalin taulukoituja arvoja on esimerkiksi teoksessa Abramowitz M, Stegun IA. Handbook of mathematical functions. Ninth printing. New York: Dover Publications, Inc. 1970.

$$F(\theta, b) = \int_0^\theta e^{-b/\cos\theta} d\theta.$$



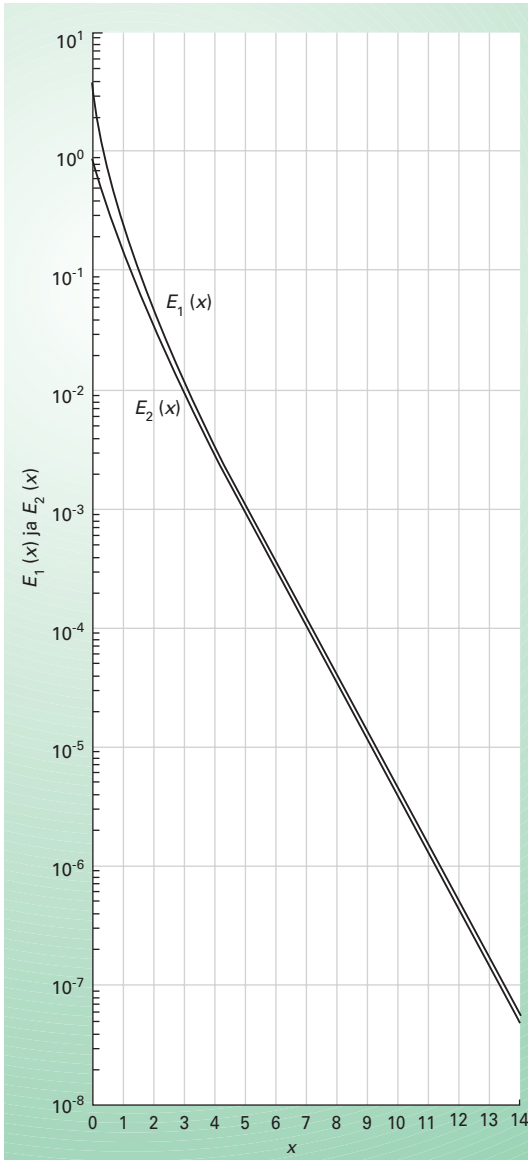
13 | Liite

Eksponentti-integraalit $E_1(x)$ ja $E_2(x)$

Erlaisia eksponentti-integraalien polynomi- yms. approksimaatioita on muun muassa teoksessa Abramowitz M, Stegun I A. Handbook of mathematical functions. Ninth printing. New York: Dover Publications, Inc. 1970.

$$E_1(x) = \int_x^{\infty} t^{-1}e^{-t}dt,$$

$$E_2(x) = x \int_x^{\infty} t^{-2}e^{-t}dt.$$



Hakemisto

A

absorboitunut annos 25, 55, 117, 253, 303
absorptioannosnopeus
47, 303, 312, 323, 331, 341
adheesio 61
adiabaattinen 79
adsorptio 65, 192, 196
aerodynaaminen halkaisija 71, 75
aerosoli 60
aerosolihiukkanen 60
agglomeraatio 69
aktiivihiili 65
aktiivihiilikeräimet 137
aktiivihiilisuodatin 102
aktiivihiilisuodatus 191, 195
aktiivisuuden aikaintegraali 247, 252, 280
aktiivisuusindeksi 337
aktiivisuuspitoisuuden aikaintegraali 70,
80, 87
aktiivisuuspitoisuus 19, 80, 112, 128,
164, 284, 320, 337
aktinon 112, 376
aktivointituote 13, 378
alfa-beeta -erottelu 187
alfaenergia-altistus 118, 153, 285
alfaenergiapitoisuus 115, 151, 285
alfajälki-ilmaisimien 136
alfajälkimenetelmä 123
alfaspektrometria 103, 186
alfasäteily 15, 115, 185, 246, 302
alfasäteilyn painotuskerroin 117
alunaliuske 121
AMAD 71, 262
anioninvaihtohartsit 194
annosekvivalentti 26
annosekvivalenttinopeus 47, 341
annosmuutokerroin 70, 179, 229, 275,
285, 327, 334, 344
annosraja 52, 185, 369
annositouma 27, 101, 227
antropogeeninen radionuklidi 13
auringon aktiivisuus 40, 46
auringonpilkukkumaksimi 40
auringonpilkkuminimi 40
auringonpurkaus 40, 49, 51
aurinkotuuli 39
autoradiografia 104
avaruussäteily 38
Avogadron vakio 18

B

beetaspektrometria 103, 188
beetasäteily 15, 185, 246, 302, 338
bikarbonaatti 170
biologinen puoliintumisaika 17, 271
biosfääri 241
bioturbaatio 221
bitumikermi 150
Brownin liike 67, 73

C

coriolisvoima 77

D

Darcyn laki 156
depositio 17, 73, 89
depositionopeus 89
desorptio 65
deterministinen säteilyhaitta 32, 340
diffuusio 17, 73, 155, 221, 262
diffuusiokerroin 73
dispersio 79
dispersioparametri 83
dosimetria 113, 115

E

EEC-yksikkö 152
efektiivinen annos 26, 115, 179, 254, 334
efektiivinen ekologinen puoliintumisaika
204
efektiivinen puoliintumisaika 272
efektiivisen annoksen kertymä 27, 255,
381, 382, 383
ekologinen tutkimus 180
ekologinen puoliintumisaika 204
ekshalaatio 155, 321
eksponentti-integraali 316, 317, 331, 391
ekstrahoiva uutto 186
ekvivalenttiannoksen kertymä 27, 255, 381
ekvivalenttiannos 26, 253, 340
elektronimikroskooppi 105
elektroaerostus 186
elintarvikkeiden säteilytys 233
emanaatiotekijä 153
energia-absorption massakerroin 303, 386
energiansiirtokyky 47, 55
enimmäisarvo 140, 185, 320
enimmäispitoisuus 165, 185, 232
epidemiologia 113

epidemiologinen tutkimus 118
etsaus 135
evakuointi 364, 366, 368

F

fantomi 250
Fickin laki 155
fissio 13, 99
fotonikertymänopeus 303
fotonituottonopeus 310
fuusio 13
fysikaalinen hajoamisvakio 258
fysisorptio 65

G

galaktinen säteily 38, 39
gammaskpektrometria 103, 186, 343
gammäsäteily 15, 246, 302
Gaussin jakauma 82
geigermittari 104, 105, 186, 342
graniitti 123, 176

H

hadronikaskadi 43
hajoamissarja 12, 377
hajoamisvakio 18
hapetusaste 169
Henryn laki 153
heterogeeninen nukleaatio 64
hiukkaskertymänopeus 39, 302
homogeeninen nukleaatio 64
huokosilma 120, 140, 154
hydrologinen kierto 222
hygrokooppiininen 65

I

IAEA 238
ICRP 53, 238, 248, 249, 255, 261, 363
ilmanvaihtokorjaus 148
ilmanvaihtuvuus 87
ilmastusmenetelmä 189
imeytymiskerroin 259
impaktio 74
impaktori 102
indikaattorikasvi 216
INES 355
inversiokerros 79
ionikromatografinen menetelmä 186
ioninvaihto 186, 194
ionisaatiokammio 137, 185

J

jakaantumismvakio 206
jatkuva toiminen radonmittari 135

jodi 66, 87, 290, 367
joditabletin suojauskerroin 290
joditabletti 290, 367

K

kalkkipihemmennys 193
kalvosuodatin 102
kalvosuodatus 196
kationinvaihto 186
kationinvaihtohartsit 195
kaukolaskeuma 100
keinotekoinen radionuklidi 13, 378
Kelvinin efekti 64
kemiallinen myrkyllisyys 184
kemisorptio 65
kerma 25
kermanopeuskerroin 334
kermanopeusvakio 312, 389
keuhkoabsorptioluokka 267
keuhkosyöpä 112, 183
kevytsoraharkko 121, 130
kilpirauhanen 18, 257, 276, 290, 367
kilpirauhassyöpä 33, 363, 367
kinemaattinen koagulaatio 67
koagulaatio 68, 194
koagulaatiokerroin 68
kohde-elin 246
kohorttitutkimus 118
kokonaisalfapitoisuus 164
kollektiivinen annos 27, 31, 202
koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä 131
konvektio 17
kosminen säteily 12, 38, 321
kosmogeeninen radionuklidi 12, 38, 45, 60, 203
kotieläintuotannon suojaaminen 368
kriittinen ryhmä 225, 239
kudosten painotuskerroin 26, 117, 254
kuitusuodatin 101
kuivalaskeuma 77, 89
kulkurajoitus 368
Kusnetzin ja Tsvigoloun menetelmä 138
kuuma hiukkanen 76, 97, 104, 338
kyllästyshöyrynpaine 63
käänteisosmoosi 197

L

labiili 79
laimennuskerroin 80
laskeuma 89, 204, 288, 334
laskeumakartoitus 345
lisäyskerroin 318, 387, 388
Lucasin kammio 137, 186

lukumääräpitoisuus 68
luonnon radionuklidi 12, 374
luonnon ydinreaktori 13
lähde-elin 246
lähdekaivo 165
lähilaskauma 100
läpäisemätön säteily 246
läpäisevä säteily 246

M

maanvarainen laatta 130
maaperän läpäisevyys 156
mahasyöpä 181
massarelaksaatiokerroin 329
massaspektrometria 104, 186
massavaimennuskerroin 331, 385
matkarelaksaatiokerroin 329
matkavaimennuskerroin 303
metabolia 249
mineraalivesi 179
MIRD 248
monodispersiivinen 68
moolimassa 18, 69
murtovesi 224
muuntokerroin 117, 150, 320
märkälaskauma 77, 91

N

nanosuodatus 196
NCRP 52
nestetuikelaskenta 186
neutraali 80
neutroniaktiivointi 13
neutronikaappaus 13
NTP-olosuhde 70
nukleaatio 62

O

ohjeellinen toimenpidetaso 235, 365
operatiivinen toimenpidetaso 365
osapaine 62
osoitinmuuttuja 233
otantatutkimus 122

P

painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä 131
Pasquill-luokittelu 80
pesukerroin 91
Pfozterin maksimi 44
pienhiukkanen 60
pintaloukkumenetelmä 139
pintalähde 315, 329
pintatuuli 78
pintavesi 17, 164, 219

pistelähde 310
pohjavesi 17, 164, 222
poistoilmanvaihtojärjestelmä 131
poistumisnopeusvakio 265
porakaivo 122, 165
potentiaalinen alfaenergia 152, 285
potentiaalinen alfaenergiapitoisuus 115
primaarihiukkanen 39, 303
primaarisäteily 54, 303
primordiaalinen radionuklidi 12, 320
puoliintumisaika 18, 69, 204, 271, 272

R

raakavesi 166, 236
radiumemanaatio 114
radonennuste 123
radonimuri 143
radonkaivo 145
radonkartoitus 122
radonmittauspurkki 136
radonmittaussuunnitelma 123
radonputkisto 150
raja-arvo 184
rakennusmaan yleispiirteinen radonluokitus 123
rakennusmateriaalit 121, 320, 323, 337
rakenteiden tiivistäminen 146
rapakivi 124, 177
rekyylienergia 153, 169
rekyyliydin 116
relaksaatiosyvyys 329, 343
rengaskaivo 122, 165
resuspensio 62, 220, 223
retentio- eli pidättymisfunktio 270
retrospektiivinen radonmääritys 139
reunajäykistetty laatta 130, 149
reunamuodostuma 124
rosoisuusparametri 83
ryömintätila 129, 147
röntgensäteily 15, 105, 305

S

saanto 273, 278
saostus 186, 194
sekoituskorkeus 82, 83
sekundaarihiukkanen 25, 43, 305
sekundaarisäteily 43, 305
seurantatutkimus 113
Sievertin integraali 314, 318, 390
siirtokerroin 158
siirtotekijä 204, 227
siirtymisnopeusvakio 257, 265
sinkkisulfidi-ilmaisoin 137
sinkkisulfidilaskuri 186

sisäinen säteily 14, 246
sisälle suojautuminen 366
sokkeli 130
spallaatio 45
spesifinen efektiivinen energia 250
spontaani fissio 13
SR-luokka 268
stabiilius 79
stratosfääri 16, 45, 100
suihkutusilmastus 190
suodatus 101, 192, 194
suojavyöhyke 365
suojelutoimenpide 366
sähkömagneettinen kaskadi 44
säteilykartoitus 344
säteilyn painotuskerroin 26, 250, 341
säteilysuojus 303, 310
säteilytysnopeus 312, 341
säteilytysnopeusvakio 312, 389

T

taannehtiva radonmääritys 139
talousvesi 121, 158, 164
tapaus-verrokkitutkimus 113, 180
tasapaino 151, 167
tasapainosuhte 152
taustasäteily 30, 319, 325, 341
tekopohjavesi 166
TEPC 54
termiikki 78
terminen koagulaatio 67
terveyshaitta 32, 112, 180, 362
tiivistyminen 64
tiivistäminen 146, 367
tilavuusloukkumenetelmä 139
toimenpidearvo 142, 236, 337
torni-ilmastus 190
toron 112, 151, 376
transuraani 13, 203
tropopaussi 46, 100
troposfääri 20, 46, 77, 100
tuikeilmaisoin 102, 105, 137
tuikelios 186
turbulenssi 79
turbulenti diffuusio 74, 90
tuulettuva alapohja 129, 147

U

ulkoinen säteily 14, 302, 365
ulkoisen säteilyn valvontaverkko 342
UNCED 237
UNSCEAR 21, 101, 227, 279

V

valubetoni 130
Van Allenin vyöhyke 50
vapaa putoamisnopeus 74, 89
varautumisalue 365
verrannollisuuslaskuri 105, 186
vesilaitos 165, 183
viivalähde 314
vuorisairaus 114
vältetty annos 364

W

WHO 183
WLM (working level month) 152