

Tentti 9.2.2017

EI KIRJALLISUUTTA. Vapaavalintaisen laskimen käyttö sallittu. Merkitse jokaiseen vastauspaperiin nimesi ja opiskelijanumerosi. Merkitse vastauspaperiin myös, jos olet tehnyt harjoitustyön jonakin aiempana lukuvuonna.

1. Millaiselle sähkölaitteistolle pitää nimetä sähkönkäytön johtaja? Millaiset pätevyysvaatimukset em. henkilön on täytettävä? Kerro lyhyesti millainen koulutus- ja työkokemustausta henkilön täytyy omata, sekä millaisia virallisia tutkintoja täytyy suorittaa em. pätevyuden saavuttamiseksi.
2. Millaisissa tapauksissa sulakkeen vaihtotyön saa suorittaa vain ”sähköalan ammattilainen”?
3. Ryhmäjohtojen ylivirtasuojalaitteina käytetään yleisesti sulakkeita ja johdonsuojakatkaisijoita. Piirrä sulakkeen ja johdonsuojakatkaisijan toimintakäyrät ja selitä niiden avulla miten johdonsuojakatkaisija toimii ja miten sen toiminta eroaa sulakkeen toiminnasta.
4. Kerro lyhyesti:
 - a. Mitä maadoitusjännite ja kosketusjännite tarkoittavat ja miten ne riippuvat toisistaan (esim. pylväsmuuntamolla)?
 - b. Miten potentiaalinhjauksen avulla voidaan vaikuttaa em. suureisiin ja miten se toteutetaan?
 - c. Miten toteutetaan rakennuksen perustusmaadoituselektrodi?
 - d. Mitä tarkoitetaan lisäpotentiaalintasauksella?
5. Eräässä laitteessa tarvitaan max. 90 kW symmetrinen kolmivaiheteho ($\cos\phi=1$). Laitetta syöttävä 40 m pitkä monijohdinkaapeli asennetaan 10m matkalla kaapelitikkaille vierekkäin 3 muun kaapelin kanssa, kiinni toisiinsa. Muulla osuudella em. kaapelit ovat kaapelitikkailla 10 cm etäisyydellä toisistaan. Ympäristölämpötilan voidaan olettaa olevan max. 35°C. Oikosulkuvirta kaapelin alkupään keskuksessa on 800A. Selvitä/osoita laskelmien avulla seuraavat asiat:
 - a. Määritä em. kaapelin (Cu johtimet, PVC eriste) vähimmäispoikkipinta ja sen ylikuormitussuojaksi sopivat gG sulakkeet.
 - b. Kuinka suuri on oikosulkuvirta kaapelin loppupäässä?
 - c. Toteutuuko oikosulkusuojaus?

KÄÄNNÄ →

TAULUKOITA

Johtimien poikkipinta A/mm ²	Kupari			Alumiini		
	resistanssi r	reaktanssi x	impedanssi z	resistanssi r	reaktanssi x	impedanssi z
4 x 1,5	14,620	0,115	14,620			
4 x 2,5	8,770	0,110	8,770			
4 x 4	5,480	0,107	5,480			
4 x 6	3,660	0,100	3,660			
4 x 10	2,244	0,094	2,246			
4 x 16	1,415	0,090	1,418	2,324	0,090	2,326
4 x 25	0,898	0,086	0,902	1,489	0,086	1,492
4 x 35	0,652	0,083	0,657	1,086	0,083	1,089
4 x 50	0,482	0,083	0,489	0,796	0,083	0,800
4 x 70	0,336	0,082	0,346	0,551	0,082	0,557
4 x 95	0,244	0,082	0,257	0,398	0,082	0,406
4 x 120	0,195	0,080	0,211	0,316	0,080	0,326
4 x 150	0,155	0,080	0,174	0,258	0,080	0,270
4 x 185	0,125	0,080	0,148	0,207	0,080	0,222
4 x 240	0,095	0,079	0,124	0,162	0,079	0,180
4 x 300	0,078	0,079	0,111	0,133	0,079	0,155

Pienimmät oikosulkuvirrat, joilla erilaiset suojalaitteet toimivat 0,4 tai 5,0 sekunnissa				
Suojalaitteen nimellisvirta A	Pienin sallittu yksivaiheinen oikosulkuvirta A			
	gG-sulake 0,4 s	gG-sulake 5,0 s	Johdonsuojakatkaisijat	
			B-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s	C-tyyppi 0,4 s ja 5,0 s
6	46,5	28	30	60
10	82	46,5	50	100
16	110	65	80	160
20	145	85	100	200
25	180	110	125	250
32	270	150	160	320
50	470	250	250	500
63	550	320	315	630
80	840	425	400	800
125	1450	715	625	1250

Eristyksen laji	Suurin sallittu lämpötila °C
Polyvinyylikloridi (PVC)	70 (johtimessa)
Silloitettu polyeteeni (PEX) ja eteenipropreenikumi (EPR)	90 (johtimessa)
Mineraali (PVC:llä päällystetty tai paljas ja kosketeltavissa)	70 (vaipassa)
Mineraali (paljas, ei kosketeltavissa, eikä kosketuksissa palaviin materiaaleihin)	105 (vaipassa)

$\sqrt{t} = k \times \frac{S}{I}$	Johtimen eristys					
	PVC ≤ 300 mm ²	PVC > 300 mm ²	EPR/PEX	Kumi 60 °C	Mineraali	
					PVC:llä päällystetty	paljas
Alkulämpötila °C	70	70	90	60	70	105
Loppulämpötila °C	160	140	250	200	160	250
Johtimen materiaali						
Kupari	115	103	143	141	115	135/115 ^a
Alumiini	76	68	94	93	—	—
Tinalla juotetut kuparijohtimien liitokset	115	—	—	—	—	—

Taulukko 52.X	
Lämpöeristeen paksuus (mm)	Korjauskertoimen/ ref. C
50	0,89
100	0,81
200	0,68
400	0,55
500	0,50

Taulukko B.52.14 Ilmaan asennettavien kaapellen yhteydessä käytettävät korjauskertoimet multa ympäristön lämpötiloja kuin 25 °C varten

Ympäristön lämpötila °C	Korjauskerroin johtimen eristeen ja sallitun lämpötilan mukaan	
	70 °C PVC	90 °C PEX, EPR, PVC 90 °C
10	1,15	1,11
15	1,10	1,07
20	1,05	1,04
25	1,00	1,00
30	0,94	0,96
35	0,88	0,92
40	0,82	0,88
45	0,75	0,84
50	0,67	0,79
55	0,58	0,73
60	0,47	0,68
65	—	0,62
70	—	0,56
75	—	0,48
80	—	0,39

Taulukko B.52.15 Korjauskertoimet ympäröivän maan muulle lämpötilalle kuin 15 °C

Maan lämpötila °C	Korjauskerroin johtimen eristeen mukaan	
	PVC	PEX ja EPR
0	1,13	1,10
5	1,09	1,06
10	1,05	1,03
15	1,00	1,00
20	0,95	0,96
25	0,90	0,93
30	0,85	0,89

Taulukko B.52.16 Korjauskertoimet ympäröivän maan muulle lämpöresistivisyydelle kuin 1,0 K · m/W

Lämpöresistivisyys, K · m/W	0,7	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
Korjauskerroin	1,1	1,0	0,92	0,85	0,75	0,69	0,63

Taulukko B.52.17 Korjauskertoimet ryhmille, joissa on useita piirejä tai useita kaapeleita. Korjauskertoimia käytetään taulukoiden B.52.2...B.52.8 mukaisten kuormitettavuuksien kanssa.

Koh- ta	Sijoitus (kaapelit koskettavat toisiaan)	Piirien tai monijohdinkaapeliin lukumäärä												Käytetään kuormitetta- vuustaulukon kanssa
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20	
1	Nipussa ilmassa, pinnalla, upotettuna tai kotelon sisällä	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	B.52.2... B.52.7 asennus- tavat A...F
2	Yhdessä kerroksessa seinällä, lattialla tai rei'ittämättömällä kaapelihyllyllä	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	Ei korjauskertoimia useammalle kuin yhdeksälle piirille tai monijohdinka- peleille				B.52.2... B.52.3 asennustapa C
3	Yhdessä kerroksessa kiinnitettynä suoraan puisen alakatton pinnalle	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62					
4	Yhdessä kerroksessa rei'itetyllä kaapelihyllyllä vaaka- tai pystysuunnassa	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72					0,72
5	Yhdessä kerroksessa tikkailla, tuilla tai kiinnikkeillä jne.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

HUOM. 1 Nämä kertoimet soveltuvat samanlaisille ja samalla tavalla kuormitetuille kaapeliryhmille.

HUOM. 2 Jos lähellä olevien kaapellen etäisyys toisistaan vaakatasosta ylittää kaksi kertaa niiden kokonaishalkaisijan, korjauskertoimia ei tarvitse soveltaa.

HUOM. 3 Samoja kertoimia sovelletaan:
— kahden tai kolmen yksijohdinkaapelin ryhmiin
— monijohdinkaapeleihin.

HUOM. 4 Jos järjestelmään kuuluu sekä kaksi- että kolmijohtimisia kaapeleita, kaapellen kokonaislukumäärä vastaa piirien lukumäärää ja vastaavasti sovelletaan kahden kuormitetun johtimen arvoja kaksijohdinkaapeleille ja kolmen kuormitetun johtimen arvoja kolmijohdinkaapeleille.

HUOM. 5 Jos ryhmä koostuu n kappaleesta yksijohdinkaapeleita, sitä voidaan käsitellä n/2 kahden kuormitetun johtimen piirinä tai n/3 kolmen kuormitetun johtimen piirinä.

HUOM. 6 Tässä annetut arvot ovat keskiarvoja erilaisten taulukkojen B.52.2... B.52.7 mukaisten kaapelityyppien ja asennustapojen arvoista. Arvojen yleinen tarkkuus on ± 5 %.

HUOM. 7 Joillekin asennuksille ja muille menetelmille, joihin yllä oleva taulukko ei ole tarkoitettu, voi olla tarpeen käyttää erityistapauksia varten laskettuja taulukkoja, ks. esim. taulukot B.52.20... B.52.21.

Taulukko B.52.1 Luettelo referenssiasennustavoista

Referenssiasennustapa	Taulukko ja sarakke				
	Yksittäisen piirin kuormitettavuus		Lämpötilan korjauskerto	Ryhmästä johtuva korjauskerto	
	PVC-eristeinen	PEX/EPR-eristeinen			
	2	3	4	5	6
 huone	Eristetyt johtimet lämpöeristettyyn seinään upotettuna putkessa	A/ A1	B.52.2 sarakke 2/3	B.52.3 sarakke 2	B.52.14 B.52.17
 huone	Monijohdinkaapeli lämpöeristettyyn seinään upotettuna putkessa	A/ A2	B.52.2 sarakke 2/3	B.52.3 sarakke 2	B.52.14 B.52.17
	Eristetyt johtimet pinnalle asennettuna putkessa	B/ B1	B.52.2 sarakke 4/5	B.52.3 sarakke 3	B.52.14 B.52.17
	Kaapeli pinnalle asennettuna putkessa	B/ B2	B.52.2 sarakke 4/5	B.52.3 sarakke 3	B.52.14 B.52.17
	Yksi- tai monijohdinkaapeli puuseinällä	C	B.52.2 sarakke 6/7	B.52.3 sarakke 4	B.52.14 B.52.17
	Monijohdinkaapeli maassa	D	B.52.2 sarakke 8	B.52.3 sarakke 5	B.52.15 B.52.18 ja B.52.19
	Monijohdinkaapeli vapaasti ilmassa	E	Kupari B.52.4 Alumiini B.52.5	Kupari B.52.6 Alumiini B.52.7	B.52.14 B.52.17
	Yksijohdinkaapeli koskettavat toisiaan vapaasti ilmassa	F	Kupari B.52.4 Alumiini B.52.5	Kupari B.52.6 Alumiini B.52.7	B.52.14 B.52.17
	Yksijohdinkaapeli erillään toisistaan	G	Kupari B.52.4 Alumiini B.52.5	Kupari B.52.6 Alumiini B.52.7	B.52.14 -

Taulukko B.52.3 Kuormitettavuudet ampeereina asennustavoille A, B, C ja D. PEX- tai EPR-eristiset kupari- tai alumiinijohtimet, kolme kuormitettua johdinta. Johtimen lämpötila: ilmassa 90 °C, maassa 65 °C Ympäristön lämpötila: 25 °C ilmassa, 15 °C maassa

Nimellinen johtimen poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa			
	A	B	C	D
1	2	3	4	5
Kupari				
1,5	17	20	23	26
2,5	23	27	31	35
4	31	36	42	46
6	39	45	52	57
10	53	62	71	77
16	70	83	100	100
25	92	109	124	130
35	113	133	153	160
50	135	160	186	190
70	170	202	238	240
95	205	242	289	285
120	236	278	335	325
150	269	-	386	370
185	306	-	441	420
240	360	-	520	480
300	411	-	599	550
Alumiini				
16	57	66	79	78
25	73	87	94	100
35	90	107	116	125
50	108	129	141	150
70	136	162	181	185
95	163	195	219	220
120	187	224	255	255
150	214	-	294	280
185	242	-	336	330
240	283	-	397	375
300	325	-	458	430

Taulukko B.52.2 Kuormitettavuudet ampeereina asennustavoilla A, B, C ja D. PVC-eristiset kupari- tai alumiinijohtimet, yleensä kolme kuormitettua johdinta, pienillä poikkipinnoilla myös kaksi kuormitettua johdinta. Johtimen lämpötila: 70 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C ilmassa, 15 °C maassa

Johtimen nimellinen poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa						
	A		B		C		D
	kolme kuormitettua johdinta	kaksi kuormitettua johdinta	kolme kuormitettua johdinta	kaksi kuormitettua johdinta	kolme kuormitettua johdinta	kaksi kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta
1	2	3	4	5	6	7	8
Kupari							
1,5	14	15	16	17,5	18,5	20	26
2,5	19	20	21	24	25	29	35
4	24	27	29	32	34	38	46
6	31	34	36	40	43	49	57
10	41	46	49	55	60	67	77
16	55	60	66	73	80	90	100
25	72	79	85	95	102	119	130
35	88	97	105	118	126	146	160
50	105	-	125	-	153	-	190
70	133	-	158	-	195	-	240
95	159	-	190	-	236	-	285
120	182	-	218	-	274	-	325
150	208	-	-	-	317	-	370
185	236	-	-	-	361	-	420
240	278	-	-	-	427	-	480
300	316	-	-	-	492	-	550
Alumiini							
16	43	-	51	-	62	-	78
25	56	-	66	-	77	-	100
35	69	-	82	-	95	-	125
50	83	-	97	-	117	-	150
70	104	-	123	-	148	-	185
95	125	-	147	-	180	-	220
120	143	-	170	-	209	-	255
150	164	-	-	-	240	-	280
185	187	-	-	-	274	-	330
240	219	-	-	-	323	-	375
300	257	-	-	-	372	-	430

gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A	Johdon sallittu kuormitus vähintään A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221

Taulukko B.52.4 Taulukon B.52.1 mukainen asennustapojen E, F ja G kuormitettavuudet ampeereissa PVC eristeiset kuparijohtimet. Johtimen lämpötila: 70 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C

Johtimen nimellinen poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli	Yksijohdinkaapeli			
	Kolme kuormitet- tua johdinta	Kolme kuormitet- tua johdinta kolmiossa	Kolme kuormitettua johdinta tasossa		
			Koskettaen	Etäisyydellä	
				Vaakatasossa	Pystytasossa
			 tai	 D _e	 D _e
1	2	3	4	5	6
1,5	19	—	—	—	—
2,5	26	—	—	—	—
4	36	—	—	—	—
6	45	—	—	—	—
10	63	—	—	—	—
16	85	—	—	—	—
25	107	117	121	155	138
35	134	145	152	192	172
50	162	177	184	232	209
70	208	229	238	298	269
95	252	280	291	361	330
120	292	326	340	420	384
150	338	377	395	483	444
185	386	434	453	552	509
240	456	514	537	652	603
300	527	595	622	751	698
400	—	695	730	903	843
500	—	794	836	1041	975
630	—	906	959	1206	1134

Taulukko B.52.5 Taulukon B.52.1 mukainen asennustapojen E, F ja G kuormitettavuudet ampeereina PVC-eristeiset alumiinijohtimet. Johtimen lämpötila: 70 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C

Johtimen nimellinen poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli	Yksijohdinkaapeli			
	Kolme kuormitet- tua johdinta	Kolme kuormi- tettua johdinta kolmiossa	Kolme kuormitettua johdinta tasossa		
			Koskettaen	Etäisyydellä	
				Vaakatasossa	Pystytasossa
			 tai	 D _e	 D _e
1	2	3	4	5	6
16	65	—	—	—	—
25	83	89	92	119	105
35	102	111	116	147	131
50	124	136	141	179	161
70	159	176	183	230	208
95	194	215	225	281	255
120	225	251	262	326	299
150	260	290	304	377	347
185	297	334	350	431	399
240	350	397	415	511	474
300	404	460	482	590	550
400	—	558	585	711	667
500	—	647	678	821	774
630	—	754	791	954	903

Taulukko B.52.7 Taulukon B.52.1 mukainen asennustapojen E, F ja G kuormitettavuudet ampeereina. PEX- tai EPR-eristeiset alumiinijohtimet. Johtimen lämpötila: 90 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C

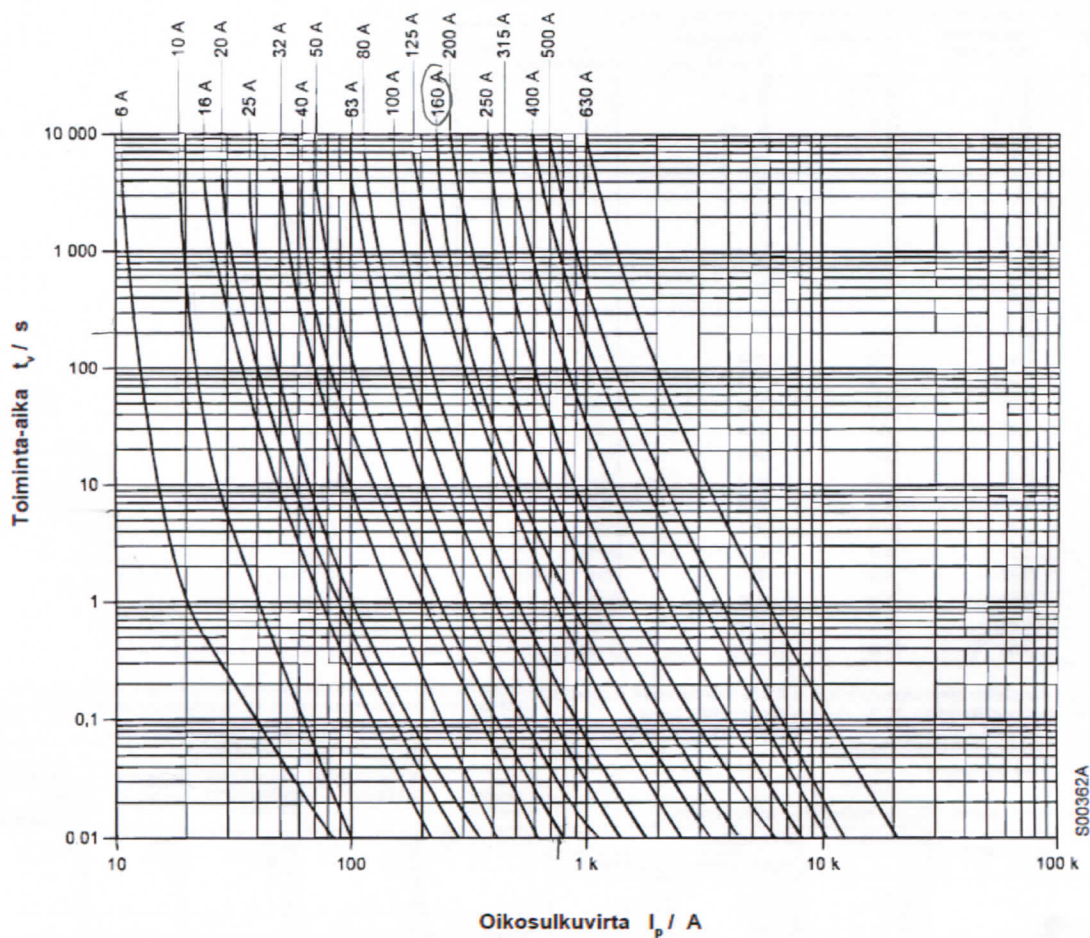
Johtimen nimellinen poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli	Yksijohdinkaapeli			
	Kolme kuormitet- tua johdinta	Kolme kuormitet- tua johdinta kolmiossa	Kolme kuormitettua johdinta, tasossa		
			koskettavat	Erillään	
				Vaakatasossa	Pystytasossa
			 tai	 D _e	 D _e
1	2	3	4	5	6
16	80	—	—	—	—
25	101	107	111	144	127
35	125	134	140	179	159
50	152	165	172	218	195
70	194	214	224	282	254
95	236	263	275	345	312
120	274	308	320	402	365
150	316	357	372	466	424
185	361	411	430	536	489
240	425	490	512	635	583
300	490	569	594	736	678
400	—	689	722	890	824
500	—	800	838	1030	958
630	—	935	980	1200	1120

Taulukko B.52.6 Taulukon B.52.1 mukainen asennustapojen E, F ja G kuormitettavuudet ampeereina. PEX- tai EPR-eristeiset kuparijohtimet. Johtimen lämpötila: 90 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C

Johtimen nimellinen poikkipinta mm ²	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli	Yksijohdinkaapeli			
	Kolme kuormitet- tua johdinta	Kolme kuormi- tettua johdinta kolmiossa	kolmek- kettaen	Kolme kuormitettua johdinta tasossa	
				erillään	Pystytasossa
			 tai	 D _e	 D _e
1	2	3	4	5	6
1,5	24	—	—	—	—
2,5	33	—	—	—	—
4	44	—	—	—	—
6	56	—	—	—	—
10	78	—	—	—	—
16	104	—	—	—	—
25	132	140	147	189	167
35	164	176	183	235	209
50	200	215	225	286	256
70	256	279	290	367	331
95	310	341	356	447	405
120	370	398	416	520	472
150	415	462	483	600	548
185	474	530	554	687	629
240	560	631	659	812	747
300	646	731	765	938	866
400	—	856	902	1128	1048
500	—	984	1038	1303	1216
630	—	1132	1197	1512	1416

OFAA -sulakkeiden toiminta-ajat

Arvot pätevät myös teollisuussulakkeille OFAA_H20.



TAULUKKO 2.1. Kehon kokonaisimpedanssi Z_i 50/60 Hz vaihtovirralla ja suurilla kosketuspinoilla (Ω).

Kosketusjännite (V)	Kehon kokonaisimpedanssin arvot, jotka eivät ylitä		
	5 %	50 %	95 %
	prosenttiosuudella väestöstä		
25	1 750	3 250	6 100
50	1 450	2 625	4 375
75	1 250	2 200	3 500
100	1 200	1 875	3 200
125	1 125	1 625	2 875
220	1 000	1 350	2 125
700	750	1 100	1 550
1 000	700	1 050	1 500
Asymptioottinen arvo	650	750	850

