

1. YLEISTIETOA

1.1. Korko- ja annuiteetilaskelmat

Kertasuorituksen diskontointi

Kun kertasuoritukseen k lisätään kunkin vuoden (laskentakauden) lopussa korko p %, kasvaa alkuperäinen pääoma t vuodessa (kaudessa) arvoon K

$$K = k \alpha^t,$$

$$\text{jossa } \alpha = 1 + p/100. \quad (1)$$

Tulevaisuudessa suoritettavan erän k diskontattu arvo K , t vuotta aikaisemmin, saadaan samasta kaavasta sijoittamalla aika t negatiivisena

$$(\alpha^{-t} = 1/\alpha^t) \quad (2)$$

Toistuvaissuoritusten diskontointi

Kun t vuoden (kauden) aikana jokaisen vuoden (kauden) lopussa suoritetaan summa k mk, on näiden suoritusten nykyarvo ensimmäisen vuoden alussa N

$$N = k a_t,$$

$$\text{jossa } a_t = \frac{1}{1 + \frac{p}{100}} + \left(\frac{1}{1 + \frac{p}{100}} \right)^2 + \dots + \left(\frac{1}{1 + \frac{p}{100}} \right)^t = \frac{100}{p} (1 - \alpha^{-t}).$$

Jos suoritus tapahtuu jo vuoden alussa, on nykyarvo

$$N = (a_{t-1} + 1) k. \quad (3)$$

Näitä kaavoja käytetään mm. sähkökoneiden häviökustannusten kapitaloimiseen.

Esimerkki 1:

Vuosina 1990 – 1999 on jokaisen vuoden lopussa maksettava 5000 mk. Näiden maksujen nykyarvo on vuoden 1990 alussa 6 % koron mukaan $5000 a_t = 5000 \times 7,360 = 36800$ mk. Kun t vuoden aikana jokaisen vuoden lopussa suoritetaan summa k , on näiden suoritusten loppuarvo korkoineen

$$K = k \cdot a_t \cdot \alpha^t.$$

Jos suoritus tapahtuu vuoden alussa, arvo on

$$K = k \cdot a_t \cdot \alpha^{t+1}.$$

Esimerkki 2:

Seitsemän vuoden aikana on jokaisen vuoden alussa maksettu 1000 mk. 5 % koron mukaan on suoritusten loppuarvo seitsemännen vuoden lopussa

$$1000 a_t (1 + 5/100)^8 = 1000 \cdot 5,786 \cdot 1,477 = 8506 \text{ mk}$$

α^t ja a_t :n arvot saadaan taulukosta 1.1a.

Määräsumman suoritus vakioerinä.

Kun alkuaan K :n suuruinen summa suoritetaan t vuoden kuluessa vuosittaisina vakioerinä s (annuiteetti) kunkin vuoden lopussa, on vakioerän suuruus

$$s = \frac{K}{a_t} \quad (4)$$

n :n vuoden lopussa annuiteetti s jakautuu korko-osuuteen r

$$r = s \frac{p}{100} a_{t+n-1} \quad (5)$$

ja kuoletusosuuteen, jonka suuruus on $s - r$. Jäljelle jäävä osa K :sta on n :n vuoden annuiteetmaksun jälkeen

$$a_{t-n} s = K \frac{a_{t-n}}{a_t}. \quad (6)$$

Esimerkki 3:

10000 mk:n velka kuoletetaan 10 vuodessa 5 %:n korolla.

Vuosittainen annuiteetti on

$$\frac{10000}{a_{10}} = \frac{10000}{7,722} = 1295 \text{ mk}$$

(kts. taulukko 1.1a.) Seitsemännän vuoden lopussa maksetusta 1295 mk:n annuiteetista on korkoa $0,05 \times 3,546 \times 1295 \text{ mk} = 230 \text{ mk}$. Loppu annuiteetista eli 1065 mk on lyhennystä. Kahdeksannen vuoden alussa on lainasta jäljellä $a_1 1295 = 2,723 \times 1295$ eli 3526 mk.

MS Excel:issa on funktiot ao. suureille, eli:

PV(rate, nper, pmt, fv, type)

Antaa tulokseksi investoinnin nykyarvon.

Syntaksi:

rate = korko per aikayksikkö. Esim, jos laskennallinen korko on 10 % vuodessa ja maksu tapahtuu kuukausittain, on Rate-muuttuja $10\%/12 = 0.83\%$ eli 0.0083

nper = jaksojen kokonaislukumäärä, joilla maksu tapahtuu. Esim., jos lainan kokonaiskesto on 4 vuotta ja sitä maksetaan kuukausittain, jaksojen lukumäärä on 4×12 eli 48

pmt = on maksun suuruus per jakso. Maksu ei voi muuttua kokonaissuorituksen aikana. Tyypillisesti pmt sisältää koron ja lyhennyksen, mutta ei muita maksuja tai veroja. Esim.

Kuukausittaiset maksut 10000 mk lainalle 12 % korolla 4 vuoden maksuajalla on 263.33 FIM, josta sijoitettaisiin pmt:n arvoksi

fv...on tuleva arvo, eli talletus, joka pitää saavuttaa kun viimeinen suoritus on maksettu. Mikäli fv jätetään tyhjäksi se oletetaan nolaksi (lainan tuleva arvo on nolla). Esim, jos haluat säästää 50.000 18 vuodessa, fv:n arvo on 50.000. Tällöin voit tehdä varovaisen arvion korolle ja määrittellä paljonko pitää säästää kuukaudessa.

type = on 0 tai 1 ja määrittelee tapahtuuko maksu jakson alussa tai lopussa. 1 = maksu tapahtuu jakson alussa, 0 tai poissa = maksu tapahtuu jakson lopussa

Varmista että rate:n ja nper:n määrittämisessä käyttämäsi yksiköt ovat yhteismitallisia. Mikäli 4 vuoden 12 %:in lainaa maksetaan kuukausittain, rate on 12%/12 ja nper 4*12. Mikäli maksut tapahtuvat vuosittain, rate on 12 % ja nper 4

Muita funktioita

FV(rate, nper, pmt, pv, type)

Laskee tulevaisuudessa suoritettavien maksujen tulevan arvon. Muuttujat kuten edellä pv on nykyarvo, arvo josta lähdetään. Mikäli se jätetään pois se oletetaan nolaksi.

PMT(rate, nper, pv, fv, type)

Laskee säännöllisen maksusuorituksen suuruutta

Muuttujat kuten edellä

RATE(nper, pmt, pv, fv, type, guess)

Laskee koron säännöllisille maksuille, jotka alkavat arvosta pv ja loppuvat arvoon fv.

Guess on laskennan lähtöarvaus.

HUOM. Mikäli ei ole olemassa ratkaisua, funktio antaa virheilmoituksen #NUM

Taulukko 1.1a. Koron korko- ja toistuvaissuorituslaskuissa esiintyvien tekijöiden α^t ja a_t numeroarvoja.

p=	4 %		5 %		6 %		7 %		8 %	
t	α^t	a_t	α^t	a_t	α^t	a_t	α^t	a_t	α^t	a_t
1	1,04	0,9615	1,0500	0,9524	1,0600	0,9434	1,0700	0,9346	1,0800	0,9259
2	1,0816	1,8861	1,1025	1,8594	1,1236	1,8334	1,1449	1,8080	1,1664	1,7833
3	1,1249	2,7751	1,1576	2,7232	1,1910	2,6730	1,2250	2,6243	1,2597	2,5771
4	1,1699	3,6299	1,2155	3,5460	1,2625	3,4651	1,3108	3,3872	1,3605	3,3121
5	1,2167	4,4518	1,2763	4,3295	1,3382	4,2124	1,4026	4,1002	1,4693	3,9927
6	1,2653	5,2421	1,3401	5,0757	1,4185	4,9173	1,5007	4,7665	1,5869	4,6229
7	1,3159	6,0021	1,4071	5,7864	1,5036	5,5824	1,6058	5,3893	1,7138	5,2064
8	1,3686	6,7327	1,4775	6,4632	1,5938	6,2098	1,7182	5,9713	1,8509	5,7466
9	1,4233	7,4353	1,5513	7,1078	1,6895	6,8017	1,8385	6,5152	1,9990	6,2469
10	1,4802	8,1109	1,6289	7,7217	1,7908	7,3601	1,9672	7,0236	2,1589	6,7101
15	1,8009	11,118	2,0789	10,379	2,3966	9,7122	2,7590	9,1079	3,1722	8,5595
20	2,1911	13,590	2,6533	12,462	3,2071	11,469	3,8697	10,594	4,6610	9,8181
25	2,6658	15,622	3,3864	14,093	4,2919	12,783	5,4274	11,653	6,8485	10,6748
30	3,2434	17,292	4,3219	15,372	5,7435	13,764	7,6123	12,409	10,0627	11,2578
40	4,8010	19,792	7,0400	17,159	10,2857	15,046	14,974	13,331	21,7245	11,9246
50	7,1067	21,482	11,467	18,255	18,4202	15,761	29,457	13,800	46,9016	12,2335

Taulukko 1.1a. (jatkuu)

p=	9 %		10 %		12 %		14 %		16 %	
t	α^t	a_t	α^t	a_t	α^t	a_t	α^t	a_t	α^t	a_t
1	1,0900	0,9174	1,1000	0,9091	1,1200	0,8929	1,1400	0,8772	1,1600	0,8621
2	1,1881	1,7591	1,2100	1,7355	1,2544	1,6901	1,2996	1,6467	1,3456	1,6052
3	1,2950	2,5313	1,3310	2,4869	1,4049	2,4018	1,4815	2,3216	1,5609	2,2459
4	1,4116	3,2397	1,4641	3,1699	1,5735	3,0373	1,6890	2,9137	1,8106	2,7982
5	1,5386	3,8897	1,6105	3,7908	1,7623	3,6048	1,9254	3,4331	2,1003	3,2743
6	1,6771	4,4859	1,7716	4,3553	1,9738	4,1114	2,1950	3,8887	2,4364	3,6847
7	1,8280	5,0330	1,9487	4,8684	2,2107	4,5638	2,5023	4,2883	2,8262	4,0386
8	1,9926	5,5348	2,1436	5,3349	2,4760	4,9676	2,8526	4,6389	3,2784	4,3436
9	2,1719	5,9952	2,3579	5,7590	2,7731	5,3282	3,2519	4,9464	3,8030	4,6065
10	2,3674	6,4177	2,5937	6,1446	3,1058	5,6502	3,7072	5,2161	4,4114	4,8332
15	3,6425	8,0607	4,1772	7,6061	5,4736	6,8109	7,1379	6,1422	9,2655	5,5755
20	5,6044	9,1285	6,7275	8,5136	9,6463	7,4694	13,743	6,6231	19,4608	5,9288
25	8,6231	9,8226	10,834	9,0770	17,0001	7,8431	26,461	6,8729	40,8742	6,0971
30	13,267	10,273	17,449	9,4269	29,9599	8,0552	50,950	7,0027	85,8499	6,1772
40	31,409	10,757	45,259	9,7791	93,0510	8,2438	188,88	7,1050	378,7212	6,2335
50	74,357	10,961	117,39	9,9148	289,002	8,3045	700,23	7,1327	1670,703	6,2463

1.2. Kreikkalaiset aakkoset

alfa	A	α	ny	N	n
beta	B	β	ksi	Ξ	ξ
gamma	Γ	γ	omikron	O	o
delta	Δ	δ	pi	Π	π
epsilon	E	ϵ	rho	P	ρ
zeta	Z	ζ	sigma	Σ	σ
eta	H	η	tau	T	τ
theta	Θ	θ	ypsilon	Y	υ
iota	I	ι	fi	Φ	ϕ
kappa	K	κ	phi	X	χ
lambda	Λ	λ	psi	Ψ	ψ
my	M	μ	omega	Ω	ω

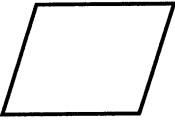
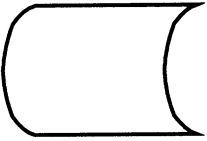
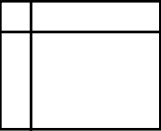
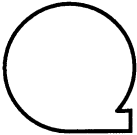
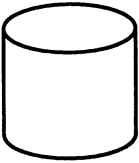



1.3. Vuokaaviosymbolit




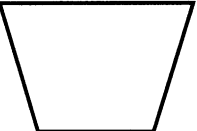

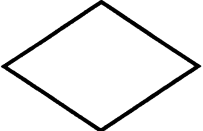
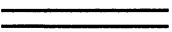
(SFS 5807 (1989) mukaan)

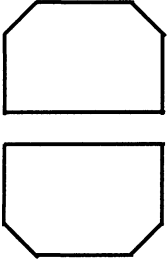

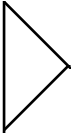
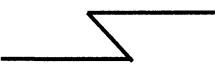



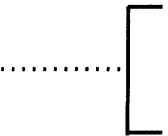

Seuraavia symboleita käytetään tietotekniikan vuokaavioissa, joita ovat:

TIETOVUOKAAVIO	esittää tiedon kulun, käsittelyn vaiheet ja käytetyt tietovälineet
OHJELMAVUOKAAVIO	esittää ohjelman toimenpiteiden järjestyksen
JÄRJESTELMÄVUOKAAVIO	esittää järjestelmän toimenpiteiden suorituksen ja järjestelmän tiedon kulun
OHJELMAVERKKOKAAVIO	esittää ohjelmien läynnistyksen polun (/järjestyksen) ja vuorovaikutuksen niihin liittyvän tiedon kanssa. Kukin ohjelma on esitetty vain kerran, kun taas järjestelmävuokaaviossa se voi esiintyä useammassa kuin yhdessä ohjausvuossa.
JÄRJESTELMÄRESURSSIKAAVIO	esittää jonkin ongelman tai ongelmajoukon tietoalkoiden ja käsittely-yksiköiden kokoonpanon.

Taulukko 1.3a. Perussymbolit

Symboli	Nimi
TIETOSYMBOLIT	
	Tieto Symboli esittää tietoa. Tietoväline jää määrittelemättä
	Talletettu tieto Symboli esittää tietoja käsittelyä varten sopivassa muodossa säilytettynä. Tietoväline jää määrittelemättä
ERITYISSYMBOLIT	
	Keskusmuisti Symboli esittää tietoa, joka on tallennettu keskusmuistiin
	Symboli esittää tietoa, jota voidaan käsitellä ainoastaan peräkkäisesti, esim. magneettinauha, nauhakasetti tai kasettinauha
	Suorasaantimuisti Symboli esittää tietoa, joka on suoraan käsiteltävissä. Tietoväline voi olla esim. magneetilevy tai -levyke.
	Dokumentti Symboli esittää ihmisen luettavissa olevaa tietoa. Tietoväline voi olla esim. kirjoittimen tuloste, optisesti luettavissa oleva asiakirja tai mikrotuloste, mikrofilmi, kassakoneen kuitti tai tedonkeruulomake.
	Käsinsyöttö Symboli esittää tietoa, joka syötetään käsin. Tieto voidaan syöttää missä tahansa käsittelyn vaiheessa. Syöttölaite voi olla esim. näppäimistö, kytkin, painonappi, hiiri, valokynä tai juovakoodinlukija.
	Kortti Symboli esittää tietoa. Tietoväline on kortti, esim. reikäkortti, magneettikortti tai viivantuntokortti.

Symboli	Nimi
	Näyttö. Symboli esittää tietoa. Tietoväline näyttää tiedon ihmisen ymmärtämässä muodossa, esim näyttöruudulla tai merkkivalona.
KÄSITTELYSYMBOLIT Peruskäsittelysymbolit 	Käsittely Symboli esittää mitä tahansa käsittelyä, esim. määrätyn toiminnon tai toimintasarjan suoritusta, jolla muutetaan tiedon arvoa, muotoa tai paikkaa tai valitaan jokin vaihtoehtoisista etenemissuunnista
Erityiskäsittelysymbolit 	Ennalta määritelty käsittely Symboli esittää nimettyä käsittelyä, joka muodostuu useasta, muualla määritellystä toiminnosta tai ohjelma-askeleesta. Esimerkiksi aliohjelma tai moduli.
	Manuaali käsittely Symboli esittää mitä tahansa ihmisen suorittamaa käsittelyä.
	Asettelu Symboli esittää yhden tai useamman myöhempään toimintaan vaikuttavan ohjeen /käskyn muuttamista, esim. kytkimen asettamista, indeksirekisterin arvon muuttamista tai rutiinin alustusta.
	Valinta Symboli esittää valintaa tai kytkentää, jossa on yksi sisäänmeno, mutta vaihtoehtoisia ulostuloja. Ulostuloista voidaan valita vain yksi ja valinta tapahtuu symbolissa esitetyn ehdon arvon perusteella.
	Rinnakaistominta Symboli esittää kahden tai useamman rinnakaisen toiminnan tahdistusta

Symboli	Nimi
	<p>Silmukkarajat</p> <p>Kaksiosainen symboli esittää silmukan alkua ja loppua. Symbolin molemmilla osilla on sama tunniste.</p>
<p>VUOVIIVAT</p> <p>Perusvuoviivat</p> 	<p>Perusvuoviiva</p> <p>Symboli esittää tiedon tai ohjauksen kulkua</p>
<p>Erytysvuoviivat</p> 	<p>Ohjauksen siirto</p> <p>Symboli esittää käsittelysuorituksen välitöntä siirtoa käsittelystä toiseen. Esim kutsu, nouto tai tapahtuma.</p>
	<p>Tiedonsiirtoyhteys</p> <p>Symboli esittää tiedon siirtoa tietoliikenneyhteyden avulla.</p>
	<p>Katkoviiva</p> <p>Symboli esittää vaihtoehtoista suhdetta kahden tai useamman symbolin välillä.</p>
<p>Erytissymbolit</p> 	<p>Liitin</p> <p>Symboli esittää menotietä toiseen käsittelyyn tai tulotietä toisesta käsittelystä samassa vuokaaviossa. Toisiaan vastaavat symbolit merkitään samalla yksikäsitteisellä tunnisteella</p>
	<p>Rajoitin</p> <p>Symboli esittää menotietä ulkoiseen tai tulotietä ulkoisesta ympäristöstä, esim. ohjelmavuon loppuna tai alkuna, tiedon alkuperää tai ulkoista käyttöä</p>
	<p>Selite</p> <p>Symbolia käytetään kaaviota selittävien huomautusten esittämiseen.</p>
	<p>Piilotus</p> <p>Symbolia (kolme pistettä) käytetään esittämään poisjättämistä, kun symbolien tyyppi tai lukumäärä ei ole tärkeä.</p>

1.4. Matemaattisia kaavoja ja funktioita

Eulerin kaavat

$$e^{j\varphi} = \cos \varphi + j \sin \varphi$$

$$e^{-j\varphi} = \cos \varphi - j \sin \varphi$$

$$\sin \varphi = \frac{1}{2} (e^{j\varphi} - e^{-j\varphi})$$

$$\cos \varphi = \frac{1}{2} (e^{j\varphi} + e^{-j\varphi})$$

Hyperboliset funktiot

$$\sinh x = \frac{1}{2} (e^x - e^{-x})$$

$$\cosh x = \frac{1}{2} (e^x + e^{-x})$$

$$\tanh x = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}}$$

$$\coth x = \frac{e^x + e^{-x}}{e^x - e^{-x}}$$

Logaritmien muuntaminen

Luonnolliset logaritmit (kantaluku $e = 2,71828\dots$) voidaan muuntaa Briggsin logaritmeiksi (kantaluku 10) kertomalla luvulla $M = \lg e = 0,43429$.

$$\lg a = M \ln a, \quad \ln a = \frac{1}{M} \lg a$$

Joukko-oppi

Taulukko 1.4a. Joukko-opin merkintöjä (SFS 3100 mukaisesti).

Merkintä	Merkinnän käyttö	Merkitys ja nimitys	Huomautuksia
\wedge	$p \wedge q$	p ja q (konjunktio)	Voidaan merkitä myös $X - Y$
\vee	$p \vee q$	p tai q (disjunktio)	
\exists	$\exists x: p(x)$	on olemassa x siten, että $p(x)$ pätee	
\cap	$X \cap Y$	Joukkojen X ja Y leikkaus	
\cup	$X \cup Y$	Joukkojen X ja Y yhdiste	
\setminus	$X \setminus Y$	Joukkojen X ja Y erotus	
\subset	$X \subset Y$	X on Y :n osajoukko	
$\not\subset$	$X \not\subset Y$	X ei ole Y :n osajoukko	
\in	$x \in X$	x on X :n alkio	
\notin	$x \notin X$	x ei ole X :n alkio	
\emptyset		tyhjä joukko	
$\{, \dots, \}$	$\{x_1, \dots, x_n\}$	alkioiden x_1, \dots, x_n muodostama joukko	
$\{ \}$	$\{x p(x)\}$	niiden alkioiden x joukko, joille pätee $p(x)$	

Boolean algebra

Boolean algebra on symboliseen logiikkaan lukeutuva matematiikan haara, jota käytetään mm. suunniteltaessa tietokoneen virtapiirejä.

Boolean algebran perustoimitukset ovat yhteenlasku, kertolasku ja invertointi (negaatio). Boolean algebrassa käytetään kahta merkkiä: 0 ja 1. Perustoimitukset ovat:

1. Looginen yhteenlasku (Boolean 'TAI') (OR)

$$0+0 = 0$$

$$0+1 = 1$$

$$1+0 = 1$$

$$1+1 = 1$$

2. Looginen kertolasku (Boolean 'JA') (AND)

$$0 \times 0 = 0$$

$$0 \times 1 = 0$$

$$1 \times 0 = 0$$

$$1 \times 1 = 1$$

3. Invertointi (Boolean 'EI')(NOT)

$$\bar{0} = 1 \quad (\text{'EI' } 0 = 1)$$

$$\bar{1} = 0 \quad (\text{'EI' } 1 = 0)$$

Tässä eivät siis (+)-merkki ja (x)-merkki tarkoita tavanomaista yhteen- ja kertolaskua.

Luotettavuus- ja käytettävyyshfunktiot

Vikajakautumafunktio $F(t)$ ilmoittaa todennäköisyyden sille, että yksikkö viottuu ennen ajan hetkeä t .

$F(t) = P(\tau < t)$, missä τ = vioittumishetki (= vioittumiseen kuluva aika).

Luotettavuusfunktio $R(t)$ ilmoittaa todennäköisyyden jolla yksikkö toimii ajan t .

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\int_0^t z(x) dx}, \quad (7)$$

jossa vikataajuusfunktio $z(t) = \frac{dF(t)}{1 - F(t) dt}$.

Yksikön käytettävyydellä tarkoitetaan todennäköisyyttä, että yksikkö toimii hetkellä t , merkitään $A(t)$. Kun kysymys on yksiköstä, joka toimii ensimmäiseen vikaansa asti, ovat käytettävyys ja luotettavuus yhtä suuret. Kun korjausmahdollisuus otetaan huomioon ei luotettavuus muutu, mutta käytettävyys suurenee. Keskimääräinen vioittumisaika on

$$m_F = \int_0^{\infty} [1 - F(t)] dt. \quad (8)$$

Keskimääräinen korjausaika on

$$m_R = \int_0^{\infty} [1 - G(t)] dt, \quad (9)$$

jossa $G(t)$ on korjausaikojen jakautuma. Tällöin

$$A(t) = \sum_{n=0}^{\infty} P(B_n) \quad (10)$$

Tapahtuma B_n tarkoittaa, että hetkeen t mennessä on suoritettu n korjausta ja yksikkö toimii hetkellä t ($n + 1$:nen vika ei ole vielä syntynyt).

$$A(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} A(t) = \frac{m_F}{m_F + m_R}, \quad (11)$$

ilmaisee yksikön keskimääräisen toiminta-ajan suhteen kokonaisaikaan.

Tilastomatemattisia kaavoja

Havaintomateriaalin $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$.

Keskiarvo $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$.

Varianssi $s^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$.

Keskihajonta $s = \sqrt{s^2}$.

Normaalijakautuman (Gaussin funktion) tiheysfunktio (yleinen muoto)

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (12)$$

jossa m = jakautuman keskiarvo ja σ keskihajonta.

Normaalijakautuman summafunktio (yleinen muoto)

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(t-m)^2}{2\sigma^2}} dt. \quad (13)$$

Taulukko 1.4b. Standardisoitu normaalijakautuma.

x	F(x)	f(x)
0	0,5	0,398942
0,1	0,539828	0,396953
0,2	0,57926	0,391043
0,3	0,617911	0,381388
0,4	0,655422	0,36827
0,5	0,691462	0,352065
0,6	0,725747	0,333225
0,7	0,758036	0,312254
0,8	0,788145	0,289692
0,9	0,81594	0,266085
1	0,841345	0,241971
1,1	0,864334	0,217852
1,2	0,88493	0,194186
1,3	0,903199	0,171369
1,4	0,919243	0,149727
1,5	0,933193	0,129518
1,6	0,945201	0,110921
1,7	0,955435	0,094049
1,8	0,96407	0,07895
1,9	0,971284	0,065616

x	F(x)	f(x)
2	0,97725	0,053991
2,1	0,982136	0,043984
2,2	0,986097	0,035475
2,3	0,989276	0,028327
2,4	0,991802	0,022395
2,5	0,99379	0,017528
2,6	0,995339	0,013583
2,7	0,996533	0,010421
2,8	0,997445	0,007915
2,9	0,998134	0,005953
3	0,99865	0,004432
3,1	0,999032	0,003267
3,2	0,999313	0,002384
3,3	0,999517	0,001723
3,4	0,999663	0,001232
3,5	0,999767	0,000873
3,6	0,999841	0,000612
3,7	0,999892	0,000425
3,8	0,999928	0,000292
3,9	0,999952	0,000199
4	0,999968	0,000134

($\sigma = 1, m = 0$)

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt, \quad f(x) = F'(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (14)$$

Jos $x < 0$ käytetään kaavoja

$$F(-x) = 1 - F(x), \quad f(-x) = f(x) \quad (15)$$

MS Excel:ssä on valmis kaava $F(x)$:lle nimeltään NORMSDIST(x), jossa x on arvo, jolle halutaan $F(x)$:n arvo laskea.

MS Excel:stä löytyy myös suuri määrä muita tilastotieteen kaavoja valmiina.

1.5. Suureet ja mittayksiköt

Kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä

Suomessa on vuoden 1978 alusta alkaen käytetty lähes yksinomaan SI-järjestelmään perustuvia mittayksiköitä. SI on lyhennys sanoista *Système International d'Unités* (Kansainvälinen mittayksikköjärjestelmä) ja sen hyväksyi 11. yleinen paino- ja mittakongressi Pariisissa v. 1960. Kansainväliseen yksikköjärjestelmään kuuluvia SI-yksiköitä ovat perusyksiköt, täydennysyksiköt ja johdannaisyksiköt. Lisäksi tietyillä erikoisaloilla on käytössä sellaisia yksiköitä, joita saadaan edelleen käyttää, vaikka ne eivät kuuluukaan SI-yksiköihin. Näitä yksiköitä kutsutaan lisäyksiköiksi.

Taulukko 1.5a. Perusyksiköt.

	SI-yksikkö		
	tunnus	yksikkö	tunnus
pituus	<i>l</i>	metri	m
massa	<i>m</i>	kilogramma	kg
aika	<i>t</i>	sekunti	s
sähkövirta	<i>I</i>	ampeeri	A
lämpötila	<i>T</i>	kelvin	K
ainemäärä, hiuk- kasmäärä valo- voima	<i>n</i>	mooli	mol
	<i>I</i>	kandela	cd

SI-järjestelmässä on seitsemän perusyksikköä, jotka on määritelty fysikaalisesti ja joiden avulla järjestelmän muut yksiköt voidaan ilmaista.

Taulukko 1.5b. SI-järjestelmän johdannaisyksiköt, joilla on erityisnimi.

Suure	SI-yksikkö		
	nimi	tunnus	selitys
tasokulma	radiaani	rad	1 rad=1 m/m
avaruuskulma	steradiaani	Sr	1 sr=1 m ² /m ²
taajuus	hertsi	Hz	1 Hz=1/s
voima	newton	N	1 N=1 kgm/s ²
paine, jännitys	pascal	Pa	1 Pa=1 N/m ²
energia, työ	joule	J	1 J=1 Nm
teho	watti	W	1 W=1 J/s
celsiuslämpötila	celsiusaste	°C	1 °C =1 K
sähkövaraus	coulombi	C	1 C=1 As
jännite	voltti	V	1 V=1 W/A
kapasitanssi	faradi	F	1 F=1 As/V
resistanssi	ohmi	Ω	1 Ω=1 V/A
konduktanssi	siemens	S	1 S=1Ω ⁻¹
magneettivuo	weber	Wb	1 Wb=1 Vs
magneettivuon tiheys	tesla	T	1 T=1 Wb/m ²
induktanssi	henry	H	1 H=1 Vs/A
valovirta	lumen	lm	1 lm=1 cd*sr
valaistusvoimakkuus	lux	lx	1 lx=1 lm/m ²
aktiivisuus	becquerel	Bq	1 Bq=1 s ⁻¹
absorboitunut annos	gray	Gy	1 Gy=1 J/kg
ekvivalentti annos	sievert	Sv	1 Sv=1 J/kg

SI-johdannaisyksiköt saadaan perusyksiköistä algebrallisesti samalla tavalla kuin tietty suure muodostuu toisista suureista. Esim. suure nopeus saadaan suureiden matka ja aika suhteena, tällöin nopeuden mittayksikkö saadaan pituuden SI-mittayksiköstä jakamalla se ajan mittayksiköllä. Nopeuden SI-mittayksikkö on siis m/s. Eräille johdannaisyksiköille on annettu erityisnimi (ks. taulukko 1.5b). On olemassa tiettyjä SI-järjestelmään kuulumattomia yksiköitä, lisäyksiköitä, joita Kansainvälinen paino- ja mittakomitea CIPM on hyväksynyt käyttöön, koska niillä on huomattavaa käytännöllistä merkitystä.

Taulukko 1.5c. Lisäyksiköt yleiskäyttöön.

Suure	Yksikön nimi	tunnus	määritelmä
aika	minuutti	min	1 min=60 s
	tunti	h	1 h=60 min
	vuorokausi	d	1 d=24 h
tasokulma	aste	°	1°=(2π / 360) rad
	minuutti ¹⁾	'	1' = (1 / 60) °
	sekunti ¹⁾	"	1" = (1 / 60)'
tilavuus	litra	l, L ²⁾	1 l = 1 dm ³
massa	tonni	t	1 t = 1000 kg

¹⁾ Mieluummin olisi käytettävä asteen desimaaliosia.

²⁾ Tunnusta L käytetään, kun kirjaimen l ja numeron 1 samankaltaisuus voi johtaa väärinkäsityksiin.

Taulukko 1.5d. Lisäyksiköt erityiskäyttöön.

Suure	Yksikön nimi	tunnus	määritelmä
energia	elektronivoltti	eV	1 elektronivoltti on se liike-energia, jonka elektroni saa läpäistessään tyhjiössä 1 voltin suuruisen potentiaalieron. 1 eV=1,60219 x 10 ⁻¹⁹ J
atomin massa	atomimassayksikkö	u	atomimassayksikkö on 1/12 osa ¹² C hiiliatomin massasta. 1 u=1,66053 x 10 ⁻¹⁹ kg
pituus	tähtitieteellinen yksikkö	AU	1 AU = 149597,870x10 ⁶ m eli maan keskietäisyys auringosta (vuoden 1979 tähtitieteellisten vakioiden järjestelmästä)
	valovuosi	v v	valovuosi on matka, jonka valo etenee tyhjiössä yhden vuoden aikana 1 v v = 9,46 x 10 ¹⁵ m
	parsek	p c	parsek on etäisyys, josta tähtitieteellinen yksikkö näkyy 1" kulmassa 1 p c = 3.26 v v = 3.08 x 10 ¹⁶ m
kaasun tai nesteen paine	baari ¹⁾	bar	1 bar = 10 ⁵ Pa

¹⁾ CIPM ei mainitse tässä yksikköryhmässä baaria. Sitä kuitenkin käytetään useissa maissa.

Edellä mainituista SI-järjestelmän perus- ja johdannaisyksiköistä voidaan muodostaa kerannaisyksiköitä käyttämällä tiettyjä etuliitteitä. Etuliitteen käyttö vastaa yksikön kertomista luvun 10 potenssilla. Kaikkiaan on käytössä 16 etuliitettä.

Taulukko 1.5e. Kerrannaisyksiköiden etuliitteet.

Kerroin	nimi	tunnus
10^{18}	eksa	E
10^{15}	peta	P
10^{12}	tera	T
10^9	giga	G
10^6	mega	M
10^3	kilo	k
10^2	hecto	h
10^1	deka	da
10^{-1}	desi	d
10^{-2}	sentti	c
10^{-3}	milli	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	piko	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Etuliitteitä suositellaan käytettäväksi siten, että suureen lukuarvo on suurempi kuin 0,1 ja pienempi kuin 1000 (siis esim. 2,5 kJ eikä 2500 J). Samoin olisi ensisijassa käytettävä niitä etuliitteitä, joita vastaavan kertoimen eksponentti on 3:lla jaollinen (siis joko 100 g tai 0,1 kg, mutta ei 1 hg). Johdannaisyksiköissä, jotka on muodostettu jakolaskun avulla olisi vältettävä etuliitteen käyttöä yhtä aikaa osoittajassa ja nimittäjässä (käytetään mm/s eikä nm/ μ s). Etuliitteitä ei myöskään saa yhdistellä, käytetään nm (nanometri) eikä m μ m (millimikrometri). Koska perusyksikkö kilogramma jo sisältää etuliitteen, muodostetaan painoyksiköiden kerrannaiset asettamalla etuliite yksikön gramma eteen.

Taulukko 1.5f. Seuraavien yksiköiden käyttäminen ei ole enää sallittua vuoden 1978 jälkeen, mutta silti näitä esiintyy yhä edelleenkin kirjallisuudessa.

Suure	yksikkö	tunnus	selitys
pituus	Ångström	Å	1 Å = 10^{-10} m = 0,1 nm
pinta-ala	barn	b	1 b = 10^{-28} m ²
tilavuus	rekisteritonni	rt	1 rt = 100 ft ³ = 2,832 m ³
nopeus	solmu	kn	1 solmu = 1 mpk/h = 1,852 km/h = 0,5144 m/s
massa	karaatti	ka	1 ka = 200 mg
voima	kilopondi	kp	1 kp = 9,80665 N
voiman momentti	kilopondimetri	kpm	1 kpm = 9,80665 N m
paine	tekn.ilmakehä	at	1 at = 1 kp/cm ² = 98,0665 kPa
	elohopeamillimetri	mm Hg	1 mm Hg = 1 torr = 133,322 Pa
	vesipatsas millimetri	mm H ₂ O	1 mm H ₂ O = 1 mm vp = 1 kp/m ² = 10^{-4} kp/cm ²
	normaali ilmakehä	atm	1 atm = 760 torr = 101,325 kPa
	bar	bar	1 bar = 100 kPa
jännitys	kilopondi neliömillimetriä kohti	kp/mm ²	1 kp/mm ² = 9,80665 MPa
	kilopondi neliösenttiä kohti	kp/cm ²	1 kp/cm ² = 98,0665 kPa
energia, työ	kilopondimetri	kpm	1 kpm = 9,80665 J
	kilowattitunti ^{x)}	kWh	1 kWh = 3,6 MJ
teho	hevosvoima	hv, hp	1 hv = 75 kpm/s = 0,7355 kW
lämpömäärä, lämpöenergia	kalori	cal	1 cal = 4,1868 J
aktiivisuus	curie	ci	1 ci = $3,7 \cdot 10^{-4}$ 1/s (lue yksi per sekunti)
säteilytys absorboitunut	röntgen	R	1 R = $2,58 \cdot 10^{-4}$ C/kg
annos	rad	rad	1 rad = 10^{-2} J/kg

x) Kilowattitunti, kWh, on toistaiseksi käytössä energian kaupallisessa mittaamisessa.

Taulukko 1.5g. Mekaniikan suureita ja mittayksiköitä.

Suure		SI-yksikkö		
nimitys	merkintä	nimitys	merkintä	huom.
pituus	l	metri	m	
massa	m	kilogramma	kg	
aika	t	sekunti	s	
nopeus	v		m/s	
kiihtyvyys	a		m/s ²	
tiheys	ρ		kg/m ³	
voima	F	newton	N	1N = kg m/s ²
taivutusmomentti	M	newtonmetri	Nm	
vääntömomentti	T	newtonmetri	Nm	
hitausmomentti	J		kg m ²	1J = 1 Nm
energia	W	joule	J	1W=1J/s
teho	P	watti	W	1Pa = 1 N/m ²
paine	p	pascal	Pa	
normaalijännitys	σ	(pascal)	(Pa),N/m ²	
kimmomoduli	E		N/m ²	1Hz = 1s ⁻¹
taajuus	f	Herz	Hz	$F^x) = \eta Av/d$
dynaaminen viskositeetti	η	pascal sekunti	Pa · s	$v = \eta l \rho$
kinemaattinen viskositeetti	ν			

^{x)} F on voima, joka vaikuttaa kahteen toisiinsa nähden nopeudella v liikkuvaan, yhdensuuntaiseen nestepintaan, joiden ala on A ja etäisyys d .

Taulukko 1.5h. Muunnoksia eri mittajärjestelmiin (engl. mitat ks. taulukko 1.5p)

Suure	Yksikkö	SI-yksikkö
voima	1 kp	9,81 N
	1 dyn	10^{-5} N
energia	1 kpm	9,81 J
	1 eV	$1,602 \cdot 10^{-19}$ J
	1 ergi	10^{-7} J
	1 kwh	3,6 MJ
	1 cal	4,187 J
teho	1 kpm/s	9,81 W
	1 hv = 75 kpm/s	736 W = 0,736 kW
	1 kcal/h	1,163 W
paine	1 kp/cm ² = 1 at	$9,81 \cdot 10^4$ Pa (N/m ²)
	1 baari	10^5 Pa (N/m ²)
	1 torr = 1 mm Hg	133.32 Pa (N/m ²)
	1 atm = 760 torr	$10,132 \cdot 10^4$ Pa (N/m ²)
dynaaminen viskositeetti	1 P (poisi)	10^{-1} Pa·s
kinemaattinen viskositeetti	1 St (stoki)	10^{-4} m ² /s

Taulukko 1.5j. Sähkötekniikan suureita ja mittayksiköitä.

Suure		SI-yksikkö		
nimi	tunnus	nimi	tunnus	huom.
sähkövirta	I	ampeeri	A	
sähkömäärä, varaus	Q	coulombi	C	1 C = 1 As
jännite	U	voltti	V	
sähkömotorinen voima	E	voltti	V	
sähkökentän voimakkuus	E		V/m	
sähkövuo	Ψ	coulombi	C	
sähkövuon tiheys	D		C/m ²	
kapasitanssi	C	faradi	F	1 F = 1 As/V
magneettivuo	Φ	weber	Wb	
magneettivuon tiheys	B	tesla	T	1 T = 1 Vs/m ²
magneettikentän voimakkuus	H		A/m	
induktanssi	L	henry	H	1 H = 1 Vs/A
resistanssi	R	ohmi	Ω	1 Ω = 1 V/A
resistiivisyys	ρ	ohmimetri	Ωm	
konduktanssi	G	siemens	S	1 S = 1 Ω^{-1}
sähkönjohtavuus	γ	siemens/metri	S/m	
impedanssi	Z	ohmi	Ω	
reaktanssi	X	ohmi	Ω	
admittanssi	Y	siemens	S	
näennäisteho	S	volttiampeeri	VA	
loisteho	Q	vari	VA _r	1 W = 1 VA
pätöteho	P	watti	W	

SI-järjestelmään kuuluu, että tyhjiön dielektrisyysvakio ϵ_0 ja permeabiliteetti μ_0 ovat dimensioituneita lukuja

$$\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm} = 8.85 \text{ pF/m}$$

$$\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6} \text{ Vs/Am} = 1,256 \text{ }\mu\text{H/m}$$

Taulukko 1.5k. Muunnoksia eri mittajärjestelmiin.

suure	yksikkö	SI-yksikkö
magneettivuo	1 maxwell	10^{-8} Wb
magneettivuon tiheys	1 gauss	10^{-4} Wb/m ² = 10^{-4} T
magneettikentän voimakkuus	1 örstedt	$1/4\pi 10^3$ A/m

Taulukko 1.5l. Lämpötekniikan suureita ja mittayksiköitä.

Suure		SI-yksikkö		Huom.
nimi	tunnus	nimi	tunnus	
(termodynaaminen) lämpötila	T	kelvin	K	$t = T - 273,15$ K
(Celsius) lämpötila	t, ϑ	celsiusaste	°C	
lämpötilaero	$\theta, \Delta T, \Delta t$	kelvin, celsiusaste	K °C	1 K = 1 °C, kun kyseessä on lämpötilaeron ilmaiseminen.
lämpöpiteneemis kerroin	α		K ⁻¹ , °C ⁻¹	$\alpha = \frac{\Delta l}{l} \frac{1}{\Delta T}$
lämpölaajenemis kerroin	γ		K ⁻¹ , °C ⁻¹	$\gamma = \frac{\Delta V}{V} \frac{1}{\Delta T}$
lämpömäärä, lämpöenergia	Q	joule	J	
lämpöteho	P	watti	W	
lämmönjohtavuus	λ	watti/metri ·kelvin	W/mK	
lämpökapasiteetti	C		J/K	
ominaislämpökapasiteetti	c		J/kgK	

Taulukko 1.5m. Muunnoksia eri mittajärjestelmiin.

Suure	yksikkö	SI-yksikkö
lämpömäärä	1 kcal	4,186 kJ
lämpöteho	1 kcal / h	1,163 W
	1 kcal / s	4,186 kW
lämmönjohtavuus	1 kcal / m h °C	1,163 W / m °C
	1 kcal / m ² h	1,163 W / m ²

Taulukko 1.5n. Valaistuksen ja akustiikan suureita ja yksiköitä.

Suure		SI-yksikkö		huom.
nimi	tunnus	nimi	tunnus	
valovoima	I	candela	cd	
valovirta	\varnothing	lumen	lm	$1 \text{ lm} = \text{sr} \cdot \text{cd}$
valomäärä	Q		lms	
luminanssi	L		cd/m^2	$1 \text{ lx} = 1 \text{ lm}/\text{m}^2$
valaistusvoimakkuus	E	lux	lx	
valotehokkuus	K		lm/W	$L_I = 10 \lg(I/I_0)$
äänen paine	p	pascal	Pa	$I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$
äänen intensiteetti	I, J		W/m^2	$L_p = 20 \lg(p/p_I)$
intensiteetin taso	L_I	desibeli	dB	$p_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ N}/\text{m}^2$
äänen paineen taso	L_p	desibeli	dB	$L_P = 10 \lg P/P_0$
äänen tehotaso	L_P	desibeli	dB	$P_0 = 10^{-12} \text{ W} = 1 \text{ pW}$

Taulukko 1.5o. Muunnoksia eri mittajärjestelmiin.

Suure	Yksikkö	SI-yksikkö
valovoima	1 hefnerkynttilä	0,92 cd
	1 kansainval. Kynttilä	0,98 cd
valotiheys	1 nitti	$1 \text{ cd}/\text{m}^2$
	1 stilb (sb)	$10 \text{ cd}/\text{m}^2$
	1 lambert	$10^4/\pi \text{ cd}/\text{m}^2$
valaistus	1 phot	10^4 lx

Taulukko 1.5p. Englannin ja USA:n mittayksiköitä.

SUURE	ENGL. TAI USA YKSIKKÖ	SI-yksikkö
pituus	1 maili (mile, mil.) = 1760 yds.	1609,344 m
	1 jaardi (yard, yd.) = 3 ft.	0,9144 m
	1 gross yard = 144 yds	131,6736 m
	1 jalka (foot, ft.) = 12 in	0,3048 m
	1 tuuma (inch, in.)	25,4 mm
	1 mil = 10^{-3} inch	0,0254 mm
	1 meripeninkulma (nautical mile)	1,853 km
pinta-ala	1 neliömaili (square mile) = 640 acres	2,59 km ²
	1 eekkeri (acre) = 4840 sq.yds.	4047 m ²
	1 neliöjaardi (sq.yd.) = 9 sq.ft.	0,836 m ²
	1 neliöjalka (sq.ft.) = 144 sq.in.	930 cm ² = $9,3 \cdot 10^{-2}$ m ²
	1 neliötuumma (sq.in.)	6,4516 cm ²
	1 square mil (sq.mil)	6,4516 10^{-4} mm ²
	1 circular mil = 0,7854 sq.mil.	5,067 10^{-4} mm ²
tilavuus	1 kuutiojalka (cubic foot, cb.ft.)	28,317 10^{-3} m ³
	1 kuutiötuumma (cubic inch, cb.in.)	16,387 cm ³
	1 engl.gallon = 4 quarts (qts.) = 8 pints (pts.)	4,546 dm ³
	1 engl.bushel = 8 engl.gallon	36,3687 dm ³
	1 US gallon = 4 quarts (qts.) = 8 pints (pts.)	3,785 dm ³
	1 US bushel = 8 US gallons	30,28 dm ³
	1 rekisteritonni = 100 cb.ft.	2,832 m ³
nopeus	1 maili tunnissa (mile/hour) mph	1,609 km/h = 0,447 m/s
	1 solmu = 1 meripeninkulma/h	0,5144 m/s
massa	1 grain	64,8 mg
	1 unssi (ounce, oz.)	28,35 g
	1 naula (pound, lb.) = 16 oz.	0,4536 kg
	1 hundredweight, cwt. = 112 lbs.	50,802 kg
	1 tonni (engl., long ton) = 2240 lbs.	1016 kg
	1 tonni (USA, short ton) = 2000 lbs	907 kg
pituusmassa	1 pound/foot (lb./ft.)	1,4882 kg/m
	1 pound/inch (lb./in.)	0,1786 kg/cm
pinta-alamassa	1 pound/square foot (lb./sq.ft.)	4,8824 kg/m ²
	1 pound/square inch (lb./sq.in.)	0,0703 kg/cm ²
tiheys	1 pound/cubic foot (lb./cb.ft.)	16,02 kg/m ³
	1 pound/cubic inch (lb./cb.in.)	0,0277 kg/cm ³
voima paine	1 naulanvoima (lbf.)	4,448 N
	1 pound per square inch (lbf/sq.in.), psi	6,895 kPa
	1 lbf./sq.ft.	47,88 Pa
energia	1 foot-pound (ft.lb.)	1,356 J
	1 inch-pound (in.lb.)	0,113 J
	1 British Thermal Unit (BTU)	1,055 kJ
teho	1 horse power (hp) = 1,0139 hv	746 W
	1 ft.lb./sec.	1,356 W
lämpötila	Fahrenheitaste, °F	

Lukuarvot fahrenheitasteina (t_f) muutetaan:Celsiusasteiksi $T = 5(t_f - 32)/9$ ja Kelvinasteiksi $T = 5(t_f - 32)/9 + 273,2$

1.6. Materiaalitietoutta

Taulukko 1.6a. Metalleja ja metalliseoksia.

Aine	Kemiallinen merkki tai lisäaine %	Tiheys	Omin. resistanssi	Lämpö-pi-tenem. kerroin	Läm-mön-johta-vuus	Omin. Lämpö-kapasit.	Sulam. piste	Kimmo-moduli
		ρ kg/dm ³	ρ $\Omega\text{m}10^{-8}$	α $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$	λ W/m ² °C	c kJ/kg°C	°C	E kN/mm ²
alumiini	Al	2,69	2,82	23,6	230	0,89	658	70
duralumiini	Cu4+Mg0,5 + Mn1	2,8	≈40	24	170	0,92	≈650	72
Al Si 12*	Si 12	2,66	55,6	20	160	0,96	570	72
Al Mg Si 0,5*	Mg0,8Si0,5	2,70	3,25	23,0	190	0,96	600...655	70
elohopea	Hg	13,6	95,8	181		0,14	-39	
hopea	Ag	10,5	1,59	18,8	420	0,23	960	80
kromi	Cr	7,2	2,8	6,8	67	0,46	1890	270
kulta	Au	19,3	2,21	14,4	307	0,13	1064	80
kupari	Cu	8,93	1,72	16,2	393	0,39	1083	120
messinki*	Zn 40	8,4	7	21	115	0,38	≈900	90
tinapronssi*	Sn 10	8,9	17	19	46	0,38	1010	110
uushopea*	Ni12+Zn 24	8,7	25	18	35	0,40	1030	130
lyijy	Pb	11,34	20,7	28,9	35	0,12	327	15
magnesium	Mg	1,73	4,6	28,1	149	1,05	651	42
elektronmet.*	Al5 + Zn 3	1,8	n. 70	25	120	1,00	≈625	44
molybdeeni	Mo	10,2	5,7	5,2	144	0,26	2610	360
nikkeli	Ni	8,9	7,8	12,9	92	0,45	1452	203
rauta	Fe	7,86	9,7	12,3	79	0,46	1535	220
valurauta*	C4	7,3	10	11	59	0,50	1200	100
teräs*	C 0,85	7,83	17...19	11,5	45	0,46	1350	200
ruost.teräs*	18/8	7,9	70	17,2	17	0,50	1400	200
sinkki	Zn	7,14	5,95	30	111	0,39	419	100
tina	Sn	7,3	11,3	23	62	0,22	232	55
titaani	Ti	4,51	42	8,9	19	0,48	1675	130
vanadiini	V	6,11	25	8,3	31	0,50	1900	150
volframi	W	19,3	5,3	4,3	168	0,13	3380	360

* merkitsee metalliseosta.

Arvot pätevät +20°C lämpötilassa. Ominaisvastuksen lämpötilakerroin β on alumiinille ja kuparille $4 \cdot 10^{-3}^{\circ}\text{C}^{-1}$, raudalle $6 \cdot 10^{-3}^{\circ}\text{C}^{-1}$, messingille $1,5 \cdot 10^{-3}^{\circ}\text{C}^{-1}$ ja tinapronssille $0,5 \cdot 10^{-3}^{\circ}\text{C}^{-1}$.

Metallien galvaaninen kosketuskorroosio.

Seuraavassa taulukossa on lueteltu eri metallien kosketuspotentiaaleja. Mittaukset on suoritettu merivedessä +25°C:n lämpötilassa käyttäen vertailuelektrodina kalomelielektrodia.

Taulukko 1.6b. Metallien galvaaninen kosketuskorroosio ja kosketuspotentiaalit.

AAKKOSJÄRJESTYS			POTENTIAALIJÄRJESTYS		
NRO	AINE	POTENT.	NRO	AINE	POTENT.
1	Alumiini ja Al-seokset	-0,75	1	Hopeapinnoite	-0,01
2	Alumiinimessinki	-0,21	2	Nikkeliseokset	-0,13
3	Alumiinipronssi	-0,23	3	Nikkelipinnoite	-0,14
4	Duralumiini	-0,60	4	Monel-metalli	-0,16
5	Fosforipronssi	-0,22	5	Kupari	-0,18
6	Galvanoitu teräs	-1,06	6	Kupari-nikkeli	-0,18
7	Hopea-lyijyjuote	-0,50	7	Uusihopea	-0,19
8	Hopeapinnoite	-0,01	8	Alumiinimessinki	-0,21
9	Kadmumpinnoite	-0,78	9	Fosforipronssi	-0,22
10	Kromipinnoite ²⁾	-0,53	10	Alumiinipronssi	-0,23
11	Kromipinnoite ³⁾	-0,42	11	Punametalli (tombakki)	-0,24
12	Kupari	-0,18	12	Tina	-0,26
13	Kupari-nikkeli	-0,18	13	Messinki	-0,30
14	Magneesiumseokset	-1,58	14	Ruostumaton teräs	-0,32
15	Messinki	-0,30	15	Kromipinnoite ³⁾	-0,42
16	Monel-metalli	-0,16	16	Teräs (tinattu)	-0,47
17	nikkelipinnoite	-0,14	17	Tinajuote	-0,48
18	Nikkeliseokset	-0,13	18	Hopea-lyijyjuote	-0,50
19	Punametalli (tombakki)	-0,24	19	Kromipinnoite ²⁾	-0,53
20	Ruostumaton teräs	-0,32	20	Duralumiini	-0,60
21	Sinkki (passivoitu)	-1,10	21	Valurauta	-0,70
22	Sinkki-kadmiumjuote	-1,04	22	Teräs	-0,73
23	Sinkkipinnoite	-1,10	23	Alumiini ja Al-seokset	-0,75
24	Sinkkiseokset	-1,09	24	Kadmumpinnoite	-0,78
25	Teräs	-0,73	25	Tina-sinkkiseos (80:20)	-0,99
26	Teräs (tinattu)	-0,47	26	Sinkki-kadmiumjuote	-1,04
27	Tina	-0,26	27	Tina-sinkkiseos (80:20) ¹⁾	-1,04
28	Tina-sinkkiseos (80:20)	-0,99	28	Galvanoitu teräs	-1,06
29	Tina-sinkkiseos (80:20) ¹⁾	-1,04	29	Sinkkiseokset	-1,09
30	Tinajuote	-0,48	30	Sinkki (passivoitu)	-1,10
31	Uusihopea	-0,19	31	Sinkkipinnoite	-1,10
32	Valurauta	-0,70	32	Magneesiumseokset	-1,58

1) Elektrolyttisesti pinnoitettu

2) 12,5 µm:n kromipinnoite niklatulla teräksellä

3) 0,9 µm:n kromipinnoite niklatulla teräksellä

Jos kahden eri metallin muodostama liitos joutuu allttiiksi sään vaihteluille tai merivedelle, on liitoksessa oltava yhteys, jossa potentiaaliero ei saa ylittää 0,25 V.

Jos liitos on koteloitu eikä voi joutua suoloille allttiiksi eikä kastua muutoin kun kondensiovedestä, on liitoksessa oltava yhteys, jossa potentiaaliero ei saa ylittää 0,50 V.

Taulukko 1.6c. Vastusaineita.

Aine	Kemiallinen koostumus	Ttiheys	Ominaisresistanssi	Ominaisresistanssin lämpötilakerroin	Lämpöpitenemiskerroin	Käyttölämpötila	Sulamis-piste
	%	ρ kg/dm ³	ρ $\Omega\text{m } 10^{-8}$	β $^{\circ}\text{C } 10^{-5}$	α $^{\circ}\text{C } 10^{-6}$	$^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{C}$
Kromi-alumiini 25/6	Cr25+Fe67+Al6+Co2	7,10	145	3	28	1350	1520
Kromi-alumiini 21/4	Cr21+Fe74+Al4+Co1	7,25	135	3	20	1150	1520
Krominikkeli 80/20	Cr20+Ni80+Mn	8,3	110	-	14	1150	1410
Konstantaani	Cu54+Ni45+Mn1	8,9	50	± 3	14	-	1270
Manganiini	Cu86+Mn12+Ni2	8,4	43	1 - 2	18	-	960

Taulukko 1.6d. Eristeitä.

Aine	Nimi-lyhenne	Kauppanimi	Tiheys ρ kg/dm ³	Suhteellinen dielektrisyyskerroin ϵ_r	Tan δ ‰	Läpilyöntilujuus E _L kV/mm	Lämpötilaluokka °C		
Fenolimuovi (täytteet.)	PF	Bakelite	1,38	4...7	50	16	120...155		
Fenolimuovi (paperitäyte)			1,4	6...11	20...350	10...14	120		
Fenolimuovi (kangastäyte)			1,4	6...13	120...40	5...15	120		
Epoksimuovi, täytteen	EP	Araldit, Lekutherm, Epikote	1,1...1,3	3...5	2...10	20...40	105...155		
kvartsitäytteinen	NK, NR EPDM CR NBR SIR	Buna, Vistalon Baypren, Neoprene Perbunan, Europepre Silastic, Silastomer, Silopren	1,5...2	3...6	8...30	20...40	105...155		
Ilma			0,00129	1	0	n.3	-		
Kiille			2,6...3,2	5...7	0,1...5	80	500...700		
Kumit:									
- luonnonkumi					1,2	2,5...5	0,5...2	20	75
- eteeni-propeenikumi					0,85...0,95	2,0...5,0	1,0...15	10...15	80...90
- kloropreenikumi					1,3	7...14	10...60	4...20	90
- nitrilikumi					0,94...1,24	-	-	-	70...90
- silikonikumi					1,3	2,8...7	1...10	12...25	180...200
Kvartsi, sulatettu					2,2	3,9	0,1	-	1000
Lasi	MP	Mycalex, Micaver	2,4...2,6	4...7	1...4	16	400...600		
Lasikiillelevy			3,4	7...9	1...2	16	360		
Lämpömikaniitti			2,4...2,6	3...5	-	25	400...600		
Muut mikaniitit			2,4...2,6	3...5	-	25	130...180		
Melamiini (modif.)			1,7	6,5	5,0	13...14	120		
Muuntajaöljy			0,88	2...2,5	0,2	20...30	105		
Paperi (kuiva)			1,7...1,2	2...3	5	6	90		
Paperi (öljytty)			-	2...4	5	40...75	105		
Polyamidi (arom.)	PA	Nomex	1,0	2,9	3	32	180...220		
Polyamidi	PA	Nylon, Maranyl, Ultramid	1,1	4...6	10...60	60	120		
Polyesterilasikuitulaminaatti	GF UP		1,3...1,9	4...6	10...60	n.20	130...150		

Aine	Nimi-lyhenne	Kauppanimi	Tiheys ρ kg/dm ³	Suhteellinen dielektrisyyskerroin ϵ_r	Tan δ	Lämpilyöntilujuus E_L kV/mm	Lämpötilaluokka °C
Polyesterikalvo	PETP	Mylac, Melinex, Hostaphan	1,38	3,1	4,7	160	130
Polyeteeni	PE	Milkofoil	0,91	2,2	0,3	20	105
Polyimidikalvo	PI	Kapton	1,42	3,5	3	150	200...250
Polykarbonaattikalvo	PC	Lexan ,Makrofol	1,2	3,0	1,5	160	120...140
Polypropeenikalvo	PP	Moplefan, Terfilm E	0,9	2,2	0,3	120	105...120
Polystyreenikalvo	PS		1,05	2,5	0,5	100	80...90
Polytetrafluorieteeni	PTFE	Teflon, Fluon	2,2	2,1	0,2	17	250
Polyuretaanihartsi	PUR	Desmopan	1,2	3...4	6...150	20...25	130...150
Polyvinyylikloridi	PVC	Diofan, Hostalit	1,4	4...8	n.100	n.20	60...80
Posliini			2,3...2,5	5...7	1...40	n.30	n.1000
Prespaani (kuiva)			1,0...1,2	3,1	13	n.6	90...120
Puu (kuiva)			0,7...1	3...4	-	-	90
Puu (öljyssä)			-	3,3	66	-	105
Rikkiheksafluoridi	SF ₆		0,00614	1	0,2	2,5 x ilman E _L , riippuu paineesta	150
Selluloosa-asetobutyaattikalvo	CAB	Triafol BN	1,3	2,9	n.15	140	120
Shellakka			1,2	3...4	n.10	n.40	120...130
Silikoniöljy	SI	Rhodorsil	0,97	2,7	0,15	15	250
Steatiitti			2,6...2,8	n.6	1...2	8...25	1000

ϵ_r = suhteellinen dielektrisyysvakio; $\epsilon = \epsilon_r \epsilon_0$

tan δ = dielektrisen häviökulman tangentti

E_L = ohuehkon kerroksen sähkölujuus 1 min kokeessa

Lukuarvot pätevät + 20 °C lämpötilassa ja 50 Hz taajuudella.

Taulukko 1.6e. Muita kiinteitä aineita.

Aine	Tiheys ρ kg/dm ³	Lämpö- pitenem.- kerroin α 10 ⁻⁶ /°C	Lämmön- johtavuus λ W/m°C	Ominais- lämpö- kapasit. c kJ/kg°C	Kimmo- moduli E kN/mm ²
Alabasteri	2,3 ... 2,8				
Antrasiitti	1,4 .. 1,7				
Asbestikuidut	0,58		0,20	0,84	
Asfaltti	1,1...1,5	200	0,60	0,92	
Betoni	1,8 ... 2,4	n. 12	1,7	0,92	20...40
Eterniitti	2,0		1,9	0,84	25
Grafiitti	1,9 ... 2,3	2,0	0,49	0,67	
Graniitti	2,7	8,3	3,5	0,80	50
Hiekka (karkea)	1,7		0,41	0,80	
Hiekkakivi	2,0 ... 2,6	7...12	1,3 ...1,8	0,67	10...50
Kaapelimassa	1,1 ... 1,8				
Kalkkikivi	1,8 ... 2,6		0,7...0,9	0,84	60...80
Karborundum	3,2		12	0,67	
Kautsu	0,92		0,19	2,01	
Keittosuola	2,1 ... 2,2				
Kivihilli	1,2 ... 1,4				
Koksi	1,6 ... 1,9			3,47	
Koksikuona	0,8		0,14	0,84	
Korkki	0,18		0,11	2,05	
Kovakumi	1,2 ... 1,5	85	0,17	1,67	
Lasi (ikkuna)	2,4 .. 2,6	8	0,9	0,84	45...100
Linoleumi	1,2		0,19		
Liuskekivi	2,6...2,8		2,4	0,84	
Lumi					
-löysä	0,2		0,10		
-tiivis	0,5		0,64		
-iää	0,92	50	2,1	2,22	
Marmori	2,5 ... 2,8	12	2,1...3,5	0,88	35...50
Mineraalivilla	0,22		0,05	0,84	
Mänty- ja kuusi- puu, ilmakuiva	0,6	5	0,1...0,2		10...12
Nahka, kuiva	0,86		0,17	1,51	
Paperi	0,7 ... 1,1		0,19		
Parafiini	0,86 ... 0,92	107	0,26	2,9	
Piimaa	0,4		0,09	0,88	
Pleksilasi	1,18		0,2		3
Posliini	2,4	2...5	1,0	0,84	70...80
Puuhilli	0,4			0,7	
Selluloidi	1,4	100	0,23		
Tammipuu	0,7...0,8	5	0,16		13
Tiili	1,6		0,52	0,75	
Turve	0,5 .. 0,8				
Vaha	0,95 ... 1,0		0,2	2,93	
Vulkaanifiiberi	1,1 ... 1,4	25	0,23	1,38	5

Taulukko 1.6f. Kaasuja.

Kaasu	Kemiall.- koostumus	Tiheys	Ominais- lämpöka- pisteetti	Sula- mispiste	Kiehumis- piste	HTP-arvo*	
		ρ kg/m ³	c kJ/kg °C	t_s °C	t_k °C	8 h aika- na cm ³ /m ³ (ppm)	15 min aikana cm ³ /m ³ (ppm)
Ammoniakki	NH ₃	0,77	2,06	-78	-33	25	40
Asetyleeni	C ₂ H ₂	1,17	1,68	-81	-84 (subl.)		
Butaani	C ₄ H ₁₀	2,67		-138	0,5	800	1000
Fluori	F ₂	1,69	0,75	-219	-188		0,1
Fluorivety	HF	0,99		-83	19		6
Happi	O ₂	1,42	0,917	-218	-183		
Hiilidioksidi	CO ₂	1,95	0,82	-57	-78 (subl.)	5000	
Hiilimonoksidi	CO	1,23	1,05	-199	-192	30	75
Ilma	O ₂ +N ₂	1,28	1,00		-193		
Kloori	Cl ₂	3,18	0,489	-101	-35	0,5	1
Kloorivety	HCl	1,63	0,812	-115	-85		5
Otsoni	O ₃	2,14		-251	-112	0,1	0,3
Propaani	C ₃ H ₈	2,01	1,53	-189	-42	800	1100
Rikkidioksidi	SO ₂	2,90	0,63	-73	-10	2	5
Rikkivety	H ₂ S	1,53	1,05	-85	-61	10	15
Syaanivety	HCN	0,90	*	-14	26		10
Typpi	H ₂	1,25	1,04	-210	-196		
Typpidioksidi	NO ₂	1,45		-11	21	3	6
Typpioksidi	NO	1,34	1,00	-163	-152	25	
Vesihöyry	H ₂ O	0,8		0	100		
Vety	H ₂	0,089	14,3	-259	-252		

Tiheys ja ominaislämpö pätevät 0 °C lämpötilassa ja 100 kPa paineessa, kiehumispiste 100 kPa paineessa.

*HTP-arvo = haitalliseksi tunnettu pienin pitoisuus ilmoitettuna keskipitoisuuksina käyttäen keskiarvotusaikana 8 tuntia tai 15 minuuttia.

Taulukko 1.6g. Nesteitä.

Neste	Kemiallinen koostumus	Tiheys ρ kg/dm ³	Ominaislämpökapasiteetti kJ/kg°C	Sulamis- piste t_s °C	Kiehumis- piste t_k °C	Leimahduspiste t_l (Abel-Pensky) °C
Ammoniumhydroksidi 25 %	NH ₄ OH	0,91		-77		
Asetoni	(CH ₃) ₂ CO	0,79	2,17	-96	56	-20
Bentseeni	C ₆ H ₆	0,80	1,71	+6	80	-8
Dieselöljy		0,88			>155	>55
Etyylialkoholi	C ₂ H ₅ OH	0,79	2,43	-117	78	12
Fosforihappo	H ₃ PO ₄	1,83		42		
Glykoli	(CH ₂ OH) ₂	1,12	2,43	-17	197	111
Glyseroli	C ₃ H ₅ (OH) ₃	1,26	2,43	20	290	160
Hiilitetrakloridi	CCl ₄	1,60	0,84	-23	77	
Koneöljy		0,93				160
Ksyleeni	C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	0,87	1,65	-48	139	21
Lakkabensiini		0,75		-40	150...210	38
Moottoribensiini		0,70		-50	60...95	-30
Muuntajaöljy		0,88	1,8		250...300	145
Naurisöljy		0,92				
Parafiiniöljy		0,90	2,15			230
Pellavaöljy		0,93		-19	343	220
Perkloorietyleeni	C ₂ Cl ₄	1,62	0,86	-19	121	
Rikkihappo	H ₂ SO ₄	1,85	1,38		330	
Risiiniöljy		0,96	1,80	-12	313	285
Suolahappo 20%	HCl + vesi	1,09			110	
Terva		1,2				
Tolueeni	C ₆ H ₅ CH ₃	0,89	1,72	-95	111	5
Trikloorietyleeni	C ₂ HCl ₃	1,46	0,96	-86	87	
1,1,1 trikloorietaani	C ₂ H ₃ Cl ₃	1,33	1,00	-30	74	
Typpihappo	HNO ₃	1,56		-42	83	
Tärpähti	C ₁₀ H ₁₆	0,85	1,76	-10	180	35
Vesi	H ₂ O	1,00	4,18	0	100	

Tiheyden ja ominaislämmön arvot pätevät +20°C lämpötilassa ja 100 kPa paineessa, kiehumispiste 100 kPa paineessa.

Taulukko 1.6h. Polttoaineita.

Aine	Tiheys ρ kg/dm ³	Polttoarvo* MJ/kg
Kaasumaisia polttoaineita		
Vety	0,089 · 10 ⁻³	119,4
Metaani	0,55 · 10 ⁻³	50,0
Propaani	2,01 · 10 ⁻³	46,4
Butaani	2,67 · 10 ⁻³	45,7
Nestekaasu	2,34 · 10 ⁻³	≈46
Maakaasu (75 % metaania)	0,84 · 10 ⁻³	53,4
Kaupunkikaasu	0,58 · 10 ⁻³	29,2
Nestemäisiä polttoaineita		
Bensiini	0,72	43,5
Kevyt polttoöljy	0,85	42,7
Raskas polttoöljy	0,95	40,6
Kiinteitä polttoaineita		
Kivihilli (kaasuhiili)	1,26	34,5
Koksi	0,92	34,2
Turve	0,22...0,43	21...23
Puu (kuiva)		
-mänty	0,52	19,2
-koivu	0,60	19,0
-tammi	0,68	18,4

*Tehollinen lämpöarvo on kiinteillä aineilla merkittävästi tätä polttoarvoa pienempi.

Yleensä käytetään seuraavia tehollisia polttoarvoja:

kivihilli	25,5 MJ/kg
koksi	28,0 „
antrasiitti	33,5 „
polttoturve	8,8 „

Eri energiayksikköjen välisiä muunnoskertoimia:

1 toe	=	11,28	MWh,
1 MJ	=	0,278	kWh,
1 Mcal	=	1,163	kWh,
1 tSKE	=	1 tce = 8,14	MWh,
1 BTU	=	0,293	Wh,
1 b	=	159 l = 1,7	MWh,

jossa 1toe = ekvivalenttinen öljytonni,
tSKE = ekvivalenttinen kivihilitonni,
BTU ks. sivu 35,
b = barreli (öljytynnyri).