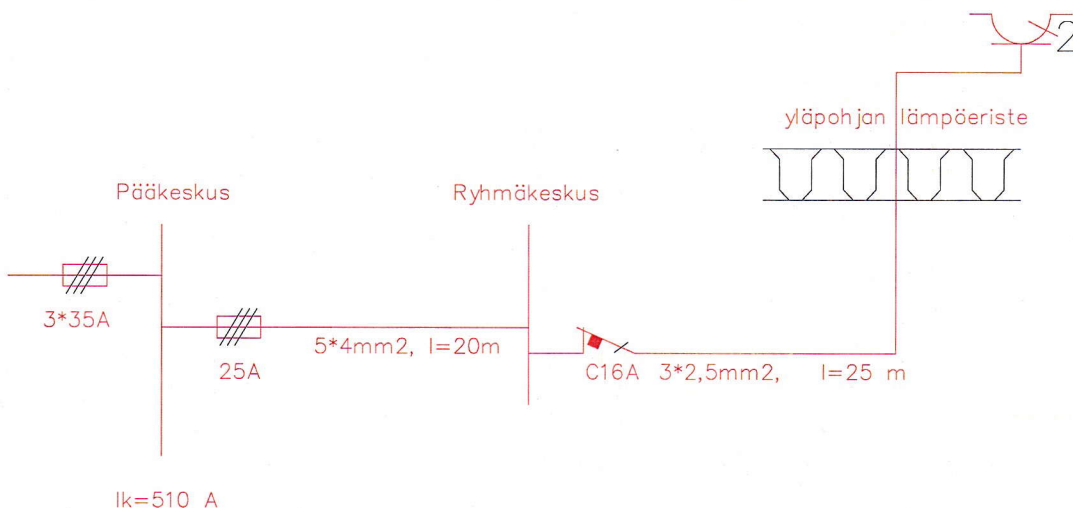


## Tentti 22.12.2016

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

- TTY:n opiskelija haluaa tulevaisuudessa pätevyiden toimia sähkönkäytön johtajana. Kerro yksityiskohtaisesti millä edellytyksillä hän saa tehtävässä vaadittavan pätevyiden.
- Sähkölaite on kytketty pitkän ryhmäjohdon päässä olevaan pistorasiaan. Laitteen johtava kuori (ja pistorasia) on suojamaadoitettu ja laitteen vikasuojaus on toteutettu ns. nopean poiskytkennän menetelmällä, B16A johdonsuojakytkimellä. Ryhmässä ei ole vikavirtasuojakytkintä. Laitteeseen tulee oikosulkuvika, jossa vaihejohto kytketty laitteen kuoreen. Ryhmäjohto on tyyppiä MMJ 3\*2,5S (2,5mm<sup>2</sup> Cu) ja se on kytketty keskukseen, jonka oikosulkuvirta on 350A. Laitteen liitosjohdon vaikutus voidaan olettaa mitättömäksi ja vikaresistanssi nolllaksi.
  - Kuinka pitkä ryhmäjohto voi maksimissaan olla?
  - Kuinka suuri kosketusjännite muodostuu laitteen kuoreen, kun ryhmäjohtoon pituus on edellä lasketun suuruinen?
  - Kuinka suuri virta kulkee ihmisen läpi (virta joka ei ylitä noin 95%:lla ihmisistä) kun ihminen koskee paljain jaloin/käsin vian aikana laitetta? Kerro perustellen kuinka vaarallinen tällainen tilanne on ihmiselle?
- Mainitse toimintatestien lisäksi ainakin neljä eri mittausta (/testausta), jotka pitää tehdä tavallisen omakotitalon sähköasennusten käyttöönotto tarkastuksessa.
- Kerro lyhyesti:
  - Mitä tarkoitetaan kelpoisuustodistuksella?
  - Mitä tarkoitetaan potentiaalinhajauksella?
  - Mitä tarkoitetaan luontaisella suojauksella ylijännitesuojauksen yhteydessä?
  - Mitä ylijännitesuojauksen toteuttamiseen liittyviä velvoittavia määräyksiä SFS6000 standardeissa on asetettu tavallisten asuinrakennusten sähköasennuksille?
  - Millä eri menetelmillä voidaan tehdä jännitetöitä?
- Ao. kuvan mukaiset asennukset toteutetaan omakotitaloon. Asennukset tehdään PVC eristeisellä MMJ kaapelilla (Cu johtimet) seinän pinnalle (ei seinän sisälle) asennettuun putkeen. Rakennuksen vintille asennetun pistorasian syöttökaapeli viedään yläpohjan villoituksen (500 mm) läpi. Ympäristön lämpötilan voidaan olettaa olevan kaikkialla max. 30°C. Toteutuuko ylikuormitussuojaus asennuksessa?



# TAULUKOITA

Johtimien poikkipinta A/mm <sup>2</sup>	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 eteenipropeenikumi (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 <sup>2</sup>	PVC > 300 mm <sup>2</sup>	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 <sup>a</sup>
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 asennettävien kaapellen yhteydessä käytettävät korjauskertoimet muita 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 kuormitettavuustaulukon 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	0,72	0,71	0,70	Ei korjauskertoimia useammalle kuin yhdeksälle piirille tai monijohdinkaapeleille			B.52.2... B.52.3 asennustapa C
3	Yhdessä kerroksessa kiinnitettynä suoraan puisen alakaton pinnalle	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
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	Ei korjauskertoimia useammalle kuin yhdeksälle piirille tai monijohdinkaapeleille			B.52.4... B.52.7 asennustavat E ja F
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 kaapeliin etäisyys toisistaan vaakatasosta ylittää kaksi kertaa niiden kokonaishalkaisijan, korjauskertoimia ei tarvitse soveltaa.

HUOM. 3 Samoja kertoimia sovelletaan:  
– kahden tai kolmen yksijohdinkaapeliin ryhmiin  
– monijohdinkaapeleihin.










HUOM. 4 Jos järjestelmään kuuluu sekä kaksi- että kolmijohdittaisia kaapeleita, kaapeliin kokonaismäärää vastaa piirien lukumäärä 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 sarake				
	Yksittäisen piirin kuormitettavuus	PVC-eristeinen	PEX/EPR-eristeinen	Lämpötilan korjauskertoin	Ryhmästä johtuva korjauskertoin
	2	3	4	5	6
 huone Eristetyt johtimet lämpöeristettyyn seinään upotetussa putkessa	A/ A1	B.52.2 sarake 2/3	B.52.3 sarake 2	B.52.14	B.52.17
 huone Monijohdinkaapeli lämpöeristettyyn seinään upotetussa putkessa	A/ A2	B.52.2 sarake 2/3	B.52.3 sarake 2	B.52.14	B.52.17
 Eristetyt johtimet pinnalle asennetussa putkessa	B/ B1	B.52.2 sarake 4/5	B.52.3 sarake 3	B.52.14	B.52.17
 Kaapeli pinnalle asennetussa putkessa	B/ B2	B.52.2 sarake 4/5	B.52.3 sarake 3	B.52.14	B.52.17
 Yksi- tai monijohdinkaapelit puuseinällä	C	B.52.2 sarake 6/7	B.52.3 sarake 4	B.52.14	B.52.17
 Monijohdinkaapelit maassa	D	B.52.2 sarake 8	B.52.3 sarake 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
 Yksijohdinkaapelit koskettavat toisiaan vapaasti ilmassa Itäisyys seinään vähintään 0,3 kertaa kaapelin halkaisija	F	Kupari B.52.4 Alumiini B.52.5	Kupari B.52.6 Alumiini B.52.7	B.52.14	B.52.17
 Yksijohdinkaapelit vapaasti ilmassa enillään toisistaan Itäisyys vähintään kaapelin halkaisija	G	Kupari B.52.4 Alumiini B.52.5	Kupari B.52.6 Alumiini B.52.7	B.52.14	-

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

Johtimen nimellinen poikkipinta mm <sup>2</sup>	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
<b>Kupari</b>							
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
<b>Alumiini</b>							
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

Taulukko B.52.3 Kuormitettavuudet ampeereina asennustavoille A, B, C ja D. PEX- tai EPR-eristeiset 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 <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa			
	A	B	C	D
1	2	3	4	5
<b>Kupari</b>				
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	236	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
<b>Alumiini</b>				
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

gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellsvirta 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 mukaisten asennustapojen E, F ja G kuormitettavuudet ampeereissa PVC-eristetyt kuparijohtimet. Johtimen lämpötila: 70 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C**

Johtimen nimellinen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli		Yksijohdinkaapeli		
	Kolme kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta kolmiossa	Kolme kuormitettua johdinta tasossa		
			Koskettaen	Etäisyydellä	
			Vaakatasossa	Pystytasossa	
	E	F	F	G	G
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 mukaisten asennustapojen E, F ja G kuormitettavuudet ampeereina PVC-eristetyt alumiinijohtimet. Johtimen lämpötila: 70 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C**

Johtimen nimellinen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli		Yksijohdinkaapeli		
	Kolme kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta kolmiossa	Kolme kuormitettua johdinta tasossa		
			Koskettaen	Etäisyydellä	
			Vaakatasossa	Pystytasossa	
	E	F	F	G	G
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.52.6 Taulukon B.52.1 mukaisten asennustapojen E, F ja G kuormitettavuudet ampeereina PEX- tai EPR-eristetyt kuparijohtimet. Johtimen lämpötila: 90 °C. Ympäristön lämpötila: 25 °C**

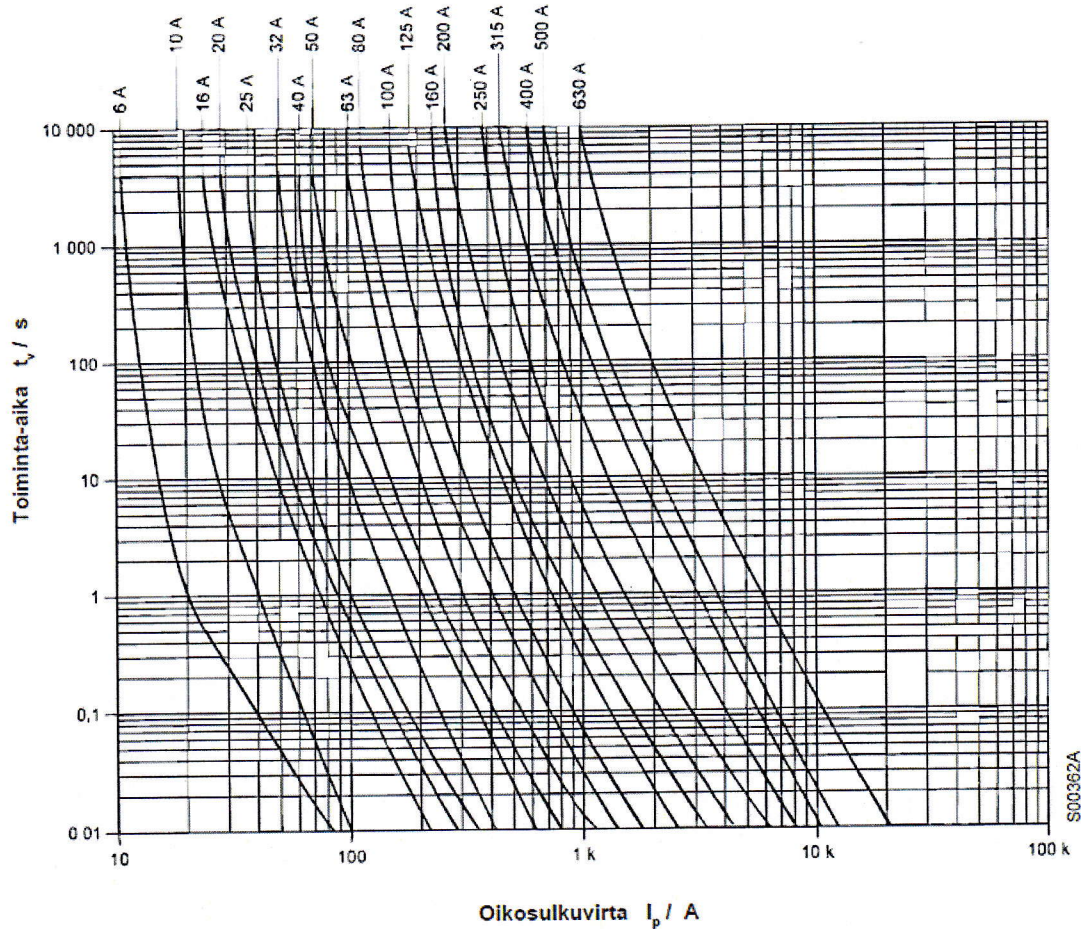
Johtimen nimellinen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli		Yksijohdinkaapeli		
	Kolme kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta kolmiossa	Kolme kuormitettua johdinta tasossa		
			koskettaen	erillään	
			Vaakatasossa	Pystytasossa	
	E	F	F	G	G
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

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

Johtimen nimellinen poikkipinta mm <sup>2</sup>	Taulukon B.52.1 mukainen referenssiasennustapa				
	Monijohdinkaapeli		Yksijohdinkaapeli		
	Kolme kuormitettua johdinta	Kolme kuormitettua johdinta kolmiossa	Kolme kuormitettua johdinta, tasossa		
			koskettavat	erillään	
			Vaakatasossa	Pystytasossa	
	E	F	F	G	G
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

## OFAA -sulakkeiden toiminta-ajat

Arvot pätevät myös teollisuussulakkeille OFAA\_H20.



**TAULUKKO 2.1.** Kehon kokonaisimpedanssi  $Z_i$  50/60 Hz vaihtovirralla ja suurilla kosketuspinoilla ( $\Omega$ ).

Kosketusjännite (V)	Kehon kokonaisimpedanssin arvot, jotka eivät ylitä		
	5 %	50 %	95 %
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
Asymptiottinen arvo	650	750	850

