Markku Monni

Käsiraamat professionaalsete elektrijaotusvõrgu elektrikute ettevalmistamiseks
TÖÖD ÕHULIINIDEL

Originaali pealkiri: Ilmajohtoverkostotyöt , autor Markku Monni.
© Eestikeelse tõlke ainulevitamise õigus kuulub: Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit MTÜ 2014
Tõlkinud: Tallinna Tehnikaülikool: Tõnu Lehtla, Raivo Teemets, Toivo Varjas.
Tõlge valmis EETEL MTÜ ja Euroopa Liidu Leonardo Da Vinci fondi toetusel läbi viidud projekti DC Net raames:

LEONARDO DA VINCI TRANSFER OF INNOVATION PROJECT
Under the Lifelong Learning Programme
DC-NET- New approach to become a qualified multinational network electrician -AGREEMENT n° LLP-LdV-TOI-2012-LT-0118

Esikaane foto: Are Veski, uuendatud elektrivõrk Läänemaal.

© 2010 Markku Monni ja Adato Energia Oy
TÖÖD ÕHULIINIDEL, täielikult uuendatud 5. väljaanne
ISBN 978-952-9696-43-7

TÖÖD ÕHULIINIDEL
SISUKORD

1. Õhuliinivõrgud 13
1.1. Üldist 13
1.2. Õhuliinide edastusvõime ja ehitus 14
1.3. Kulude võrdlus õhuliin – maakaabel 14
1.4. Õhuliinide projekteerimine

2. Asendiplaanid - tööjoonised 15
2.1. Üldist 15
2.2. Tööjooniste nimetused 15
2.2.1. Kaart 15
2.2.2. Võrgu asendiplaan 15
2.2.3. Asukoha plaan 20
2.2.4. Tööjoonised 20
2.3. Tööobjekti joonised 20
2.3.1. Objekti asukoha plaan 20
2.3.2. Tööobjekti üldplaan 21
2.3.3. Asendiplaan 21
2.4. Asendiplaani joonestamine 21
2.4.1. Asendiplaani aluskaart 21
2.4.2. Asendiplaani mõõtkava 22
2.4.3. Asendiplaani joonestamise viisid 22
2.4.3.1. Liinide joonestamise viisid 22
2.4.3.2. Kaablitorude kujutamine 22
2.4.3.3. Demonteeritav liin või võrgu komponent 23
2.4.3.4. Ümberehitatav võrk 23
2.4.3.5. Väljavahetatav mast 23
2.4.3.6. Liini tähised 23
2.4.3.7. Toiteliini tähised 23
2.4.3.8. Sidevõrgu kujutamine 23
2.4.3.9. Maandused ja maandussüsteemid 23
2.4.3.10. Võõraste liinide tähistamine 23
2.4.4. Töölõikude tähised 25
2.4.4.1. Töölõikude nummerdamine 25
2.4.4.2. Töölõigutähised õhuliinil 25
2.4.4.3. Töölõigutähised kaablil 25
2.4.5. Asendiplaani joonestamine käsitsi 25

3. Liinikonstruktsioonide arvutamine 28
3.1. Õhuliinieeskirjad ja standardid õhuliinide paigaldamiseks 28
3.2. Õhuliinikonstruktsioonide arvutamine 28
3.3. Tugevusarvutustest tulenevad nõuded 28
3.3.1. Tugevusarvutuste lubatud tulemused VIM A4-93 alusel 28
3.3.2. Tugevusarvutus õhuliinistandardite alusel 30
3.4. Teoreetiline vaatlus 31
3.4.1. Erinevad pingsused 31
3.4.2. Jõudude vektorarvutused 35
3.4.3. Liinidele mõjuvad jõud 36
3.4.3.1. Liinidele mõjuvad jõud VIM A4-93 järgi 36
3.4.3.2. Liinidele mõjuvad jõud õhuliinistandardite järgi 39

3.4.4. Masti materjalid 39
3.4.5. Masti arvutamine 42
3.4.5.1. Masti arvutamine VIM A4-93 alusel 42
3.4.5.2. Masti arvutamine õhuliinistandardite alusel 43
3.5. Konstruktsioonilahendused 44
3.5.1. Üldist 44
3.5.2. Kandemast 45
3.5.3. Ankrumast 45
3.5.4. Tõmmitsatega nurgamast 46
3.5.5. Tõmmitsatega lõpumast 46

4. Võrgu elektrotehniline arvutamine 47
4.1. 0,4 kV õhuliinivõrk 47
4.1.1. Üldist 47
4.1.2. Madalpingeõhuliinide koormatavus 47
4.1.3. Madalpingeõhuliinide liigpingekaitse 48
4.1.4. Õhuliinide kaitse vigastuste eest sulavkaitsmetega 49
4.1.4.1. Üldist 49
4.1.4.2. Sulavkaitsmetega tagatud kaitse teostamine 50
4.1.4.3. Näiteid AMKA-võrgu sulavkaitsmetega kaitsmisest 51
4.1.4.4. Ühefaasilise lühisvoolu ja kaitsme suuruse määramine 51
4.1.5. Õhuliinivõrgu maandused 54
4.1.5.1. Maandamise alused 54
4.1.5.2. Maanduselektroodi paigaldamine 56
4.1.5.2.1. Maanduselektrod 56
4.1.5.2.2. Maanduskoha valik 56
4.1.5.2.3. Maanduselektroodi süvistamine 57
4.1.6. Nullimise tingimused ja nende teostamine 62
4.1.7. Pinge kvaliteet 63
4.1.7.1. Üldist pinge kvaliteedist 63
4.1.7.2. Pinge muutused jaotusvõrgus 63
4.1.8. Liigpingekaitse 65
4.2. 20 kV õhuliinivõrk 65
4.2.1. Üldist 65
4.2.2. Pingelang 65
4.2.3. Lühisvool 67
4.2.4. Maalühendusvool 68

5. Elektrivõrgu projekteerimine 70
5.1. Võrgu projekteerimise alused 70
5.1.1. Elektrivõrgu perspektiiv plaan 70
5.1.2. Elektrivõrgu projekteerimisest tuleneva vastutuse jagunemine 70
5.1.3. Võrguprojekti teostamine 72
5.2. Liini projekteerimine 72
5.2.1. Liini projekteerimise alused 72
5.2.2. Võrguprojektiasendiplaan 73
5.2.3. Trassi projekteerimine 73
5.2.4. Transpordiühenduse valik 74
5.2.5. Uue õhuliini projekteerimine 75
5.2.5.1. Projekteerimisvajadus 75

6. Liinikoridori lepingud 76
6.1. Üldised alused 76
6.1.1. Liitumistingimuste alused 76
6.1.2. Soovituslik leping side- ja elektriliinide kohta 76
6.1.3. Naabrussuhete seaduse alusel 76
6.1.4. Maakasutus- ja ehitusseaduse sätete alusel 77
6.1.5. Detailplaneeringu koostamisel toimuva koostöö kaudu 77
6.2 Soovituslik leping side- ja elektriliinide kohta 77
6.2.1. Üldist 77
6.2.2. Hüvitise maksmise alused 78
6.2.3. Hüvitised metsamaal 78
6.2.3.1. Metsandusele tekitatud kahjud 78
6.2.3.2. Metsandusele tekitatud ebameeldivused 78
6.2.4. Hüvitised põllumaade eest 80
6.2.4.1. Põllumajanduskahjud 80
6.2.4.2. Ebameeldivused põllumajandusele 80
6.2.5. Hüvitised erijuhtudel 81
6.2.6. Tasaarveldusmenetlus 81
6.2.7. Põllu metsastamine 82
6.2.8. Hüvitiste maksmine 82
6.3. Liinikoridori kasutusõiguse lepingu sõlmimine 82
6.4. Tööaegsete kahjustuste hüvitamine 88

7. Liini maastikuprojekteerimistööd 89
7.1. Üldist 89
7.2. Liinitrassi määratlemine 89
7.3. Pikkuse mõõtmine 92
7.4. Liinikoridori kaardistamine 93
7.5. Nurkade mõõtmine 94
7.6. Pikiprofiili nivelleerimine 95
7.7. Masti- ja tõmmitsakohtade tähistamine 98

8. Tööprojekt 100
8.1. Üldist 100
8.2. Asendiplaan 101
8.3. Konstruktsioonide loetelu 102
8.4. Tarvikute loetelu 102
8.5. Töömahtude loetelu 103

9. Tellimine ja teostus 104
9.1. Üldist 104
9.2. Tellimine 104
9.2.1. Pakkumiskutse sisu 104
9.2.2. Töö seletuskiri 104
9.2.3. Koguste loetelu 104
9.2.4. Tarvikute hankimine 105
9.2.5. Pakkumuse parimaks tunnistamine 105
9.3. Teostamine 105
9.3.1. Üldist 105
9.3.2. Jaotusvõrgu käidutoimingud võrgutöövõtu ajal 106
9.3.3. Jaotusvõrgu ehitamise ettevalmistamine 107
9.3.4. Jaotusvõrgu ehitamine 107

9.3.5. Valmis jaotusvõrgu kasutuselevõtt 108

10. Õhuliinivõrgu ehitustööde ettevalmistamine 109
10.1. Isikukaitsevahendid ehitustöödel 109
10.2. Liinikoridori dimensioneerimine 109
10.3. Liinikoridori puhastamine 110
10.4. Liinikoridori puhastamisel kasutatavad masinad 111
10.4.1. Üldist 111
10.4.2. Mootorsaag 112
10.4.3. Saagimine mootorsaega 113
10.4.4. Mootorsae hooldus 116
10.4.5. Võsatrimmer 117
10.4.6. Trimmeri kasutamine liinikoridori puhastamisel 117

11. Transport ja tõsted 119
11.1. Transport 119
11.1.1. Nõuded juhtimisõigusele 119
11.1.1.1. Üldist 119
11.1.1.2. Näiteid juhiloakategooria kohta kehtivatest nõuetest 119
11.1.2. Inimeste transport 119
11.1.3. Materjalide transport 119
11.1.3.1. Üldist 120
11.1.3.2. Mastide vedaminebrigaadiautoga 121
11.1.3.3. Mastide vedamineerisõidukitega 121
11.1.3.4. Mastide vedaminepüstitamiskohale 122
11.1.3.5. Juhtmematerjali vedu 122
11.1.3.6. Muu materjali vedamine 123
11.2. Tõstetööd 123
11.2.1. Üldist 123
11.2.2. Tõstuki kasutamine võrgus ehitustöödes tegemisel 123
11.2.3. Inimeste tõstmine tõstukiga 124
11.2.4. Inimeste tõstmine tõstukikorviga võrgus töötamise ajal 125

12. Liikluskorraldused 126
12.1. Üldist 126
12.2. Teehoidja vastutus 127
12.3. Vajalikud load 127
12.4. Tööohutusega seotud toimingud 127
12.5. Liikluskorralduste teostamine 128
12.6. Näiteid liikluskorraldustest 129

13. Infovahetus 134
13.1. Üldist 134
13.2. Raadiotelefonivõrk 134
13.2.1. Raadiotelefoniside 134
13.2.2. Raadiotelefoni kasutamine ja hooldus 135
13.3. Mobiiltelefoniside

14. Mastide komplekteerimine 136
14.1. Komplekteerimise ajastamine 136
14.2. Komplekteerimise üldpõhimõtted 136
14.3. Komplekteerimine enne püstitamist 136

14.4. Komplekteerimine pärast püstitamist 137
14.5. Komplekteerimise töövahendid 137
14.6. Ronimine masti otsa ja seal töötamine 137

15. Mastide püstitamine 141
15.1. Mastide püstitamine masinatega 141
15.1.1. Masti süvistamissügavus 141
15.1.2. Masti riiglid 141
15.1.3. Mastide püstitamine ekskavaatoriga 142
16. Mastide tõmmitsate paigaldamine 145
16.1. Tõmmitsate paigaldamise alused 145
16.1.1. Tõmmitsa suuna määramine 145
16.1.2. Tõmmitsa kalle ja tekkiv nurk 146
16.1.3. Tõmmitsaankru asukoha tähistamine 146
16.1.4. Tõmmitsatross 147
16.1.5. Pinnase omadused 147
16.2. Praktiline teostus 147
16.2.1. Maasse kaevatav tõmmitsaankur 147
16.2.2. Kaljusilmus 148
16.2.3. Tõmmitsaisolaatori ja trossi kinnitamine isolaatori külge 149
16.2.4. Tõmmitsa ülemise otsa kinnitus masti külge 150
16.2.5. Tõmmitsa trossi kinnitamine ankru külge 151
16.2.6. Tõmmitsavool 151
16.2.7. Tõmmitsa tähistamine 151
16.2.8. Näiteid tõmmitsaisolaatori paigutamisest 152
16.3. Tõmmitsate paigaldamise töömasinad 153
16.3.1. Kaljupuurmasin 153

17. Erikonstruktsiooniga mastid 155
17.1. A-mast 155
17.2. Liigendtoega puitmast 155
17.3. Kaljumast 156
17.4. Soomast 157

18. AMKA omadused ja kasutamine 158
18.1. Rippkeerdkaabli omadused 158
18.2. Kasutus kohad 159
18.3. AMKA-liini vahekaugused lähiümbrusest 159
18.4. AMKA-liini vahekaugused teistest liinidest 160
18.4.1. Vahekaugus teistest liinidest VIM A4-93 alusel 160
18.4.2. Vahekaugus teistest liinidest SFS 6003 alusel 161

19. AMKA-liini paigaldamine 162
19.1. Üldist 162
19.2. Näiteid paigaldusest 162
19.2.1. Kandemast sirgele liinilõigule 162
19.2.2. Sisenurga nurgamast 163
19.2.3. Välisnurga nurgamast 163
19.2.4. Lõpumast, tõmmitsatega mast 163
19.2.5. Lõpetamine hoone seinal konksu abil 164
19.2.6. Hargnemismast, kaks liiniharu 164
19.3. Tõmmitsa kinnituskoht AMKA-liinil 164

19.4. Paigaldustarvikud 165
19.5. Juhtme vedamine käsitsi 167
19.6. Juhtme mehhaaniline i vedamine 168
19.7. Juhtme pingutamine 169
19.8. Juhtme lõpukinnitustamine 171
19.9. Juhtme kinnitamine 172
19.10. AMKA-juhtme jätkamine 172
19.11. AMKA-liini ühendamine ja hargnemine 175
19.11.1. Üldist 175
19.11.2. Ühendamistehnika 175
19.11.3. Näiteid ühendamisest 177
19.12. AMKA-kaabli tähistused 179
19.12.1. Üldist 179
19.12.2. 1 kV AMKA-liini tähistused 179
19.12.3. 0,4 kV AMKA-liini tähistused 180
19.13. AMKA-kaabli ühendamine kasutusel oleva võrguga 180
19.13.1. Uue AMKA-haruliini ühendamine AMKA-magistraalliiniga ringtoitega võrgus 180
19.13.2. Uue AMKA-haruliini ühendamine radiaalse võrgu AMKA-magistraalliiniga 185
19.13.3. Uue AMKA-haruliini ühendamine paljasjuhtmega madal pingeõhuliiniga 185
19.14. Tööd kasutuses oleval liinil 187
19.15. Pingealused tööd AMKA-liinil 187
19.15.1. Üldist 187
19.15.2. Pingealuse töö eeltingimused 187
19.15.3. Suur ebameeldivus 187
19.15.4. Kvalifikatsioon ja koolitus 187
19.15.5. Kirjalik tööjuhis 188
19.15.6. Ohutustoimingud ja tööriistad 188
19.15.7. Ohutusjärelevalve 188
19.16. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll 189
19.16.1. Dokumenteerimine 189
19.16.2. Kasutuselevõtukontroll

20. Paljasjuhtmetega 20 kV õhuliini kasutamine ja omadused 191
20.1. Kasutusobjektid 191
20.2. Juhtmed 191
20.3. Mastikonstruktsioonid ja tarvikud 193
20.3.1. Üldist 193
20.3.2. Kandemasti traaversikonstruktsioonid 193
20.3.3. Kandetraaversimasti tõmmitsate paigaldamine 194
20.3.4. Nurgatraaversikonstruktsioonid 195
20.3.5. Nurgatraaversite tõmmitsate paigaldamine 195
20.3.6. Lõputraaversid 196
20.3.7. Paigaldustarvikud 197
20.4. 20 kV paljasjuhtmega õhuliini vahekaugused ümbritsevate objektideni ja teiste liinideni 199
20.4.1. Vahekaugused VIM A4-93 alusel 199
20.4.2. Vahekaugused õhuliinistandardite alusel 200

21. Paljasjuhtmetega 20 kV õhuliini paigaldamine 202

21.1. Juhtmete vedamine käsitsi 202
21.2. Juhtmete mehhaaniline vedamine 203
21.2.1. Veoseadmed 203
21.2.2. Juhtmete vedamine kerimismasinaga 205
21.2.3. Ehitatava liini töökohamaandus 206
21.3. Juhtmete pingutamine 207
21.4. Juhtmete lõpetamine 209
21.5. Juhtmete sidumine 209
21.5.1. Eeskirjad ja juhised 209
21.5.2. Tööohutus 210
21.5.3. Sidumistraat 210
21.5.4. Sidumine külgsoonde 211
21.5.5. Sidumine tipusoonde 212
21.5.6. Eelpingestatud spiraalside 212
21.5.7. Sidumise abivahendid 213
21.6. Juhtmete jätkamine ja hargnemine 214
21.7. Toite katkestusega liini ühendamine kasutuses oleva võrguga 215
21.8. Tööd kasutuses oleval liinil 217
21.9. Pingealused tööd 217
21.9.1. Üldist 217
21.9.2. Pingealuse töö klassid 217
21.9.3. Tööohutus pingealusel tööl 217
21.9.4. Paljasjuhtmetega 20 kV õhuliinil lubatud pingealused tööd 218
21.10. 20 kV õhuliinide tähised 218
21.10.1. Üldist 218
21.10.2. Eluohtlik –silt õhuliini mastil 219
21.10.3. 20 kV mastidel ühise kasutuse eest hoiatav lint 219
21.10.4. 20 kV õhuliinivõrgu faasijärjestuse tähistamine 219
21.10.5. Õhusõidukite hoiatustähised 20 kV mastidele 219
21.10.6. Töömaanduskoha tähistamine 220
21.11. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll 220
21.11.1. Dokumenteerimine 220
21.11.2. Kasutuselevõtukontroll 220

22. Isoleeritud juhtmetega õhuliinide kasutamine ja omadused 222
22.1. Üldist 222
22.2. PAS-liini juhe 222
22.2.1. Üldist 222
22.2.2. Juhtme ehitus 222
22.3. PAS-liini paigaldamisetöö kohta kehtivad nõuded ja soovitused 223
22.3.1. Üldist 223
22.3.2. PAS-liini vahekaugused ümbritsevate objektideni ja teiste liinideni 224
22.3.3. PAS-liini paigaldustarvikud 224

23. PAS-liinide paigaldamine 226
23.1. PAS-liinide vedamine 226
23.2. PAS-liini lõpetamine 226
23.3. PAS-liini koorimine 227
23.4. PAS-juhtmete pinguldamine 227
23.5. PAS-juhtmete sidumine 228
23.6. Elektrikaarekaitse ja elektrikaarekaitsete paigaldamine 228
23.6.1. Elektrikaarekaitse 228

23.6.1.1. Üldist 228
23.6.1.2. Elektrikaarekaitse teostusviisid 228
23.6.2. Elektrikaarekaitsete paigaldamine 230
23.6.2.1. Elektrikaarekaitse paigaldamine 230
23.6.2.2. Õhusädevahemiku paigaldamine 230
23.6.2.3. Voolupiiriku paigaldus 231
23.7. Puuteklemmide paigaldamine 231
23.8. Töömaanduskoha paigaldamine PAS-liinile 231
23.9. Töökohamaandamine PAS-liinidel 231
23.10 PAS-liini jätkamine 232
23.11. Resonantsi summutamine 232
23.12. Pingealused tööd PAS-liinidel 232
23.12.1. Üldist 232
23.12.2. PAS-liini pingealuse töö ühendushoob 232
23.12.3. Näiteid PAS-liini ühendamisest pingealuse tööna 233
23.13. PAS-liinide tähistused 233
23.14. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll 233

24. 20 kV universaalkaabli paigaldised 234
24.1. Üldist 234
24.2. Kõrgepinge universaalkaabli konstruktsioon 234
24.2.1. Õhuliinistandardi punkti 2.1.14.2 (1-45 kV SFS-EN 50423-1) alusel 234
24.2.2. Näidiskaabliks oleva AHXAMK-WM –kaabli konstruktsioon 234
24.3. Kasutuskohad 234
24.4. Vahekaugused ümbritsevate objektideni ja teiste liinideni 234
24.5. Paigaldustarvikud 235
24.6. Paigaldamine, otste ja jätkukohtade tegemine 236

25. Õhuliinide ehitamine liiklustrassi ning puhkeala lähedusse 238
25.1. Üldist 238
25.2. Õhuliin tee või sellele vastava muu liiklustrassi läheduses 238
25.2.1. Üldist 238
25.2.2. Tee läheduses paiknevate õhuliinide vahekauguse nõuded antud eeskirjade, juhiste ja standardite alusel 239
25.2.2.1. Vahekauguse nõuded VIM A4-93 alusel 239
25.2.2.2. Vahekauguse nõuded õhuliinistandardi SFS-EN 50341-1 alusel 242
25.2.2.3. Vahekauguse nõuded madalpingeõhuliinide standardi SFS 6003 alusel 242
25.2.2.4. Vahekauguse nõuded juhise Sähköjohdot ja yleiset tiet alusel 242
25.3. Õhuliin raudtee läheduses 243
25.3.1. Vahekauguse nõuded VIM A4-93 alusel 243
25.3.2. Vahekauguse nõuded õhuliinistandardi SFS-EN 50341-1 alusel 244
25.4. Õhuliin kanali või muu veetee läheduses 244
25.4.1. Vahekauguse nõuded VIM A4-93 alusel 244
25.4.2. Vahekauguse nõuded õhuliinistandardi SFS-EN 50341-1 alusel 244
25.4.3. Merenkulkulaitose juhis 1369/00/2008 244
25.5. Õhuliin puhkeala läheduses 246

26. Ühikasutuses mastide konstruktsioon 247
26.1. Üldist 247
26.2. Ühiskasmastide konstruktsioon VIM A4-93 alusel 247
26.2.1. Üldist 247
26.2.2. Kõrgepingeliin/kõrgepingeliin 247

26.2.3. Kõrgepingeliin/madalpingeliin 248
26.2.4. Kõrgepingeliin/sideliin (side rippkaabel) 249
26.2.5. Madalpingeliin/madalpingeliin 251
26.2.6. Madalpingeliin/sideliin 251
26.2.7. Elektri- ja sideettevõtete mastide ühiskasutus 253
26.2.8. Elektri- ja sidevõrgu ühismaandus 253
26.2.9. Mastide ühiskasutuse kohta kehtiv ohutusjuhis 255
26.2.10. Tugevvoolukaabel/mehhaaniline kaabel 255
26.3. Ühiskasutuses mastikonstruktsioonid õhuliinistandardite alusel 255
26.3.1. Üldist 255
26.3.2. Ühiskasutuses mastide konstruktsioonide juhised standardi SFS-EN 50341 alusel 255
26.3.3 Ühiskasutuses mastide konstruktsioonid madalpingeõhuliinistandardi SFS 6003 alusel 256

27. Liinilahklülitid ja lahklülititega lahutuspunktid 258
27.1. Üldist 258
27.2. Lahklülititega lahutuspunktide hoolduseks väljalülitamise kohad 258
27.3. Liini lahklülitite ehitamine 259
27.3.1. Mastide püstitamine 259
27.3.2. Lahklülitite paigaldamine 259
27.4. Näiteid paigaldusest 260
27.4.1. Ühe mastiga lahklüliti 260
27.4.2. Kahe mastiga lahklüliti läbiva liiniga 261
27.4.3. Mastilahklüliti hargneval liinil 262
27.5. Lahklüliti ajamipaigaldamine 262
27.6. Lahklüliti maandamine 263
27.6.1. Üldist 263
27.6.2. Käsijuhtimisega mastilahutuspunkti maandamine 363
27.6.2.1. Üldist 263
27.6.2.2. Uue käsitsi juhtimisega mastilahutuspunkti maandus 264
27.6.2.3. Lahklüliti maandus olemasolevas mastis 265
27.7. Kaugjuhitavad maanduslahutuspunktid 266
27.7.1. Üldist 266
27.7.2. Lahutuspunkti ehitamine 266
27.7.3. Kaugjuhitava mastilahutuspunkti maandus 267
27.7.3.1. Üldist 267
27.7.3.2. Mastilahutuspunkti maandus, kui abipinge võetakse omatar betrafost 267
27.8. Maanduselektroodi paigaldamine 268
27.9. Mastilahutuspunkti tähistused 269
27.9.1. Üldist 269
27.9.2. Lahklülitite ja lahklülituskohtade tähistused 269
27.9.3. Õhuliinivõrgu kaugjuhtimisseadmete tähistused 269
27.10. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll 269
27.10.1. Dokumenteerimine 269
27.10.2. Kasutuselevõtukontroll 270

28. Vana liini käit 273
28.1. Üldist 273
28.2. Mastide vahetamine 273
28.2.1. Üldist 273

28.2.2. Mastide väljavahetamine pingealuse tööna 273
28.2.2.1. Mastide püstitamine isolatsioonimaterjalist mattide abil 273
28.2.2.2. Mastide vahetamine isolatsioonimaterjalist varraste abil 273
28.2.2.3. Mastide vahetamine isolatsioonimaterjalist tõstetraaversi abil 274
28.3. Mastide püstitamine käsitöö meetodiga 274
28.3.1 Kaevesügavus 274
28.3.2. Mastiaugu kaevamine 275
28.3.3. Masti püstitamine 276
28.3.4. Mastaugu täitmine 277
28.4. Paljasjuhtmetega 0,4 kV õhuliinid 277
28.4.1. Kasutuskohad 277
28.4.2. Vahekaugused ümbritsevate ojektideni ja teiste liinideni 278
28.4.3. Tõmmitsate paigaldamine 278
28.4.4. Paigaldus¬tarvikud 278
28.4.5. Mastikonstruktsioonid 279
28.4.6. Paljasjuhtmetega 0,4 kV õhuliini paigaldamine 279
28.4.7. Juhtmete vahetamine madalpingeliinil 281
28.4.8. AMKA ühendamine kasutuses oleva 0,4 kV õhuliinivõrguga 281
28.5. Paljasjuhtmetega 20 kV õhuliinid 283
28.5.1. Vanad 20 kV konstruktsioonid 283
28.5.2. Juhtmete vahetamine 20 kV liinidel 284
28.5.3. Tipukonstruktsiooni väljavahetamine 285
28.6. Mastide aluse toestamine 286
28.7. Mastide järelimmutamine 286
28.8. Liini demonteerimine 287
28.8.1. Üldist 287
28.8.2. Demonteerimistööde meetodid 288
28.8.3. Demonteerimistööde plaan 288
28.8.4. AMKA-rippkeerdkaabli demonteerimine 289
28.8.5. Paljasjuhtmetega õhuliini demonteerimine 289
28.8.6. Vanade mastide eemaldamine 290
28.8.7. Tõmmitsaankrute eemaldamine 290
28.9. Lammutustööde kohta koostatud raportid 290

1. ÕHULIINIVÕRGUD

1.1. Üldist

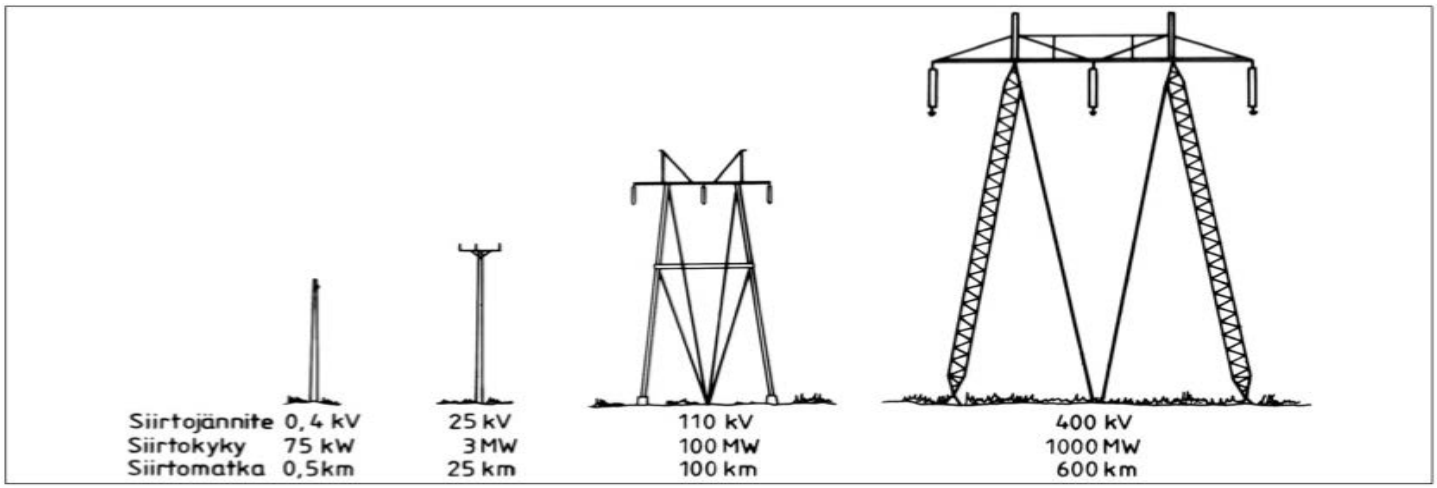
Elektrienergia tarnitakse elektritarbijale õhuliinide ja maakaablite kaudu. Kui suuri koguseid elektrit tuleb tarnida suurte vahemaade taha, on ülekandepingena soodsam kasutada kõrgepinget. Elektrienergia edastamiseks kasutatud kõrgepingeliinid (110 - 400 kV) on peamiselt õhuliinid. Soomes toimiva elektrienergia edastussüsteemi aluseks on põhivõrk, mis koosneb 110, 220 ja 400 kV õhuliinidest.

Joonis 1. Põhivõrgu õhuliinid.

Elektri jaotusvõrgu moodustavad peamiselt 20 kV ja 0,4 kV õhuliinivõrgud. Maapiirkondades ja linnade haja asutusega piirkondades kasutatavad õhuliinid on madalpingeliinid (0,4 kV). Haja asutusega maapiirkondades rajatakse AMKA-kaablitega ka 1000 V õhuliinivõrke.

Õhuliinide osakaal jaotusvõrkudes on maakaablite kasutuselevõtu laiendamise tõttu pidevalt kahanenud. Õhuliinid on seni veel mahu poolest eeskätt haja asustusega piirkondades kõige levinum jaotusvõrgu rajamise viis: kõige värskemad statistilised andmed pärinevad 2002 aastas, siis oli 0,4 – 1 kV õhuliine kasutuses 10 675 km õhuliinijuhtidena ja 148676 km rippkeerdkaablitena. 1 – 70 kV õhuliinijuhtidest oli 122057 km paljasjuhtmed ja 392 km isoleeritud juhtmed.

1.2. Õhuliinide edastusvõime ja ehitus



Joonis 2. Liini ehitust mõjutavad erinevad edastuspinged.

Eespool on kirjeldatud Soomes laialdasemalt kasutusel edastuspingete mastide ehitust, mõõtmeid ja edastusvõimet ning efektiivset edastuskaugust.
Suurema pinge puhul saab sama voolutugevuse ja juhtme ristlõike puhul edastada suuremaid võimsusi. Kõrgem pinge põhjustab teisalt mastide ehituses lisakulusid, kuna suurema pinge puhul peavad mastid olema kõrgemad.

1.3. Kulude võrdlus: õhuliin - maakaabel

Elektri edastus- ja jaotuskuludest umbes poole moodustavad võrgu haldamise ja ehituskulud, seega on võrguosade õigel valikul otsene mõju elektri jaotussüsteemi ökonoomsusele, elektrienergia kvaliteedile ja keskkonnamõjudele. Jaotusvõrguettevõtted katavad võrgukulud elektritarbijate makstud liitumistasude ja edastustasudega, seetõttu mõjutab võrgu ehitus otseselt ka elektrienergia maksumust.
Ehituskulude hinnavõrdlus õhuliin - maakaabel:
Kulud on toodud suhtarvudena, madalpingejuhtme kuluarv on 100 ja kõrgepingesüsteemi kuluarv 100 väljendavad kumbki ehituskulusid (ei tähenda võrdseid summasid eurodes).

Madalpingevõrgus on juhtme hind peaaegu sama kui võrrelda ainult AMKA-juhet AXMK-maakaabliga, kuid maakaablivõrgu seadmed, näiteks jaotuskilbid, suurendavad kaablivõrgu maksumust.

Tabel 1. Õhuliini ja maakaabli ehituskulude võrdlus.

Madalpingeliin 0,4 kV:	Kuluväärtus madalpingega
Õhuliinivõrk (AMKA)	100
Maakaablivõrk (AXMK)	100 - 200
Kõrgepingeliin 20kV:	Kuluväärtus keskpingega
Õhuliin (Raven-kaabel)	100
Kaetud õhuliinijuhe (PAS-juhe)	120 - 150
Maakaabel (AHXAMK-W 3x70)	150 - 300

Maakaablite väiksem suhtarv viitab kergesti kaevatavale pinnasele ja kõrgem suhtarv esindab raskemini kaevatavaid pinnasetingimusi.

1.4. Õhuliinide projekteerimine

Õhuliini definitsioon
"Õhuliin on välistingimustes mastide külge kinnitatud juhtmete üldnimetus. Õhuliini kuuluvad lisaks juhtmele (kaablile) isolaatorid ning mastid võimalike tõmmitsate, tugipostide, traaversite, vundamendi jms detailidega." (A4-1993, VIM 1.2.)

Võrguprojektis määratletakse edastusvõimsust, ökonoomsust ja ohutuse tagamist arvestades juhtmete ristlõiked. Liinitrass valitakse esmalt kaartide abil ja maastikul tehakse vajalikud uuringud, mõõtmised ja tähistused. Liinitrassi projekteerimine maastikul jaguneb järgmisteks ülesanneteks:
- maaomanikult uuringute teostamise või ehitusloa taotlemine
- liinikoridori määratlemine ja mõõtmine
- liinikoridori kaardistamine (ainult 20 kV ja sellest kõrgema pinge puhul)
- nivelleerimine, pikiprofiili mõõtmine (ainult 20 kV ja sellest kõrgema pinge puhul).

Liinitrassi valikus on kaasajal kõige olulisem liini hoolduskindlus. Seetõttu paigutatakse õhuliin üha sagedamini tormikahjude vältimiseks ja hoolduskindluse tagamiseks teedevõrguga paralleelselt.

Maastikuprojekteerimisel kasutatakse ka arvutitehnoloogiat. Liinikoridori mõõtmistulemused salvestatakse väiarvutisse, kuhu salvestatud andmed suunatakse edasi otse projekteerimisprogrammi. Kaardistamiseks kasutatakse enamasti GPS-positsioneerimist.

2. ASENDIPLAANID – TÖÖJOONISED

2.1. Üldist

Elektrijaotusvõrgu ehitamisel on asendiplaanid ja muud projektjoonised vajalikud juba siis, kui töö kohta esitatakse elektritööettevõtjale pakkumiskutse. Seetõttu on väga oluline kehtestada asendiplaani selguse ja üheselt mõistetavuse nõue. On vaja joonestusprogrammi, mida saab kasutada võrguplaneerimise süsteemides või teistes CAD-süsteemidega teostatavates võrguprojekteerimistes. Asendiplaanid koostatakse kaasajal üha sagedamini sama võrguandmete süsteemiga, siis on ka jaotusvõrgu elektrotehniline mõõdistamine teostatud sama süsteemiga. Selline toimimisviis lihtsustab asendiplaani võrgu asendiplaaniks muutmist ning korduv digitaliseerimine ei ole vajalik. Mahuloetelude koostamist hõlbustab standardsete konstruktsioonide kasutamine.
Asendiplaane joonestatakse ka käsitsi. Ka sellisel juhul tuleb järgida ühtseid joonestamise põhimõtteid ja sümboleid. Täpsemat teavet asendiplaanide kohta saab võrgusoovitusest (verkkosuositus) RU-B2-1:05.
Siinkohal tutvume eeskätt õhuliinivõrgu asendiplaanide koostamisega.

2.2. Tööjooniste nimetused

2.2.1. Kaart

Võrgu asendiplaanide põhjana kasutatakse maa-ameti ja kohalike omavalitsuste koostatud geograafilisi kaarte. Võrgukaardi lehe suurus ja mõõtkava määratakse geograafilise kaardi põhjal. Elektrivõrgu tihedus, mis enamasti oleneb asustusest, seab mõõtkavale omapoolsed eeltingimused – tihedama võrgu puhul on vajalik suurem mõõtkava.

Vajalikud mõõtkavad on hajusa asustusega ja asulapiirkondades erinevad. Lisaks on vaja kummagi piirkonna üldkaarte.

2.2.2. Võrgu asendiplaan

Võrguasendiplaanil on kujutatud võrguettevõtte kõrgepingevõrk koos sinna kuuluvate trafoalajaamadega, madalpingevõrk ja võimalik välisvalgustusvõrk.
Asendusplaanide selguse ja kasutusmugavuse tõttu on otstarbekas joonestada kõrgepingevõrk, madalpingevõrk ja välisvalgustuse võrk eraldi kaartidele.
Võrguasendiplaan on mõõtkavasse joonestatuna näiteks:

- piirkonnavõrgu asendiplaan (30 – 110 kV)
- kõrgepingevõrgu asendiplaan (10 – 20 kV)
- madalpingevõrgu asendiplaan (0,4 – 1,0 kV)
- andmesidevõrgu asendiplaan (võrguhaldaja kaugjuhtimine ja -mõõtmine)
- vv -võrguasendiplaan (välisvalgustus; teede ja tänavavalgustus)

Võrguasendiplaanidel kasutatud tingmärgid on standarditud standardites SFS 2046...2060. (Verkostosuositus YA 3:93). Lisaks neile kasutatakse võrguettevõtjatel kasutusel olevaid tähistusi.

VERKKOKARTTOJEN YHTEISET PIIRROSMERKIT

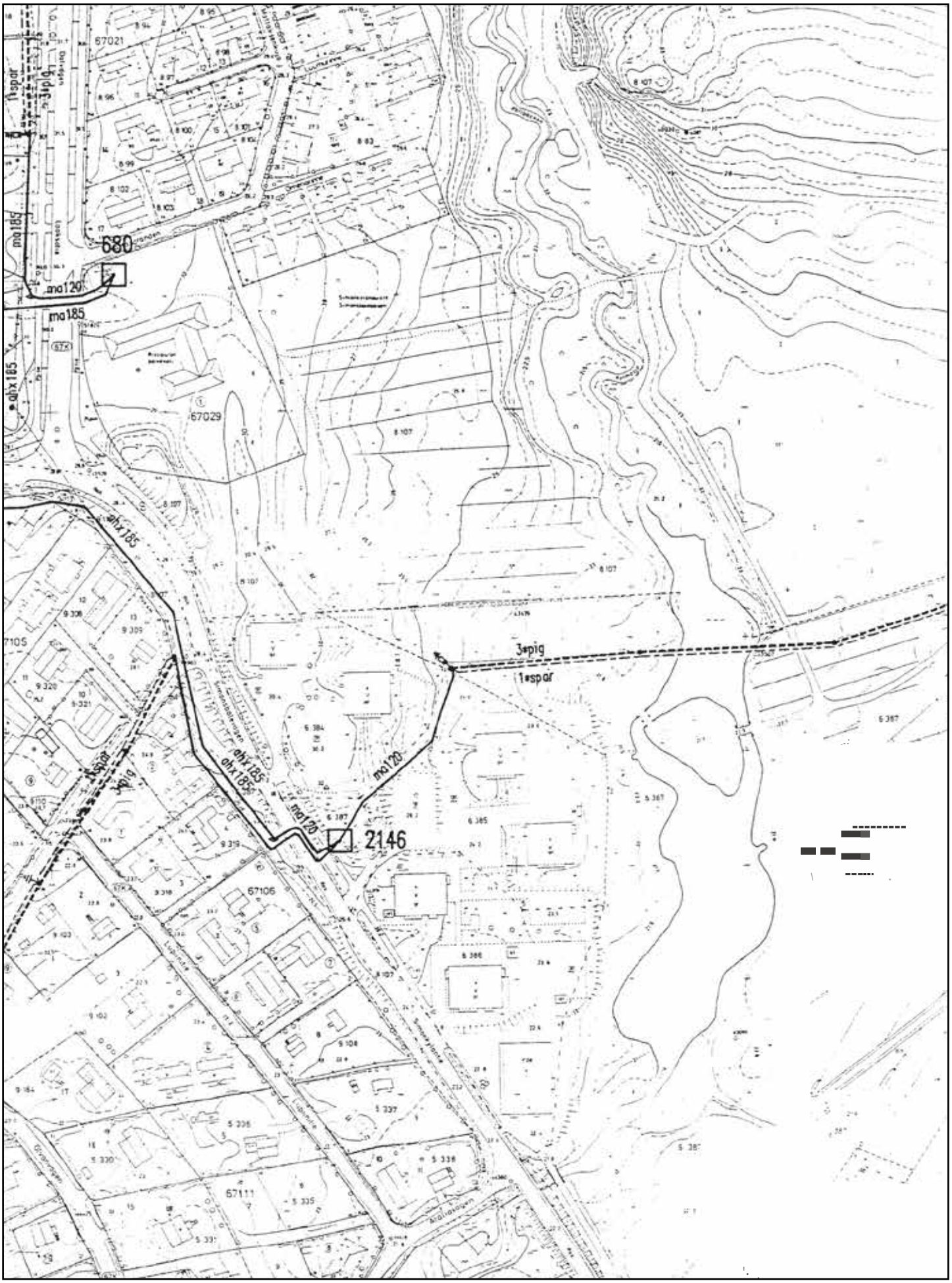
Haja- ja taajama-alueet

Приложение 1

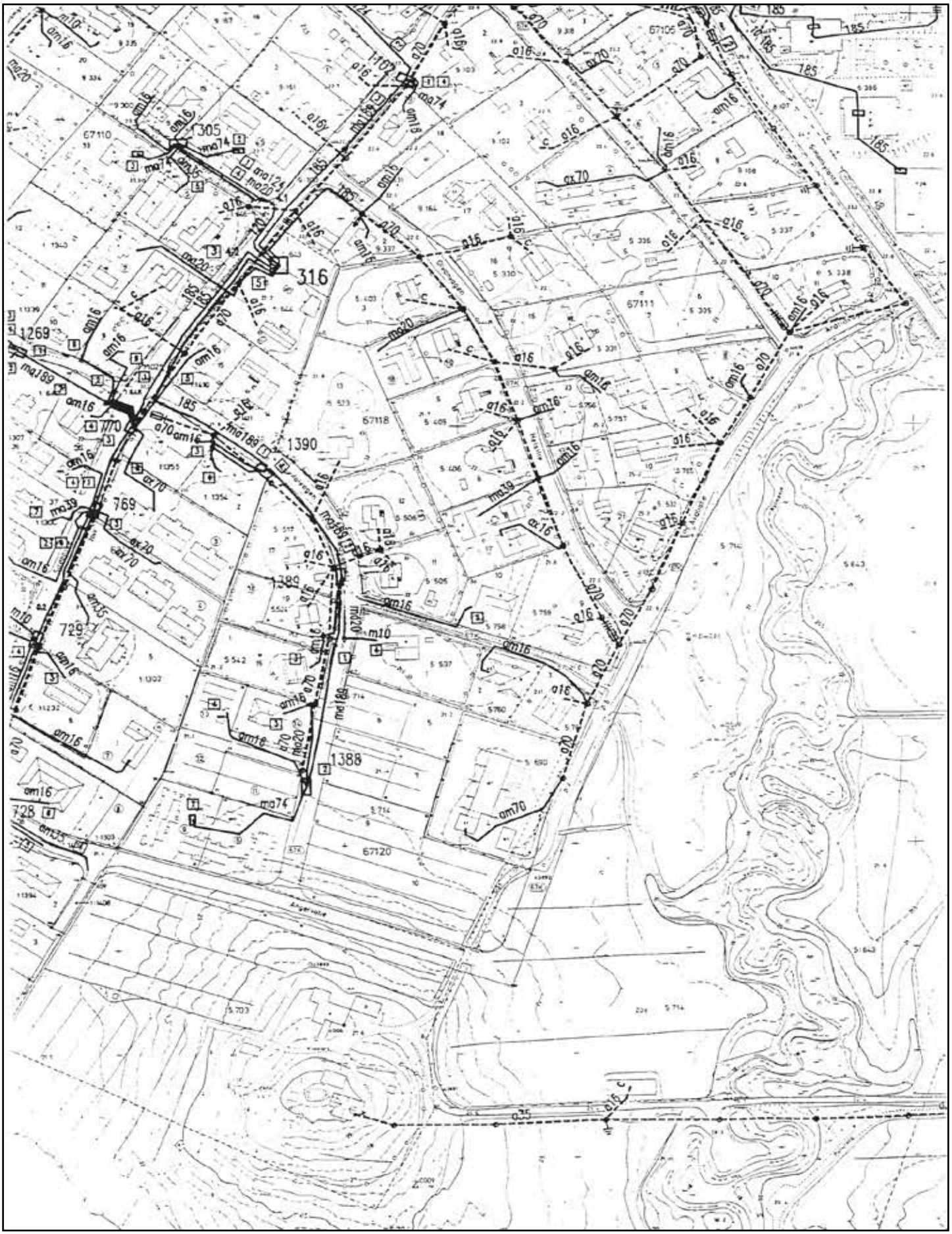
Merkitys	Karttamerkki	Koko	Viivan vahvuus	Tekstin korkeus	
Jakelumuuntamo + tunnus	23	7 ⌀	0,7	3	
Kuluttajan muuntamo + tunnus	1001	7 ⌀	0,7	3	Muuntamot voidaan erottaa sovitulla numerosarjalla
Maakaapeli merkintäineen	MA 185 P		0,50	2	
Kaapelijatko			0,50		
Kaapelin pää maassa			0,50		
Kaapelin pää pylväässä			0,50		
Pylväs			0,35		
Ilmajohto poikkipinnamerkintäineen	RA 70M		0,50	2	
Johdonerotin ja kuormanerotin			0,50		
Johdonerotin ja avoin jakoraja			0,50		
Ylijännitesuoja maadoituksineen			0,35		
Maadoitus			0,35		

Joonis 3. Võrguasendiplaanide tingmärgid (YA 3:93 Lisa 1).

Näiteid võrguasendiplaanidest, millele on märgitud nii õhuliinid kui ka maakaablid.

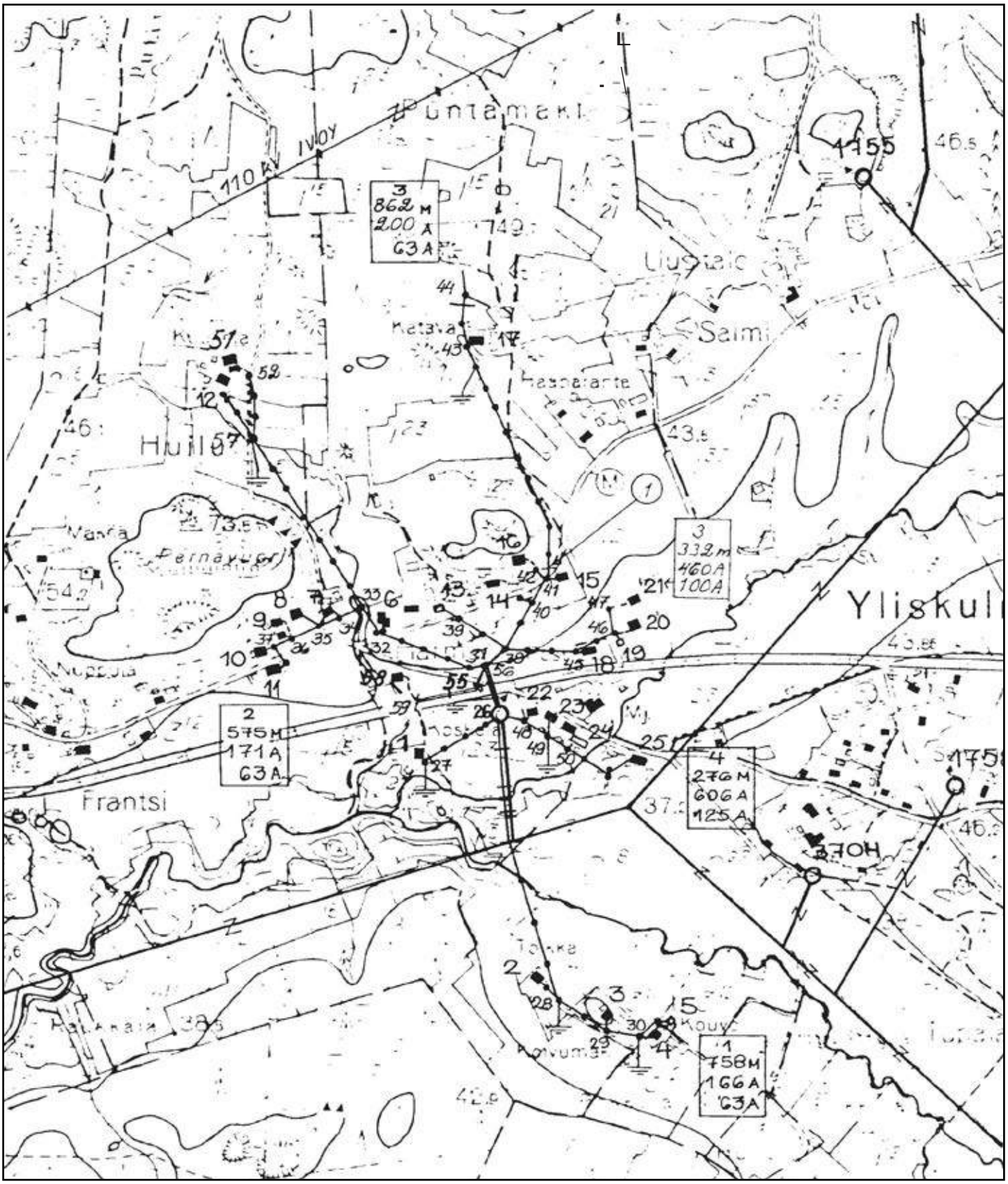


Joonis 4. Asulavõrgu kõrgepinge asendiplaan 1:2000 (YA 3:93 Lisa 9).



Joonis 5. Asulavõrgu madalpinge asendiplaan 1:2000 (YA 3:93 Lisa 8).

Trafopiirkonnapõhiselt võrgu asendiplaanil nõutakse lühisvoolust tulenevate tingimuste täitumise jälgimiseks vajalikke andmeid.



Joonis 6. Näide vanast trafopiirkonna asendiplaanist.

Trafopiirkonnapõhised andmed salvestatakse võrguettevõttes arvutisse võrguandmete andmebaasi või eraldi loetellu. Neid andmeid kasutatakse trafopiirkonna asendiplaani asemel või selle täiendusena.

2.2.3. asukoha plaan

Asukohaplaanil on kujutatud näiteks maakaabli asukoht. Asukohakaart tuleks koostada tahhümeetri või täpse GPS-seadme abil.

2.2.4. Tööjoonised

Erinevatest osadest koosnev asendiplaan on hoone elektrisüsteemi skeem või vastav tööjoonis, mis on aluseks hoone elektrivõrgu rajamisel.
Elektrivõrgu ehitamisel võib vaja minna ka järgmisi dokumente:

- peaskeem, nt. 110/20 kV alajaama või kioskalajaama peaskeem
- ühendusskeemid
- maandusskeemid, nt alajaama maandusskeem
- kaablite vedamise joonised
- elektripaigaldiste koostejoonised
- ehitusjoonised
- konstruktsioonijoonised

2.3. Tööobjekti joonised

2.3.1. Objekti asukoha plaan

Geograafiline kaart, nt teekaart või aadressidega kaart, millele on kantud ehitatava elektrivõrgu asukoht.
Objekti asukoha plaan on iga elektrivõrgu töövõtu pakkumiskutse lisade hulgas ning kuulub edaspidi ka objekti tööjooniste paketti.

Joonis 7. Näide objekti asukoha plaan (RU B2-1:05 Joonis 3a).

2.3.2. Tööobjekti üldplaan

Tööobjekti üldplaan on vajalik suuremate objektide puhul. Üldplaani maksimaalne suurus on A3.
Üldplaanil on kujutatud:
- erinevate üldplaanidegakaetud alad
- üldplaanidenumbrid
- kaablitrassid eriti sellisel juhul, kui need ulatuvad mitme üldplaani piirkonda

Üldplaan võib olla väiksemas suuruses üldplaanidest koosnev pakett, millest nähtub kogu tervik. Detaile kujutatakse asendiplaanidel. Projekteerija kannab üldplaanile tervikuna mitu projekti, selle alusel trükitakse üldplaanide töökaardid välja selliselt, et neid saab kõrvuti paigutada. Asendiplaanide ja üksikute töölõikude numbrite alusel suunatakse vajalikud tööülesanded õigetesse kohtadesse.

2.3.3. Asendiplaan

Asendiplaanon geograafilisele põhjale joonestatud ehitatava või ümberehitatava elektrivõrgu joonis.
Asendiplaanile joonestatakse detailselt ehitatav või ümberehitatav elektrivõrk, kasutades selleks kokkulepitud tingmärke, sümboleid ja konstruktsioonide kujutusviise. Võimalikult palju kasutatakse standardseid konstruktsioone ja nendele viitavaid sümboleid või kasutatakse konstruktsioonide tähistamiseks muid kooskõlastatud sümboleid
Asendiplaanil peab olema kujutatud praegune võrk, milles ehitatav või ümberehitatav võrk on selgesti eristatav.
Asendiplaan koostatakse sageli iga iseseisva võrgu kohta eraldi.

Enamkasutatud asendiplaanid on:
- keskpingevõrgu asendiplaan
- madalpingevõrgu asendiplaan
- kaabli profiiliplaan võib toimida ka asendiplaanina
- kaablikaevise asendiplaan, milles on täpselt ära näidatud kaablikraavide kaevamiskohad
- maandusvõrk ja maanduselektroodide asendiplaan
- sidevõrkude asendiplaan
- välisvalgustusvõrgu asendiplaan
- lammutustööde plaan.
- ning eespool nimetatud asendiplaanide erinevad kombinatsioonid.

Asendiplaanist peab olema ülevaatlikult nähtav ja väljaloetav: mida ehitatakse, mis lammutatakse, kus toimub ümberehitus ja kuidas on ehitusobjekt seotud olemasoleva võrguga.
Asendiplaanilkujutatakse vähemalt järgmisi detaile:
- Praegused, rajatavad, demonteeritavad ja ümberehitatavad kaablid
- Töölõikude numbrid. Töölõik võib olla mast, kaablijaotuskilp, kaablipikendus või muu vastav objekt, kus tehakse võrguehitustööd ja millele on mahtude loetelus määratud tarvikud ja sooritused.
- Konstruktsiooni sümbol või sümbolid. Võimalikult palju kasutatakse standardseid konstruktsioone.
- Mastide vahekaugused, mis võivad olla ka loetelu kujul
- Maakaablite pikkused iga kaabli kohta eraldi. Ehitaja lisab võimaliku töövaru.
- Maanduselektroodide pikkused ja süvamaanduste arv ja süvistamissügavused.
- Liitujate identifitseerimisandmed. Vajadusel ka klientide identifitseerimisandmed nt elektrikatkestusest teavitamiseks.
- mõõdetav Ik-väärtus iga kaabliharu viimase punktini, milles on vaja saada võrgu ehitaja poolt vastuvõtuülevaatuse käigus mõõdetud Ik-väärtus.

2.4. Asendiplaani joonestamine

2.4.1. Asendiplaani aluskaart

Asendiplaani aluskaart saadakse reeglina võrguandmebaasist, kus hallataks jaotuspiirkonna aluskaarte. Aluskaart

peab olema võimalikult uus ja sellel tuleb kanda projektiga hõlmatud piirkonna kinnitatud detail- ja/või ehitusplaneeringud.
Kohalikel omavalitsustel on enamasti digitaalsed aluskaardid, mis võimaldavad kasutada tööks aktuaalsete andmetega aluskaarti.
Aluskaardid on sageli mustvalged või on olemas võimalus mustvalge aluskaardi loomiseks. Selline kaart on kõige sobivam elektrivõrgu asendiplaanina kasutamiseks.

2.4.2. Asendiplaan mõõtkava

Kaablivõrkude puhul kasutatakse mõõtkavasid 1:500, 1:1000 ja 1:2000.

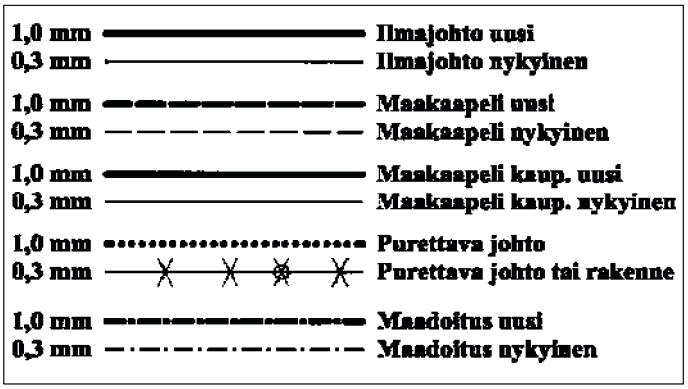
Õhuliinivõrkude puhul kasutatakse mõõtkavasid 1:2000, 1:2500, 1:5000 ja 1:10000.

Asendiplaan peab olema sobiv A4 või A3 suurusele paberile trükkimiseks.

2.4.3. Asendiplaani joonestamise viisid

2.4.3.1. Liinide joonestamise viisid

Olemasolevat liini või paigaldist, mida projekt ei hõlma, kujutatakse õhukese pideva joonega. Soovituslik joone paksus on 0,3 mm. Ka olemasoleva paigaldise või konstruktsiooni sümbolid joonestatakse õhukese pideva joonega. Aluskaardi joonte paksus peaks jääma vahemikku 0,10 – 0,15 mm, siis on ka olemasolev elektrivõrk mustvalgest põhjast selgesti eristatav.



Joonis 8. Asendiplaanile kaablite joonestusviisid (Ru-B2-1:05 kohta 4.)

Õhuliini kujutatakse pideva joonega. Uut kaablit kujutava joone paksus on 1,0 mm, siis on see olemasoleva kaabli joone paksusest (0,3 mm) selgesti eristatav. Õhuliin on alati joonestatud mastist mastini, see eristab liini teistest pideva joonega kujutatud kaabliliikidest.

Maakaablit kujutatakse katkendliku joonega, kus pideva joonega lõigu pikkus on kolm pikkusühikut ja katkendliku lõigu pikkus üks pikkusühik. Sellisel viisil joonestatud maakaabli trassi on ka suurte kaablikoguste puhul suhteliselt kerge jälgida.
Suurtes asulates, kus on palju ja enamalt jaolt maakaableid, kasutatakse kaablite kujutamisel sageli pidevat joont.

(NB! Kõikides võrguandmebaasides eespool kirjeldatud kujutusviisi ei kasutata.)

2.4.3.2. Kaablitorude kujutamine

Omavalitsuste liiklustrassidel ja teistel üldkasutatavatel teedel järgitakse toru- ja kaablipaigaldustööde puhul Kuntaliitto (Soome omavalitsuste liit) juhist ”Kaapelikaivantotyöt 1999” (Kaablikaeviste tööd 1999”).
Torude paigaldamise asendiplaan joonestatakse enamasti CAD-programmiga, kasutades aluskaardina tänavate

skeemi. Torude paigaldamise plaanil on kujutatud torude asukoht. Torude juurde kantakse viitejoonte abil ka vajalike ristlõikejooniste numbrid.
Maantee- ja raudteeamet on kehtestanud oma juhised kaablitorude kujutamiseks ja paigaldamiseks.

2.4.3.3. Demonteeritav liin või võrgu komponent

Demonteeritav liin on kujutatud punktiiriga või olemasoleva liini kujutisele tehtud ristiga. Risti kasutatakse näiteks käsitsi joonestamisel.
Mastide, trafode, jaotuskilpide vms demonteerimisele viidatakse ristiga. Vajadusel kasutatakse lisateksti. Liinilõigule võib viidata ka nurksulgude ja tekstiga.

2.4.3.4. Ümberehitatav võrk

Võrgu uus osa joonestatakse paksema joonega. Võrgu ümberehitatav osa tähistatakse vajadusel viitejoone ja ümberehitustööd selgitava tekstiga.
Kaabli väljavahetamisel võib demonteeritava kaabli joonestada paksu punktiiriga ja uue kaabli paksu joonega. Selline tähistusviis viitab kaablite väljavahetamisele.

2.4.3.5. Väljavahetatav mast

Väljavahetatav mast joonestatakse uue mastina ja lisatakse juurde tähis V. Täht V viitab väljavahetamisele. Näiteks on uue masti tingmärk varustatud tekstiga: ” 10. 211V”.
Sellisel juhul on tegemist töölõiguga 10, uue masti klass on 2, masti pikkus on 11 m, vana mast demonteeritakse.

2.4.3.6. Liini tähised

Eri liiki liine tähistatakse võrgusoovituses YA 6:04 toodud liinide tähistega. Kui soovituses konkreetse liini tähis puudub, kasutatakse tähisena tooteloetelus toodud tähist.
Kui asendiplaani aluseks on võrgu asendiplaan, on sellele kantud juba olemasolevad liinid ja nende tüübitähised.

2.4.3.7. Toiteliini tähised

Toiteliin eraldatakse vajaduse korral jaotusvõrgust võrgusümbolile vastava lühikese sidekriipsuga. Sidekriipsu toiteliini poole lisatakse täht L. Sellise sümboli kasutamine on soovitatav ka elektrivõrgu hoolduspiiri tähistamisel.

2.4.3.8. Sidevõrgu kujutamine

Võrgu haldaja poolt kaugjuhtimiseks ja –järelevalveks kasutatav sidevõrk joonestatakse eraldi sidevõrguasendiplaanile.
Sidevõrgu maakaablite või õhuliinide tähistena kasutatakse tootmisstandardile vastavat tähist.

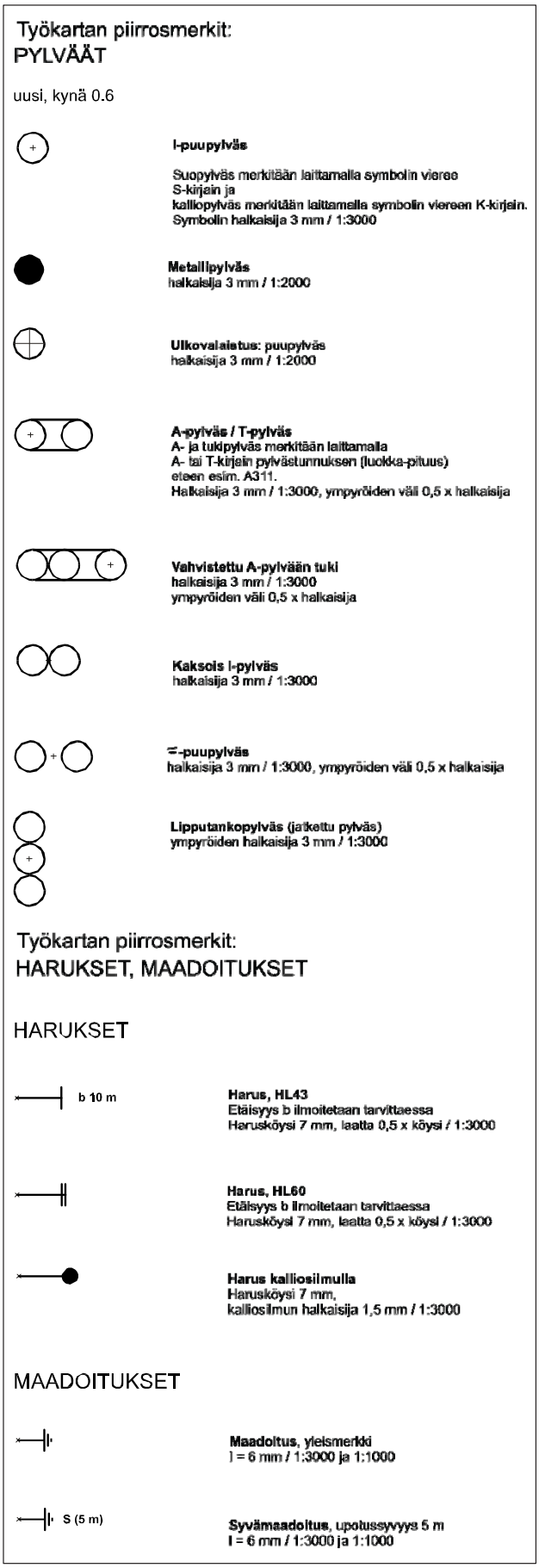
2.4.3.9. Maandused ja maandussüsteemid

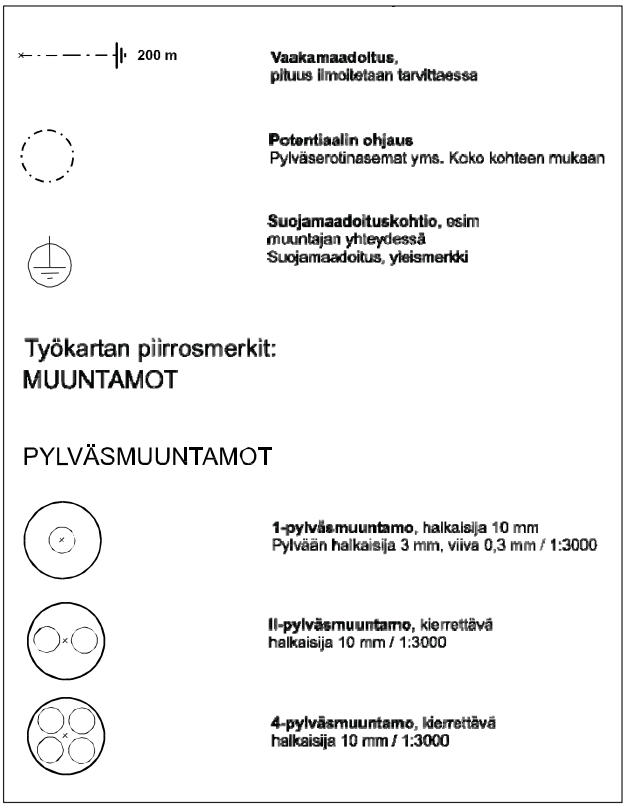
Asendiplaanilekantakse ehitatavad maanduselektroodid ja maandusjuhid paksu punktiiriga ja praeguse võrgu maandused õhukese punktiiriga.
Asendiplaanile kantakse ehitatava horisontaalse maanduselektroodi pikkus ja süvamaanduselektroodi asukoht ja süvistamissügavus.

2.4.3.10. Võõraste liinide tähistamine

Võõrad liinid kantakse asendiplaanile ainult siis, kui nendega tuleb töö käigus tegemist teha või kui need

mõjutavad plaanikohase töö tegemist.
Võõraste liinide, näiteks ühenduskohtade elektrikaablite või telekommunikatsioonifirmade telekaablite ja antennikaablite joonestamiseks kasutatakse õhukest, nt 0,25 mm punktiiri ja spetsiaalset viitetähist.





Joonis 9. Õhuliinivõrgu asendiplaani j tingmärgid (RU-B2-1:05 1-3).

2.4.4. Töölõikude tähised

2.4.4.1. Töölõigu nummerdamine

Töölõigu number märgitakse hästi nähtavalt järjest 1., 2., 3. jne. Antud kontekstis lähtutakse põhimõttest, et iga võrgu kohta on koostatud eraldi asendiplaan . Kui asendiplaanil on mitu võrku, tuleb vajadusel kasutada täiendavaid tähiseid, nt kp-, mp-, vv- jne., mis eraldavad erinevaid pingetasemed ka mahtude ja materjalide loetelus.
Tarvikud kantakse detailselt töölõigupõhiselt koostatud mahtude loetellu, mis koostatakse iga projekti kohta eraldi. Standardsed paigaldised peavad olema üldtuntud või standardse paigaldise definitsioon antakse üldise seletuskirja või konkreetse töö kohta koostatud seletuskirjas.

Töölõikude nummerdamise eesmärgiks on tagada võimalus, et mehhanismide kasutamine võiks toimuda asendiplaani abil.
Töölõikude nummerdamisest on abi ka tarvikute õige jaotuse ja paigaldamise puhul. Rippmenüüsse märgitakse nende töölõikude numbrid, mille tarvikud vastavasse kohta viiakse.

2.4.4.2. Töölõigutähised õhuliinil

Tähised mastidel:
- masti klass ja pikkus võrgusoovituste tähiste alusel, näiteks:
o I-mast 312 ja II-mast 2x211
o A-mast t A313+212. Mastist 212 tehakse ankrud, 2 tk, 6 m.
o tugimast T211, liigendmast.
o pikendatud mast nt 2x312+210, lipumast.
- Olemasolev mast tähistatakse vajadusel tähega N. Tähist tuleb kasutada ka uue ja olemasoleva võrgu piiril.
- Standardse paigaldise tähisega viidatakse masti ehitusele.
- Traaversite konstruktsiooni tähis on nt T-110 (tase 110), T-125 (tase 125), PO-1 (otsapuu 1).
- Tõmmitsate kaugus postis tähistatakse vahemaa mõõdu b abil. Nt sümboli kõrval olev tähis 7 m viitab tõmmitsa ja masti vahelisele kaugusele. Sümbol viitab tõmmitsatrossi tugevusele. Vahekauguse asemel võib märkida ka tõmmitsa kaldenurga.
- Liini nurk märgitakse kraadiarvuna nurgamasti kõrval. Nurgatähis on vajalik, kui tähispostid maastikus kaotsi lähevad.

2.4.4.3. Töölõigutähised kaablil

Kaablitel kasutatakse järgmisi tähistusi:
- kaabel tähistatakse liini tüübitähisega vastavalt YA 6:04 toodud nõuetele. Kaabli pikkus märgitakse igale paigaldatavale kaablile. Pikkus tähistatakse selliselt, et kaabli pikkus on mõlemas otsas piisav. Seega peab arvestama ka nt masti osa ja tõusu jaotuskilbini või trafoalajaama madalpingekilpi. Töövõtja lisab ühendus- ja võimalikesse pikenduskohtadesse täiendava varu.
- kaablikraavi pikkus kantakse mahtude loetellu. See mõõt tuleb märkida ka asendiplaanile.
- kaablipikendus tähistatakse tarnija tähisega või standardse paigaldise tähisega. Kaablipikendust võib tähistada ka töölõigutähisega, siis on mahtude loetelus toodud pikenduse tähised.
- kaablijaotuskapp ja selle alus tähistatakse tootja või standardse paigaldise tähisega.
- trafoalajaam tähistatakse tootja tähisega.
- viitetekstides antakse teavet nt töölõikiga seotud eraldi joonisest või rajamisjuhistest.
- maasse paigaldatud torude tähistus võib olla näiteks 2xMP110B.

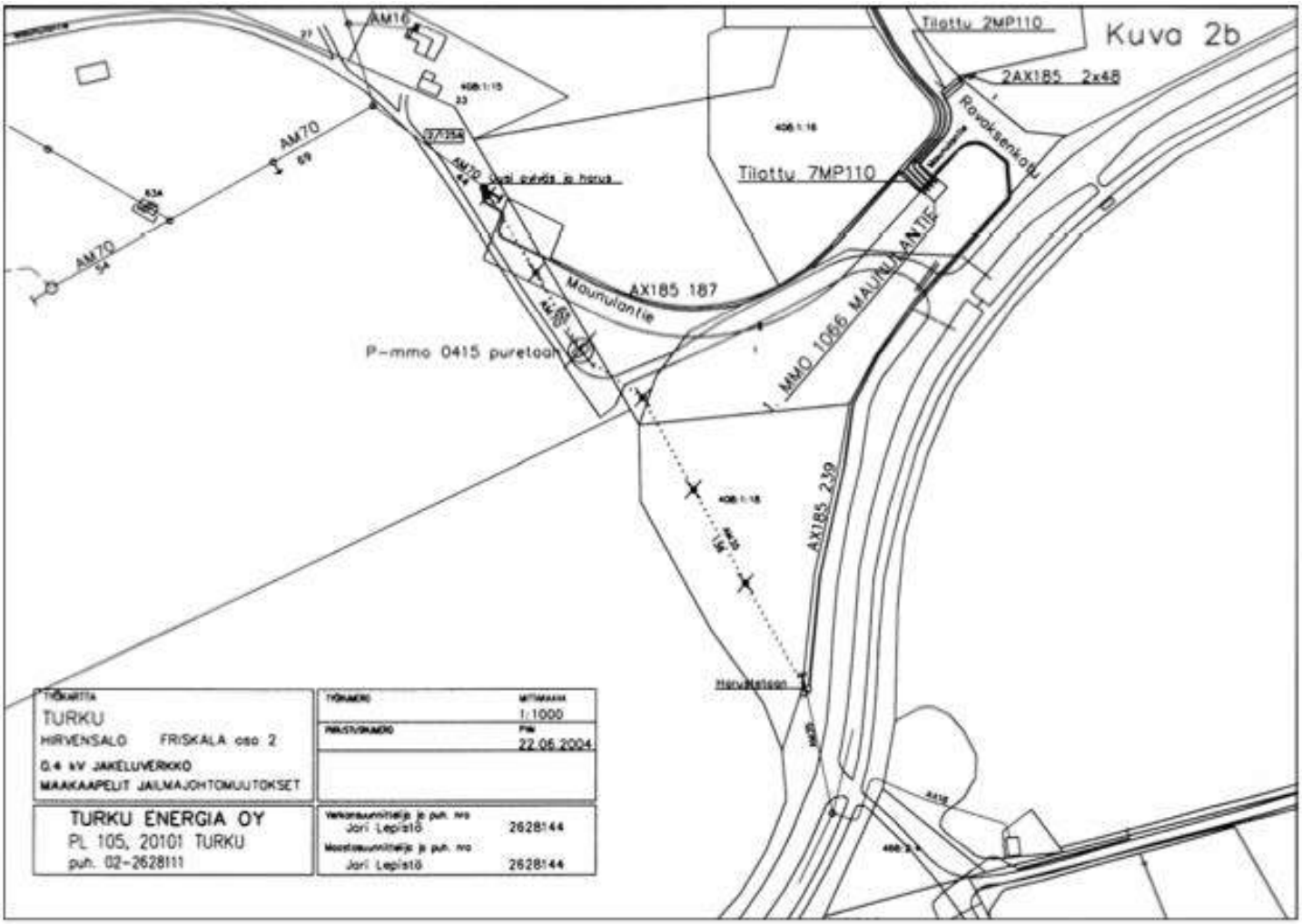
2.4.5. Asendiplaani joonestamine käsitsi

Eespool kirjeldatud asendiplaani juhised on antud digitaalsete projekteerimissüsteemide abil toimuvaks

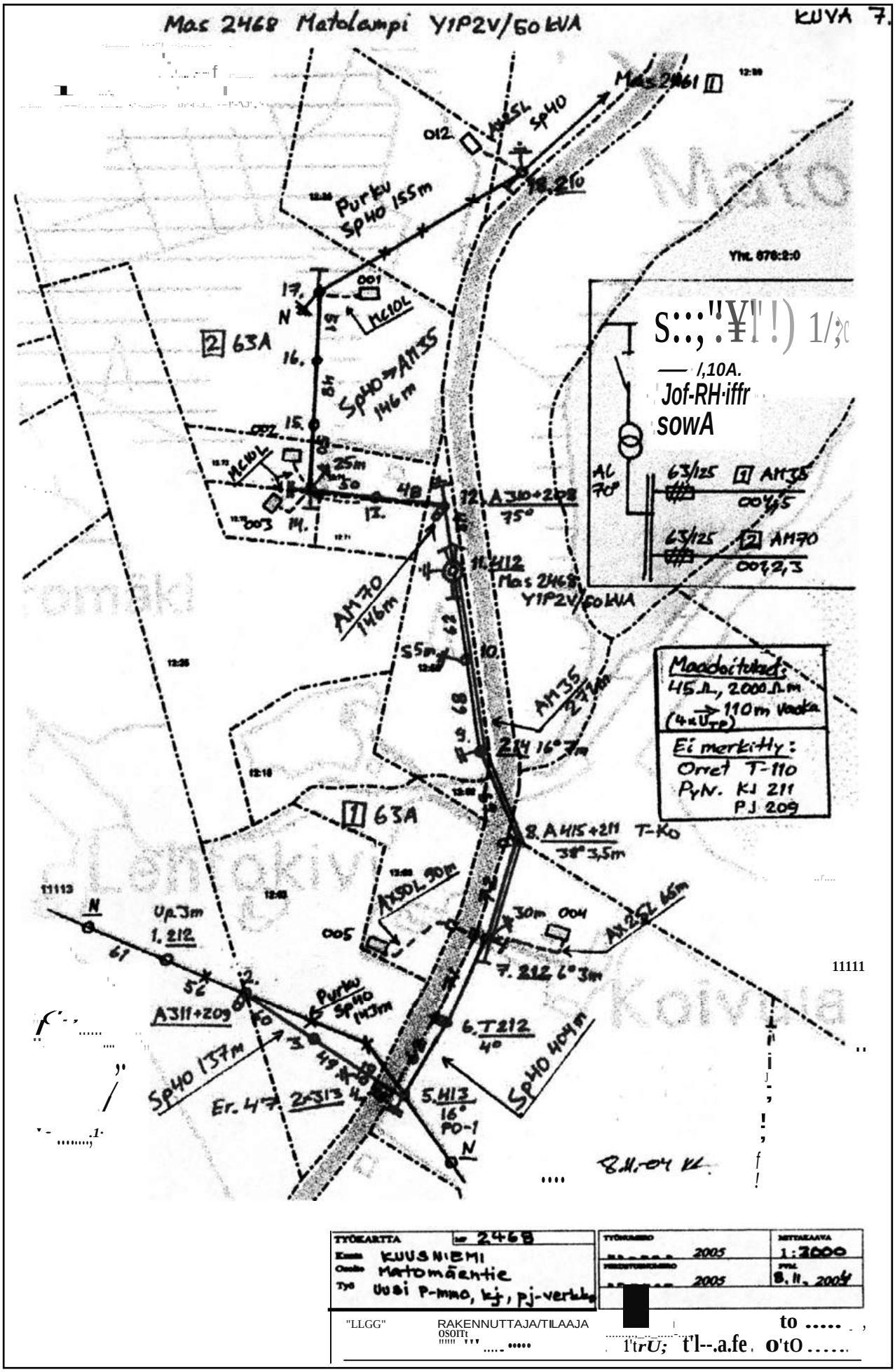
projekteerimiseks. Käsitsi projekteerimisel ei ole võimalik erineva paksusega jooni tehtavate tööde või sümbolite kujutamisel täielikult rakendada.

Käsitsi joonestamisel tuleb järgida järgmisi põhimõtteid:

- tingmärgid peavad olema võimalikult täpselt sümbolitele vastavad
- tingmärgid peavad eristuma aluskaardil kasutatud tingmärkidest
- aluskaardina kasutatakse enamasti heledamaks tehtud mustvalget aluskaarti
- vajadusel kasutatakse värvipliiatseid, et joonis langeks võimalikult täpselt kokku arvutipõhisel joonestamisel kasutatud värvidega
- kasutada võib ka tööülesandele vastavaid värve, mille tähendused on järgmised:
  - o uus liin – punane joon
  - o demonteeritav liin – sinine joon või rist olemasoleva liini peal
  - o demonteeritav mast või muu paigaldis – rist praeguse paigaldise tingmärgi peal
  - o olemasolev liin – õhuke must joon
  - o liini vahetamine – roheline joon
- kui asendiplaanid joonestatakse või kopeeritakse mustvalgelt, võib tähiseid rõhutada objektil jagatavatele asendiplaanidele tehtud värviliste markerite abil.
- asendiplaanid koostatakse pingetasemete kaupa. Väikestel objektidel võib kesk- ja madalpinge plaanid kokku liita.
- suuremahuliste tööde puhul tuleb koostada eraldi demonteerimisplaan.



Joonis 10. Näide asendiplaanist (RU B2-1:05 Joonis 2b).



Joonis 11. Näide käsitsi joonestatud asendiplaani (RU B2-1:05 Joonis 7).

3. LIINIKONSTRUKTSIOONIDE ARVUTAMINE

3.1. Eeskirjad ja standardid õhuliinide paigaldamiseks

Eeskirjad

Tugevvooluõhuliine on seni rajatud Soome elektrikontrollikeskuse (Sähkötarkastuskeskus) väljaande Vahvavirtailmajohtomääräykset A4 1993, VIM A4-93 (Tugevvooluõhuliinide eeskirjad A4, 1993) alusel.
Selle väljaande kehtivusaeg lõppes 31.12.2010 ning alates nimetatud kuupäevast tuleb kõik õhuliinid rajada uute õhuliinistandardite alusel.

Õhuliine käsitlevad standardid

Kasutusele võetakse neli õhuliine käsitlevat standardit
1. SFS-EN 50341-1, Elektriõhuliinid vahelduvpingega üle 45 kV. Osa 1: Üldnõuded – ühised eeskirjad. Ligi 400 lehekülge. Selle väljaande kohta kasutatakse nimetust "Kõrgepingestandard"
2. SFS-EN 50423-1, Elektriõhuliinid vahelduvpingega üle 1 kV kuni 45 kV. Osa 1: Üldnõuded – ühised eeskirjad. 55 lehekülge. Selle väljaande kohta kasutatakse nimetust "Keskpingestandard"
3. SFS-EN 50341-3-7, Elektriõhuliinid vahelduvpingega üle 45 kV. Osa 3 -7: Soome kohustavad eeskirjad. Selle väljaande kohta kasutatakse nimetust "Soome NNA".
4. SFS 6003, Madalpingeõhuliinid. 5 lehekülge, ainult soome keeles. Ei ole CENELEC-i standard nagu eelnevalt nimetatud dokumendid, vaid neile Soome oludest lähtudes koostatud täiendus. Selles väljaandes kasutatakse viidatud dokumendi kohta nimetust "Madalpingeõhuliinide standard" ja lühendit SFS 6003.

Õhuliine käsitlevatest standardist on SFS käsiraamatusse 601 koostatud elektrivõrkude projekteerijatele ja montööridele mõeldud kokkuvõte.

Käesolevas raamatus kasutatakse õhuliinide eri objektidel järjestikku VIM A4-93 eeskirju ja õhuliinide standardites antud juhiseid.

3.2. Õhuliinikonstruktsioonide arvutamine

Õhuliinide arvutamisel on kaks osa:
1. Elektriliste komponentide vahekauguste arvutamine
a. Juhtmete vahekaugused üksteise suhtes
b. Vahekaugused maapinnani, rajatisteni, teedeni, teiste liinideni jms.
2. Tugevusarvutused
a. Mastikonstruktsioonid: mastid, tõmmitsad jne.
b. Lisavarustus: traaversid, isolaatorid jne.

3.3. Tugevusarvutustest tulenevad nõuded

3.3.1. Tugevusarvutuste lubatud tulemused VIM A4-93 alusel

„VIM A4-93 kehtestab juhtidele ja konstruktsioonidele nõudeid, mis peavad olema täidetud nii erinevate ilmastiku- kui ka koormustingimuste puhul.

VIM A4-93:

" 2.1.1.Ilmastikutingimused
Nulltemperatuur:
temperatuur 0°C, tuuletu

Paigaldusilm:
temperatuur -20°C, tuuletu

Palavus:
vooluta juhtme ja selle osa temperatuur +40°C, vooluga koormatud juhtme temperatuur +70°C. Kui vooluga koormatud juhet siiski ei koormata sellise vooluga, et juhtme temperatuur ületaks pikema aja jooksul või korduvalt +50°C, võib arvutuse lähtetemperatuuriks võtta +50°C.

Vooluta juhtme temperatuur +40°C vastab keskmiselt õhutemperatuurile +30°C ja päikesekiirguse võimsusele 1 kW/m^2 tuule kiiruse juures 0,6 m/s (mida võib tegelikkuses lugeda tuule miinimumkiiruseks).

Pakane:
temperatuur -40°C, tuuletu“
Ilmastikutingimustest kõrged temperatuurid mõjutavad ripet ja madalad temperatuurid juhtmepingeid.

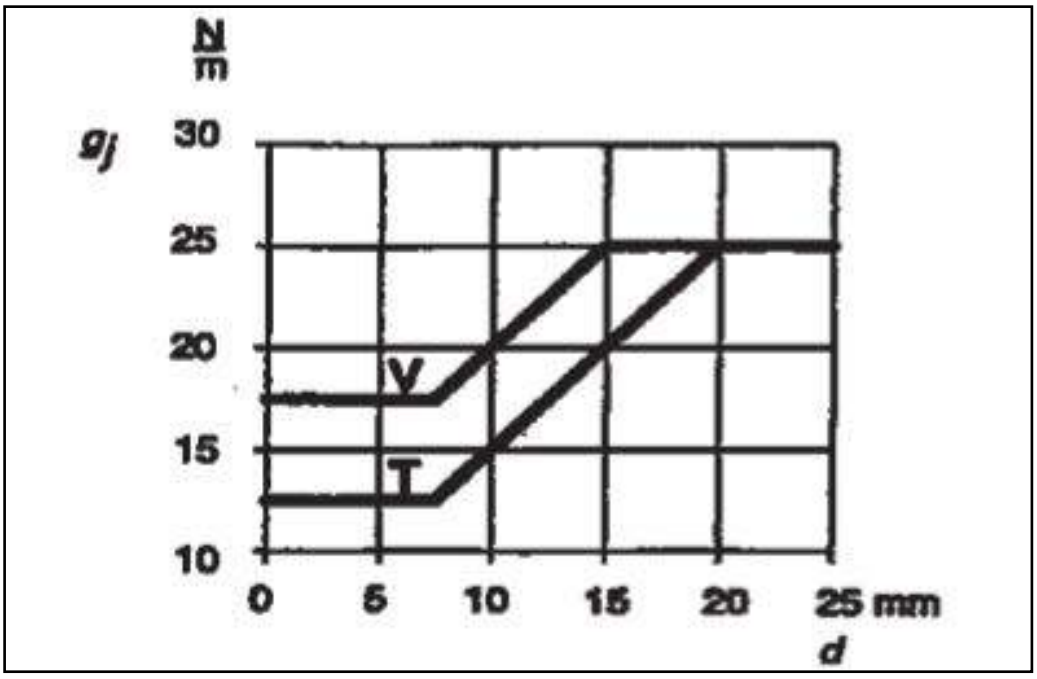
VIM A4-93:

“ 2.1.2. Juhtmete koormusolekud

Tuulekoormus:
juhtme temperatuur -20°C, õhuliini juhtmeid või rippkaablit mõjutab liini suunaga risti tuulesurve pt = 250 N/m^2. (Vastav jõud pikkusühiku suhtes tähistatakse järgnevalt gt.)

Kui juhtmete vahekaugus maapinnast on üle 30 m, tuleb lisaks rakendada ka punktis 2.3.4 antud tuulekoormuse koefitsente.

Jääkoormus:
juhtmete temperatuur 0°C, juhtmetele mõjub vertikaalne jääst või lumest tingitud koormus, mille miinimumväärtust väljendatakse pikkusühiku kohta (gj) ning koormus on juhi (kaablikimpu kuuluva juhi) ristlõikest olenevalt järgmine (joonis 2.1-1):”



Joonis 12. Tavalise juhtme (T) ja mehhaaniliselt tugevdatud juhtme (V) jääkoormus (VIM Joonis 2.1-1.).

Koormusolekutest on arvutuste osas kõige olulisema tähtsusega jääkoormus. Sirge liini mastide arvutuse määrab kõige sagedamini tuulekoormus.

3.3.2. Tugevusarvutus õhuliinistandardite alusel

SFS-EN 50341-1:

”3.2.1 Põhinõuded

Õhuliin tuleb projekteerida, ehitada ja hoida korras selliselt, et tähelepanu on pööratud hoolduspersonali ohutuse tagamisele, säilivusele, kahjustuste talumisvõimele, korrashoiule, keskkonnateguritele ja välisilmele.
Ülalnimetatud nõuete täitumine tagatakse vastavate materjalivalikute, nõuetekohase üld- ja detailse projekteerimise ning tootmis-, ehitus- ja käidupersonalile projektipõhiste kontrollimismeetmete kavandamisega.
Tüüpiliste koormusjuhtude alusel valitud arvutussituatsioonid peavad olema piisavalt keerulised ja varieeruvad, sisaldades kõiki olusid, mida mõistlikkuse seisukohalt võttes saab prognoosida toimuvaks õhuliini ehitamise ja kavandatud kasutusaja jooksul.”

3.2.2 Õhuliinide usaldusväärsus

” Õhuliinide ja kõikide nende komponentide kohta kehtestatud usaldusväärsusnõue saavutatakse käesoleva standardile vastava projekteerimise ja nõuetekohaste kvaliteedikontrollimeetmetega.”

Tabel 2. SFS-EN 50341-1 Tabel 3.1- Usaldusväärsustasandid

Usaldusväärsustasand	Klimaatiliste koormuste kordumisaeg V aastat
1	50
2	100
3	500

Tabel 3. SFS-EN 423-3 FI. 1 Usaldusväärsustaseme valik. Kolme usaldusväärsustasandit kasutatakse järgmiselt.

Tase 1	≤ 45 kV	Tavalised juhid
	>45 kV	Ajutised või väiksema tähtsusega juhtmed
Tase 2	≤ 45 kV	Spetsiaaljuhtmed
	>45 kV	Tavalised juhtmed
Tase 3	Kõik pingetasemed	Väga tähtsad juhtmed

Jaotusvõrgu õhuliinide kohta kehtib enamasti tase 1.

Tuulekoormuse määratlemiseks on erinevate maastikuolude kohta koostatud maastikutüübid, millest juhtide liigitamisel lähtutakse. Maastikutüübid annavad tuulekoefitsendi, mida kasutatakse objekti suurima võimaliku tuulesurve määratlemisel.

Maastikutüüp on määratletud standardis SFS-EN 50341-1 ja maastikutüüpide kirjeldused on toodud tabelis 4.2.1.

Tabel 4. Lihtsustatud maastikutüübi tabeli 4.2.1 alusel

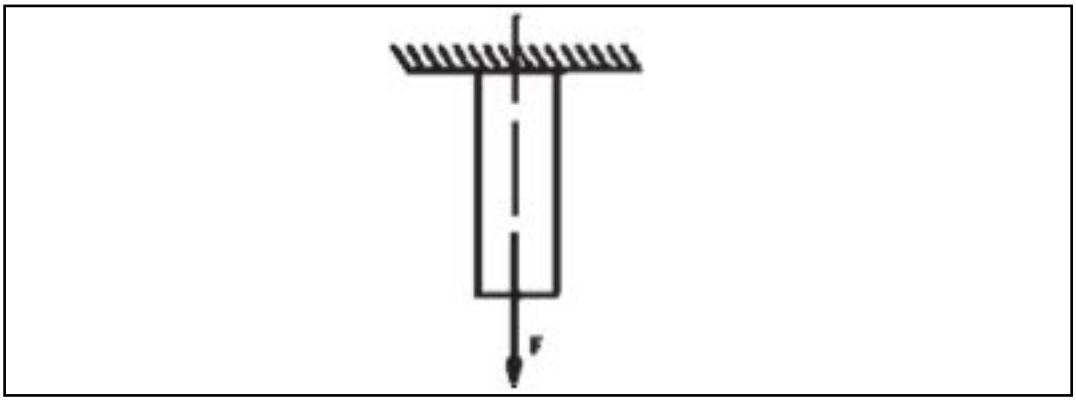
Maastiku tüüp	Maastiku omadused
I	Avameri
II	Põllumassiiv (standardi baastüüp)
III	Metsamassiiv (ka eeslinna- või tööstuspiirkond)
IV	Asustatud ala (kõrgeid hooneid vähemalt 15%)
V	Mäestik või muu ebaühtlane maastik

Soomes on riigipõhiselt määratud tuule baaskiiruseks mandril keskmiselt 21 m/s ja merealadel 25 m/s.
Seda kasutatakse maastikutüübi II puhul eri maastikutüüpide standardist tuleneva tuulesurve arvutamisel. Kaasatud on ka tuule kiiruse iilitegur ja visangukoefitsent.

3.4. Teoreetiline vaatlus

3.4.1. Erinevad pingsused

Tõmbepingsus
Tõmbepingsus esineb juhtmetes, tõmmitsates ja muudes sellistes kohtades.



Joonis 13. Tõmbepingsuse põhimõtteskeem.

Kui sirgeteljelist tõmbetala mõjutab piki telge jõud F, tekib jõu mõjul tala telje suhtes täisnurga all oleval ristlõikepinnal tõmbepinge (δv), mis on kogu ristlõike pinnal võrdse suurusega.
Kui ristlõike pind tähistatakse tähega A, saab koostada tõmbepingsust väljendava avaldise:

$$\delta v = F/A$$

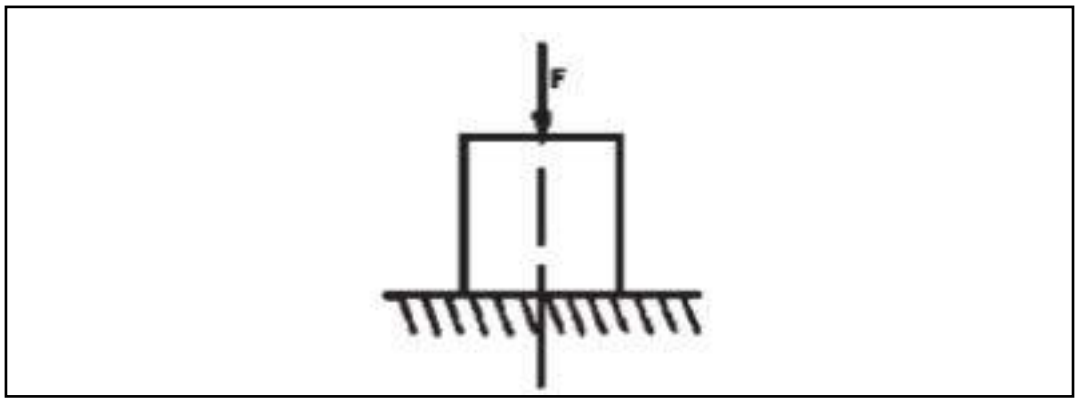
Tõmbepingsuse ühik on N/mm^2.

Näide 1
Kui suur tõmbepingsus tekib 25 mm^2 tõmmitsatrossil, kui selle koormamiseks rakendatakse tõmbejõudu 17,5 kN?

Tõmbepingsus = F/A = 17500 N/25 mm^2 = 700 N/mm^2

Tõmbepingsust põhjustav tõmbekoormus põhjustab juhis ka pikkuse muutuse, venimist.
Venimist peab arvestama juhi paigaldustrossi tõmbejõu ja paigaldusrippe arvustamisel.

Survepingsus
Survepingsust esineb mastikonstruktsioonides, näiteks tugiisolaatorites ja masti vundamendis, seetõttu tuleb kindlasti arvestada ka pinnase kandevõimet.
Survepingsus on loomu poolest sarnane koormusviis nagu tõmmegi, kui jõu avaldatud mõju on vastupidise suunaga.



Joonis 14. Survepingsuse põhimõtteskeem.

Survepingsust saab arvutada avaldisega:

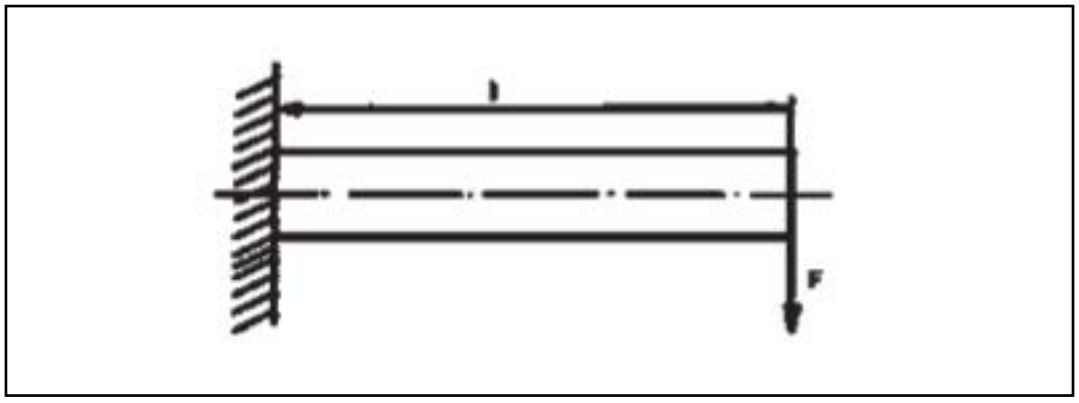
$\delta p = F/A$

Kus
F = Survejõud (N)
A = detaili ristlõike pindala telje suhtes täisnurga all (mm^2)

Survepingsuse ühik on N/mm^2.

Näide 2
Kui suur survepingsus mõjub mastile maapinna piiri joonel, kui selle diameeter on 200 mm (ristlõike pindala 31400 mm^2). Mast on kogu pikkuses ühtlase paksusega ja masti otsa mõjutava jõu suurus on 12 kN.
Survepingsus = 12000 N/ 31400 mm^2 = 0,38 N/mm^2

Paindepingsus
Paindepingsus tekib tuule mõjul masti konstruktsioonides, näiteks tugiisolaatorite tappidest ja traaversitel ning masti kerel.
Paindepingsus tekib, kui tala üks ots on jäigalt kinnitatud ning teist otsa mõjutab tala telje suhtes täisnurga all liikuv jõud F. Jõud tekitab talas paindemomendi M, mille mõjul tala telg paindub. Paindumisel tekivad pinged välimistes kihtides, ühelt poolt tõmme ja teiselt poolt surve.



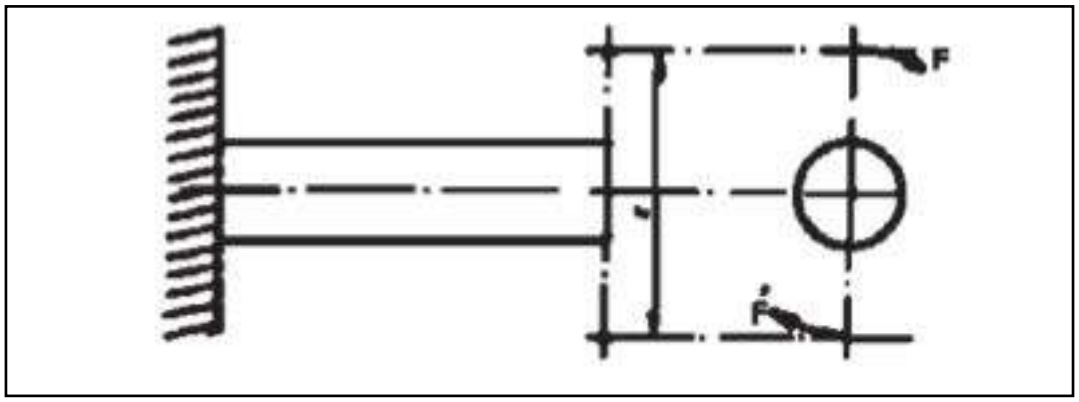
Joonis 15. Paindepingsuse põhimõtteskeem.

Jõudu F nimetatakse paindejõuks ja tala pikkust L momendi teljeks. Sisendit F x L nimetatakse paindemomendiks M.

Paindepinge arvutamisel tuleb lisaks paindemomendile teada ka detaili paindetakistust, mis oleneb detaili ristlõike kujust ja mõõtmetest.

Liiga suur paindepingsus põhjustab konstruktsiooni painde, mis võib muuta detailide vahekaugust ja põhjustada isegi murdumist.

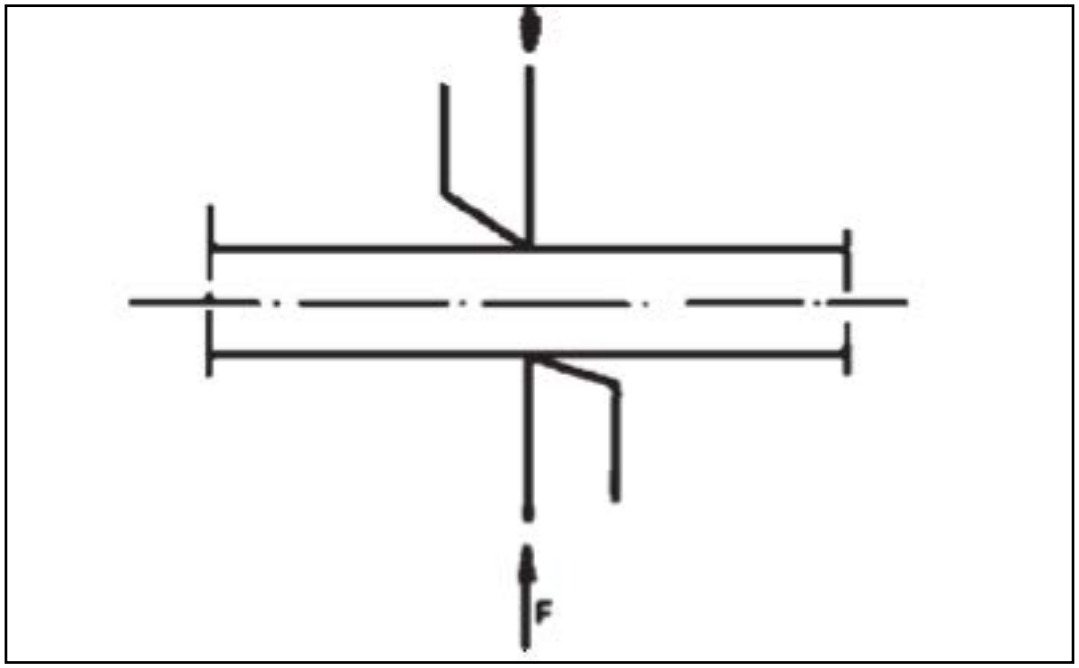
Väändepingsus
Väändepingsust võib esineda näiteks traaversiga mastides, kui katkeb üks äärmine faasijuht.



Joonis 16. Väändepingsuse põhimõtteskeem.

Väändepingsuse arvutamisel peab lisaks väändemomendile teadma ka detaili kujust ja suurusest olenevat väändetakistust.

Lõikepingsus
Lõikepingsust esineb peamiselt poltühendustes, näiteks traaversi kinnituspoltides. Lõikepingsust mõjutavad lõikejõud ei painuta ega venita tala telje suunas paiknevaid konstruktsioone, vaid lükkavad risttasandeid selle tasandi suhtes kõrvalolevale tasandile.

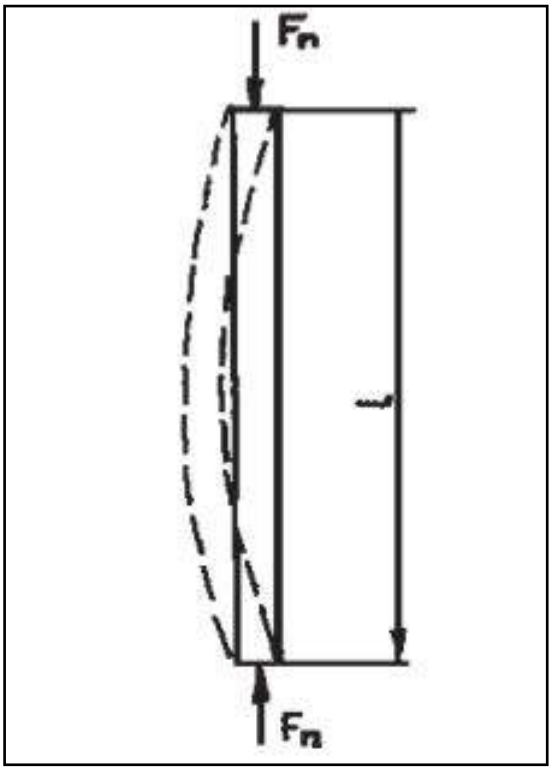


Joonis 17. Lõikepingsuse põhimõtteskeem.

Puhta lõikepingsuse võib arvutada avaldisest

$\delta l = F/A$
kus
δl = Lõikepingsus (N/mm^2)
F = Lõikejõud (N)
A = Ristlõike pindala (mm^2).

Nõtkus
Nõtkus võib toimuda mastis, mille ristlõike pindala (paksust) ei ole arvestatud mõjuvatele koormusjõududele.



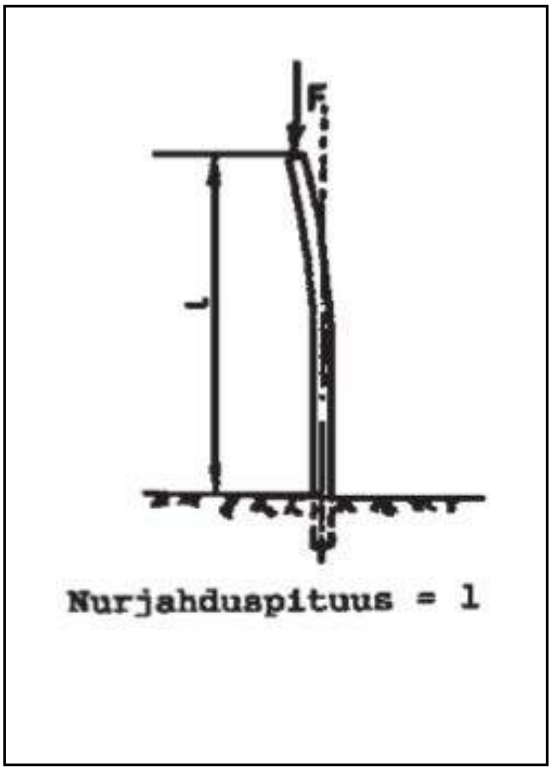
Joonis 18. Nõtkumise põhimõtteskeem.

Kui tala läbimõõt on pikkusega võrreldes väike, tekib survejõu piisaval suurenemisel nõtkus. Kogemus on näidanud, et sellised talad painduvad pigem külje peale kui murduvad. Põhjus on selles, et jõud ei mõjuta kunagi otseselt raskuspunkti ja teisalt ei ole tootmiseks kasutatav aine alati homogeenne ehk ühtlase koostisega. Sellisel juhul muutub koormatud detaili olek ebastabiilseks ning ka minimaalne väline tegur, mida ei saa kunagi täielikult välistada, põhjustab nõtkuse.

Tala nõtkuse põhjustava jõu saab välja arvutada avaldisega:

$$Fn = \frac{\Pi^2 E I}{n\, l_n^2}$$

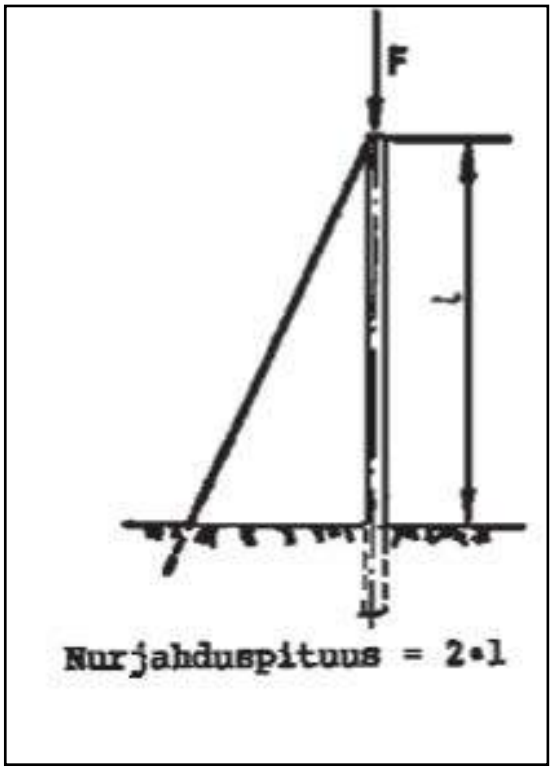
kus:
Fn = jõud, mille mõjul tala paindub
E = aine elastsusmoodul
I = tala inertsimoment, mis oleneb tala paksusest ja
ln = tala nõtkuse pikkus, mis oleneb tala toestusest
n = varutegur.



Joonis 19. Kandemasti nõtkuse pikkus l_n = 2l.

Mastide nõtkuse vaatlemisel selgub, et masti ehitus mõjutab otseselt masti survemõju mõjul nõtkumist. Lihtsustatult võib seda võrdlust kujutada erinevate konstruktsioonide nõtkuse pikkuse analüüsi abil.

Tavalise kandemasti nõtkuse pikkus võrdub masti maapealse osa kahekordse pikkusega. Tõmmitsatega varustatud masti nõtkuse pikkus on maksimaalselt masti maapealse osa pikkus.

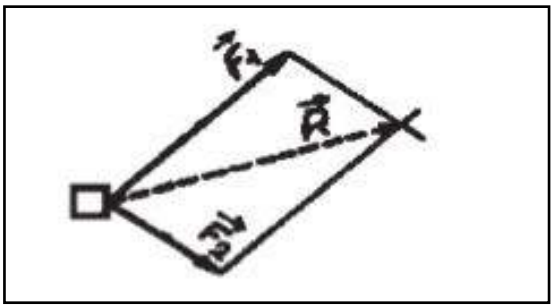


Joonis 20. Tõmmitsatega varustatud masti nõtkepikkus $l_n = l$.

Kui viia muus osas sarnaste mastide näitajad arvutusvalemisse, märkame, et tõmmitsatega masti nõtkekindlus on oluliselt suurem kui kandemastil. Loomulikult peab ka nurgamast sellisel juhul olema tugevama konstruktsiooniga, sest selle nõtkust mõjutavad lisaks juhtide raskusele ka tõmmitsast mastile tekitatud survejõud.

3.4.2. Jõudude vektorarvutused

Jõudude liitmisel võib liita jõude kujutavad vektorid. Vektor väljendab jõu suurust ja suunda. Vektoriarvutuse abil saab kergesti välja selgitada näiteks kahe jõu koosmõju, selle suuruse ja suuna.

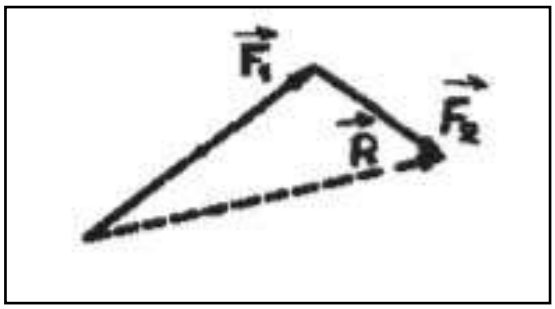


Joonis 21. Vektorijõudude mõju detailile.

Kui detaili mõjutavad kaks jõudu F1 ja F2, selgitatakse nende koosmõju välja selliselt, et jõu F1 tipust tõmmatakse sirge, mis on samasuunaline jõuga F2 ning jõu F2 tipust sirge, mis on samasuunaline jõuga F1. Jõudude alguspunktist joonestatakse eespool nimetatud sirgete lõikepunkti läbiv sirge ning see sirge on jõudude F1 ja F2 koosmõju, jõudude resultant.

Definitsioon
Jõude, mis põhjustavad keha samaaegse samasuunalise liikumise nagu kaks jõudu koos, nimetatakse nende jõudude resultandiks.
Algseid jõude nimetatakse resultandi komponentideks.
Jõudude liitmisel võib rakendada järgmisi seaduspärasusi:

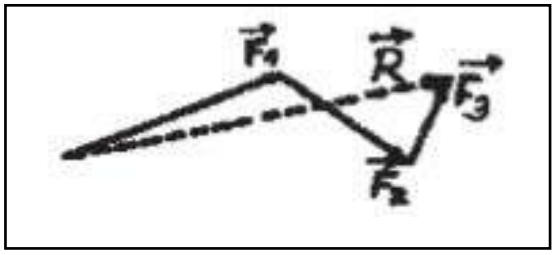
Kolmnurga reegel



Joonis 22. Vektorite liitmise kolmnurga reegel.

Kahe jõu resultandi saamiseks joonestatakse liidetavad jõuvektorid nii, et esimese vektori lõpp-punkt on teisele vektorile alguspunktiks. Summavektor algab esimese vektori alguspunktist ja lõpeb teise vektori lõpp-punktis. Joonestamise järjestus lõpptulemust ei mõjuta.

Üldist



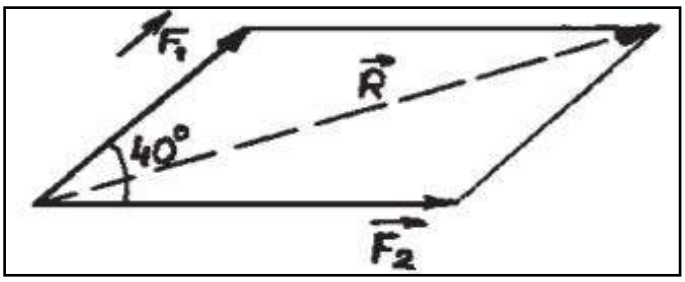
Joonis 23. Vektorite liitmine.

Mitme jõuvektori liitmisel joonestatakse jõuvektorid järjestikku, esimese jõuvektori lõpp-punkt on teise jõuvektori alguspunkt ja nende tekitatud jõudu kujutab esimese vektori alguspunktist viimase vektori lõpp-punkti joonestatud sirge.

Pane tähele! Resultant tuleb joonestada alati jõuvektoritest erineva joonekuju või värviga.

Näide
Määra jõudude F1 = 15 N ja F2 = 23 N resultant, kui jõudude vaheline nurk on 40°.

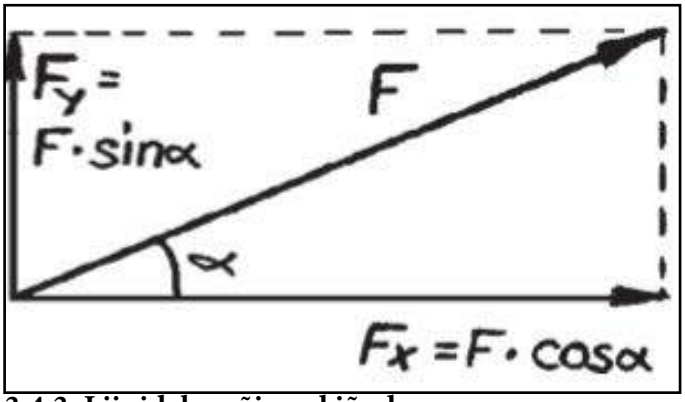
Vali mõõtkava, näiteks 1 cm = 5 N. Jõuvektorid joonestatakse oma mõju alguspunktist mõõtkavasse, jõuvektorite vahele jääb 40-kraadine nurk. Joonesta jõuvektori F1 tipust jõuvektori F2 suunaline ja jõuvektori F1 tipust F1 suunaline sirge.
Jõudude alguspunkti ja sirgete lõikepunkti vahele joonestatakse sirge, mis on jõudude resultant.



Joonis 24. Näites kirjeldatud vektorite liitmine.

Vektori jagamine komponentide osadeks

Kui jõude saab liita jõuvektorite abil, saab jõuvektoreid ka komponentideks jagada. See on vajalik näiteks lõppmastile ja tõmmitsale mõjuvate jõudude arvutamisel.



Joonis 25. Vektori jagamine komponentideks.

Üldjuhul võib jõu jagada horisontaalseks ja vertikaalseks komponendiks. Komponentide suuruse saab otsustada joonestamise või trigonomeetria abil täisnurkse kolmnurga baasil.

3.4.3. Liinidele mõjuvad jõud

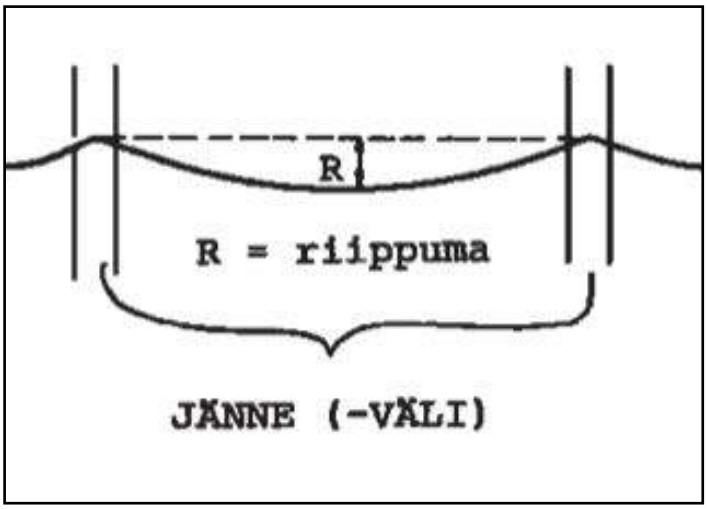
3.4.3.1. Liinidele mõjuvad jõud VIM A4-93 järgi

Liinidele mõjuvad jõud tuleb välja selgitada enne mastikonstruktsioonide projekteerimist, sest mastide mõõtmed määratakse juhtmetest tulenevate koormuste alusel.

Liinidele mõjuvaid jõude arvutatakse ilmastiku- ja koormusoludes, kasutades piirväärtustena kõige kriitilisemaid olukordi. Seega arvestatakse juhtmepinge seisukohalt kõige olulisemaid ilma- ja koormusolusid: külma, tuulekoormust ja jäitekoormust, mille alusel arvutatakse tekkivad köisjuhtme raskused. Rippe määratlemisel arvestatakse tuulekoormust, palavust ja jäitekoormust ning juhtmete kinnituskohtade vahekaugust (VIM 3.1.1.1a.). SENER on koostanud võrgusoovituse RJ8:94, kus on arvutatud köisjuhtmete tekitatud koormused ja ripped tavaliselt kasutatud juhtmetele ja juhtidele.

VIM A4-93: “1.2. Definitsioon
Ripe
Juhtme ja selle riputuspunkte ühendava sirgjoone vaheline püstsuunaline kaugus liini visangus

Mida pikem on juhtme visang, seda suurem on juhet ja konstruktsioone koormav jõud. Erinevatele liinidele ja juhtmetele on arvutatud maksimaalsed visangud, mida ei tohi konstruktsioonide projekteerimisel ületada.



Joonis 26. Ripe ja visang

Visang on juhtme kinnituskohtade horisontaalne vahekaugus, tegelikkuses ka mastide vahekaugus.

Maksimaalne visang

Maksimaalse visangu all mõeldakse suurimat lubatud visangut, mille puhul jäitekoormuse (nullilähedase temperatuuriga ilma põhjustatud koormus + lisakoormuseks jäitekoormus) tekkel ei ületata lubatud purustavat koormust.

Tabel 5. Jaotusvõrgu liinidele ja rippjuhtmetele soovitatud nullilähedasel temperatuuri koormused (RJ 1:87).

Juhe	Koormus nullilähedasel temperatuuril N/mm^2
AI/Fe	45 (25)$^{x)}$
AIMgSi/Fe	45
AI	27 (22)$^{x)}$
AMKA (kandur AlMgSi)	45
SAXKA (terasest kandur)	180
PAS	30 (35)$^{x)}$
Vaskjuhtmed	100

x) Alternatiivne väärtus raskete juhtmete puhul.

xx) 40 N/mm^2 on osutunud liiga suureks, kuna põhjustab tugeva külgtuule puhul juhtmetesse vibratsiooni, mis võib viia isegi juhtme katkemiseni (vt punkt 23.11. Vibratsiooni summutamine). Üle 150 mm^2 ristlõike pindalaga PAS-juhtmete puhul tuleb rakendada alla 30 N/mm2 (27...30) nullilähedase temperatuuri koormust.

Näiteid maksimaalsetest koormustest tavalisematel liinidel ja rippjuhtmetel.

Tabel 6. Eespool nimetatud nullilähedase temperatuuriga tekkivate koormuste, lubatud koormuste (purunemiskoormus) ja VIM punktis 2.1.2. toodud jäitekoormuste puhul saadakse järgmised maksimaalsed koormused (RJ 8:94):

	Maksimaalne koormus /m	
Juhe või kaabel	Tavaline juhe	Mehhaaniliselt tugevdatud juhe
ACSR 21/4 Swan	79,4	56,8
ACSR 34/6 Sparrow	113,0	81,2
ACSR 54/9 Raven	142,9	105,5
ACSR 84/14 Pigeon	196,7	147,1
ACSR 152/25 OSTRICH	1047,9	1047,9
AAC 132 Al	193,3	145,2
AAC 201 Al	275,5	244,7
PAS 70 E-AlMgSi	165,7	165,7
PAS 120 E-AlMgSi	376,5	376,5
PAS 150 E-AlMgSi	751,7	751,7
SAXKA 3x120	461,4	461,4
AMKA 1x16+25	66,8	66,8
AMKA 3x16+25	57,4	57,6
AMKA 3x25+35	85,8	85,8
AMKA 3x35+50	147,2	147,2
AMKA 3x70+95	476,2	476,2
AMKA 3x120+95	380,7	380,7
MU FeCu 2x1,0 (telefon)	67,6	67,6
ÕHUVALGUSKAABEL (8)	627,2	627,2

Tegelikkuses ei saa maksimaalsele lubatud visangule vastavaid visanguid, eriti paksemate juhtmete ja isekandvate juhtmete puhul muuhulgas rippest tuleneva masti pikkuse ülemäärase suurendamise nõude tõttu rakendada. Visangu pikkust piiravad oluliselt ka tavaliste traaversite faasivahed.

Tavaline ja mehhaaniliselt tugevdatud juhe

Juhtme võimaliku vigastuse tõttu tekkiva ohu ulatuse ja ohutüübi alusel rajatakse juhe kas tavalise juhtme või tugevdatud juhtmena.

Tugevdatud juhet kasutatakse edaspidi kirjeldatud viisil näiteks liiklustrasside ületamisel, ühiskasutuses olevates mastides jne. Mehhaaniliselt tugevdatud juhe erineb tavalisest juhtmest järgmiste mehhaanilise tugevusega seotud reeglite poolest:

- arvutuses rakendatakse suuremat jäitekoormust
- visangud on lühemad (tulenevalt jäitekoormusest jms)
- mastide arvutamisel tuleb arvestada ka juhtme katkemisega kõrvalolevas visangus
- mitmest visangust koosneva tugevdatud juhtmega liinilõigu ristumisvisangus on juhtme jätkamine keeletud, samuti on keelatud juhtme jätkamine selle liinilõigu teistes visangutes.

3.4.3.2. Liinidele mõjuvad jõud õhuliinistandardite järgi

Õhuliinide standardites ei kasutata mõisteid tavaline või tugevdatud (mehhaaniliselt tugevdatud) juhe, kõik juhtmed ehitatakse samu nõudeid järgides.

Standardi SFS-EN 50423-3 Soome jaoks kohustuslike nõuete kohaselt määratletakse jäitekoormus järgmiselt: ”Liini jäitekoormus oleneb suhtelisest kõrgusest, mis määratakse juhtme ja juhet ümbritseva maa-ala (vaatluskohast 10 km raadiuses) keskmise maapinna kõrguse kõrguste vahena …”

Liinide jäitekoormus on määratletud standardi 4.2.3/FI.1, kus on toodud neli jäitekoormusklassi.
Enamasti kasutatakse klassi I, mille puhul jäitekoormus on 10 n/m. Kõrgetel kohtadel rakendatakse klassi II, kus jäitekoormus on 25 n/m. Tabelis toodud klasside vahele jäävad väärtused saab määrata interpolarisatsiooni teel.

Teatud objektid tuleb kasutada ka kombineeritud tuule- ja jäitekoormusi.
Näiteks:
- tuuled + jäide (TJ) (45% tuulekoormusest + 25 % jäitekoormusest)
- jäide + tuul (JT) (100% jäitekoormusest + 25 % tuulekoormusest)

Sageli määratav koormus on JT, jäitekoormus + tuulekoormus.

SFS-EN 50423-3 standardi alusel:

” FI.1 Lähteolek (0-lähedane temperatuur)
Lähteoleku all mõeldakse tuuletut ilma, jäidet ei esine, temperatuur püsib 0 °C ümber. Erinevate koormusolekute temperatuurid on toodud tabelis 4.2.11/FI.1.

FI.2 Miinimumtemperatuur (temperatuur alla nulli)
Miinimumtemperatuur Tmin (°C) on kalibreeritud konkreetse piirkonna ja kõnealuse usaldusväärsustasemele vastava kordumisaja alusel. Need näitajad on toodud tabelis 4.2.5/FI.1. Õige piirkond ja võimalikud hälbed tabelis määratletakse projekti seletuskirjas.”

Pakasekoormus võib olla määrava iseloomuga tegur Põhja-Soomes, kus temperatuur langeb vahel ka -50 °C-ni.

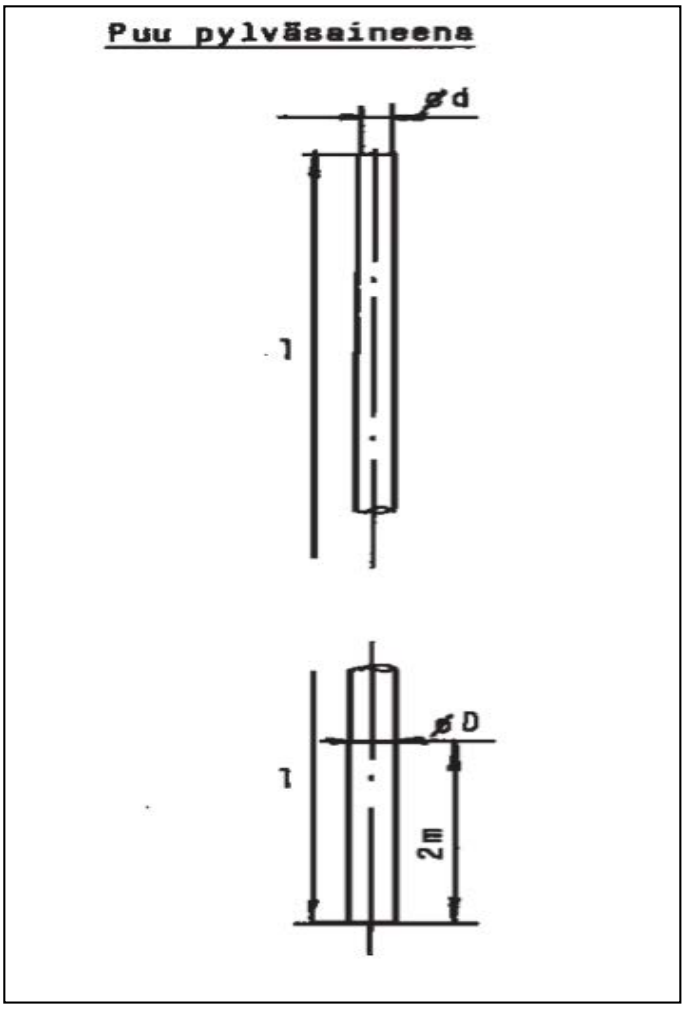
3.4.4. Masti materjalid

Kuni 110 kV nimipinge puhul kasutatakse jaotusvõrgu mastide materjalina enamasti puitu. Suuremate pingetasandite puhul kasutataks teraskonstruktsioone.

Puit mastimaterjalina

Pikkade visangute puhul piirab puidu kasutamist mastide ehitusmaterjalina asjaolu, et piisavalt suure paksuse ja pikkusega puitu on raske leida. Sageli komplekteeritakse näiteks ristuvad mastid mitmest mastist üheks kõrgeks mastirajatiseks.

Puidust mastide valimisel tuleb arvestada, et mida aeglasemalt puu on kasvanud, seda tugevam on puit. Kõige tugevamad puidust mastid on sellised, mille ristlõikes on palju aastarõngaid.



Joonis 27. Mastina kasutatava puu ladva läbimõõdu (d) ja tüve läbimõõdu (D) mõõtmine.

Õhuliinides kasutatavad puidust mastid on standarditud (standard SFS 2662). Mastide ehitusmaterjalina kasutatakse männipuitu. Mastide toormaterjal tähistatakse masti tüübi ja pikkuse alusel vastava koodidega, näiteks 411 viitab mastitüüpi 4 kuuluvale 11 m pikkusele mastile ning näiteks 108 vastab mastitüüpi 1 kuuluva 8 m pikale mastile.

Tabel 7. Standardile SFS 2662 vastavad masti ehitamiseks kasutatud puude läbimõõdud ja masti kaalud (RJ 12:96 Tabel 1.)

Masti-tüüp	Näitajad	Masti pikkus L/m											
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	d (cm)	13	13	13	13	13	13	13	13	--	--	--	--
	D(cm)	16	17	18	19	20	21	22	22,5	--	--	--	--
	m (kg)	76	94	114	135	159	184	212	235	--	--	--	--
2	d (cm)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	--	--
	D (cm)	17	18	19,5	20,5	21,5	22,5	23,5	25	26	27	--	--
	m (kg)	91	111	138	164	191	221	253	296	334	375	--	--
3	d (cm)	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
	D (cm)	18,5	19,5	21	22	23	24	25,5	26,5	28	29	30	31
	m (kg)	110	134	166	195	226	260	305	345	398	445	495	548
4	d (cm)	--	--	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
	D(cm)	--	--	22,5	24	25	26	27	28	29	30	31,5	32,5
	m (kg)	--	--	196	236	272	312	354	399	447	498	565	624
5	d (cm)	--	--	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	D (cm)	--	--	24	25,5	27	28	29	30	31	32	33	34,5
	m (kg)	--	--	228	273	322	368	416	467	521	579	640	719

Mastideks kasutatavad puud on soovitatav langetada talvel, sel ajal on puu kasv peatunud. Mastiks valitav puu peab olema võimalikult sirge ja oksavaba. Mastipuud kooritakse puidutöötlemisasutuses pooleldi puhtaks, sorteeritakse kliendi nõuete ja standardite alusel ning kuivatakse ka traditsiooniliselt õhkkuivatuseks virnastatult 8-10 kuud või alternatiivselt 5-12 ööpäevaga alarõhu/kuuma õhu/kuumkuivatites.

Poolpuhtad, kuivatatud mastid treitakse enne immutamist siledaks, treimisega eemaldatakse immutust takistav ja imendumist aeglustav koorealune puidukiht. Treimine parendab ka masti välisilmet. Treimisele järgneva töötlemise käigus kontrollitakse veel kord masti mõõtmeid, niiskusesisaldust ja kvaliteeti ning tähistatakse tooraine kliendi nõuete alusel, teostatakse vajalikud puurimis- jm tööd. Töötlus tuleb lõpule viia enne immutamist, et ka töödeldud kohad oleksid puidumädaniku ja kahjurite eest kaitstud.

Meil kasutatakse peamiselt kaht mastide surveimmutusmeetodit:

- immutamine soolade vesilahusega (mastid rohekad), Bethelli meetod
- immutamine kreosoodiga (mastid tumedad), Rüpingi meetod.

Umbes 90% Soomes kasutusel olevastest mastidest on immutatud soolade vesilahusega. Enamasti on immutusainena kasutatud CCA-segu, kuid nende kasutamine on peale 31.08.2006 keelatud. Vask on kaasajal kasutusel olevatest soolade vesilahuses enamesinev mõjuaine. Lisaks vasele lisatakse immutusvedelikku ka orgaanilisi lisaaineid, mille eesmärgiks on parendada lahuse puidumädaniku eest kaitsvat mõju. Vaske sisaldava soolalahusega hoolikalt immutatud masti kasutusiga on 30 – 50 aastat.
Kaasaegse vasesoolade vesilahusega immutatud puidust masti välisilme ei erine oluliselt traditsioonilisest CCA-soolalahusega immutatud mastist, erinevus selgub masti sildile märgitud immutusainest.

CCA-maste saab elektri- ja telekommunikatsioonivõrkudes ka taaskasutada. Kasutuskõlbmatu mastipuu ja töötlemise käigus tekkivad puidujäätmed liigitatakse ohtlike jäätmete hulka, mis tuleb toimetada nõuetekohast käitlusluba omavale jäätmekäitlejale hävitamiseks.
Kasutatud maste võib kasutada ainult tööstuslikul või muul ärilisel otstarbel. Kasutamise kohta on sätestatud Soome Riiginõukogu määrusega 787/2007: Arseeniyhdisteiden, elohopeayhdisteiden ja dibutyylinavetyboraatin sekä niitä sisältävien valmisteiden ja tuotteiden markkinoille luovuttamisen ja käytön rajoittamisesta.
CCA-immutatud mastide müümisel või võõrandamisel tuleb ostumüügilepingusse kindlasti lisada märge CCA-immutatud mastide käitluse ja hävitamise kohta. Lisateavet saab võrgusoovitusest TJ7:08.

Umbes 10% meie riigi mastidest on immutatud kreosoodiga. Kreosootõli on kivisöetõrva destilleerimissaadus, mille mõju põhineb muuhulgas seente ja kahjurite levikut piiravatel PAH-ühenditel (polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud). Kreosoot kui õlitaoline immutusaine vähendab ka vee imendumist masti ja hoiab sellega ära seeneeostele soodsate paljunemisolude tekke. Ka puidu "elamine" soojuse ja vee mõju väheneb. Hoolikalt kreosoodiga immutatud mast peab vastu 40 – 60 aastat.

Kreosoot on tervisele ohtlik aine. Kahjulike tervisemõjude vältimiseks tuleb aine käitlemisel järgida antud juhiseid ja kasutada nõuetekohaseid isikukaitsevahendeid.
Nõuetekohane kaitse ja hea hügieen tagavad hea kaitse kreosoodist tulenevate tervisekahjude eest. Lisateavet saab võrgusoovitusest TJ6:07.

Ladustatavad mastid tuleb paigaldada ristpuude peale, et vältida paindumist.

Elektri- ja telekommunikatsioonivõrkudes kasutatud immutatud puitmastid ei ole keskkonnale, inimestele või loomadele ohtlikud, kui mastide asukohavalik ja paigaldamine toimuvad tootja antud juhiseid järgides.

Kreosoodiga immutatud tooteid võib kasutada ainult professionaalsetes ehitustöödes, mille alla kuulub ka õhuliinide rajamine. Kreosoodiga immutatud masti paigaldamisel tuleks vältida otsest kokkupuudet nahaga, sest kreosoodil on UV-kiirguse suhtes ülitundlikkust tekitav mõju.

Immutamata puitmastid lagunevad kiiresti. Tööstuslikult immutatud mastide kasutusiga seevastu võib ulatuda isegi üle 40 aasta.

Kasutusest kõrvaldatud immutatud puit on jääkpuit, mis tuleb toimetada ohtlike jäätmete käitlusettevõttesse. Sealt toimetatakse jääkpuit edasi nõuetekohases katlamajas soojusenergia tootmiseks. Immutatud puidu põletamine kodumajapidamises on keelatud.

Teras masti materjalina

Jaotusvõrgu liinides kasutatakse konstruktsioonides peamiselt profiilterast ja terastrosse. Teraskonstruktsioonid tuleb projekteerida ja ehitada kehtivaid norme järgides.

Terasmastid monteeritakse kokku keeviste või poltühendustega. Eeskirjad näevad ette, et terasdetaile tuleb kaitsta rooste eest. Tavaliselt kasutatakse roostekaitseks kuumtsinkimist. Lubatud meetodid on ka lakkimine ja värvimine.

Lisaks mastidele kasutatakse terast ka traaversites ja teistes puitmastide külge paigaldatavate juhtmete kinnitustarvikutes.

Terastrosse kasutatakse kõikides mastikonstruktsioonides tõmmitsatrossidena. 25 mm2 tõmmitsatrossile on lubatud nimikoormus 17,5 kN. Tõmmitsate juurde kuuluvad terasdetailid tuleb kaitsta rooste eest ja need peavad vastama kehtivates standardites antud ehk arvutuseeskirjadele.

Alumiinium masti materjalina

Alumiiniumist valmistatakse valgustiposte. Alumiiniumi kasutamine teiste mastide konstruktsioonides piirdub traaversite tootmisega. Alumiiniumist traaversid on kerguse tõttu kasutusel 20kV paljasjuhtmega õhuliinidel sagedamini siis, kui mastide varustamine toimub liinil. Neid kasutatakse veel rikete kõrvaldamisel. Kaasajal alumiiniumist traaverseid enam ei toodeta.

3.4.5. Masti arvutamine

3.4.5.1. Masti arvutamine VIM A4-93 alusel

Mast tuleb arvutada selliselt, et see taluks kukkumata, purunemata või deformeerumata mastile arvutatud koormusi, mis on korrutatud nõutud varuteguriga (n).

Masti koormamise variandid (VIM 2.4.)

”2.4.1 Paigalduskoormus
a. omakaal
b. juhtmete põhjustatud koormused paigalduse ajal
c. montööride ja paigalduse põhjustatud koormused

2.4.2 Pakasekoormus
a. omakaal
b. juhtmete põhjustatud koormused pakasega

2.4.3 Tuulekoormus
a. omakaal
b juhtmete põhjustatud koormused tuulega
c. masti ja isolaatorite tuulekoormus

2.4.4 Jääkoormus
a. omakaal
b. juhtmete põhjustatud koormused, kui juhtmetel on jäitekoormus

2.4.5 Juhtmete katkemisest tekkinud koormus
a. omakaal
b. õhuliini ühe juhtme (üksiku voolu- või piksekaitsejuhtme või kaablikimbu soone) katkemise tõttu tekkivad koormused
c. teiste juhtmete tõttu nullilähedase temperatuuriga tekkinud koormused."

Lubatud koormused saadakse jagades kriitilise koormuse näitajad varuteguriga.

Varutegur peab olema (VIM 3.3.2.1):

- paigaldus-, pakase-, tuule- ja jäitekoormuse alla kuuluvate koormuste, välja arvatud masti oma kaalu suhtes n ≥1,4
- masti omakaalu ning juhtme katkemisest tekkiva koormuse alla kuuluvate koormuste suhtes n ≥ 1,05

Konstruktsiooni piisavat tugevust tuleb tõestada kas lubatud visangute meetodi või kriitilise koormuse meetodi teel.

Mastipuit (VIM 3.3.2.2)

Masti ehitamiseks kasutatav mastipuit peab vastama standardis SFS 2662 toodud kvaliteedi- ja mõõtmete nõuetele alljärgnevate eranditega:

- kõrgepingemastis kasutatava mastipuidu ladva läbimõõt (d) peab olema vähemalt 150 mm
- läbimõõt (D) 1,5 m kaugusel tüvest võib olla standardi tabelis toodud näitajast ka väiksem, kui tugevusarvutustes on kasutatud mastipuidust mõõdetud tegelikku väärtust.

Puidu kriitilised ja lubatud pingsused (VIM 3.3-1.)

Tõmbe, kokkusurumispingsus, paindepingsus:

Muud, välja arvatud juhtme katkemisest, põhjustatud pingsused:
δkriitiline = 25,2 N/mm^2
δlubatud = 18,0 N/mm^2

Juhtmete katkemisest tulenev pingsus:
δkr = 31,5 N/mm^2
δsall = 30,0 N/mm^2

Puitmastide arvutamine toimub enamasti õhuliinide projekteerimiseks mõeldud arvutusprogrammide abil. Arvutusprogrammis on arvestatud VIM A4-93 tulenevaid nõudeid.

3.4.5.2. Masti arvutamine õhuliinistandardite alusel

Standard SFS-EN 50423-3 st kehtestab puitmastile järgmised nõuded:

7.5.3 Materjalid
"FI.1 Mõõtmed
Puitmasti ladva läbimõõt peab olema vähemalt 150 mm. Puitmasti läbimõõtu ei ole piiratud, kuid muude kokkusurutud puuosade läbimõõt ei tohi ületada väärtust 200. Ümara ristlõikega puuosade läbimõõt arvu-

tatakse keskmise läbimõõdu alusel.

Puitmasti ristlõikepinna laiendust võib arvestada minimaalmõõtmete kasutamisel, mis on toodud mastitarnija mastitüübiloetelus või standardis SFS 2662. Täpsete mõõtmete puududes võib läbimõõdu laienduseks võtta 7 mm/m, kui ladva läbimõõt on üle 180 mm ja 7,5 mm/m, kui ladva läbimõõt jääb alla 180 mm…"

7.5.4 Kasutuspiiride olekud

FI.1 Painded

Vabast seisvad puitpostid tuleb arvutada selliselt, et ladva paine ei ületakse 10 % maapealse osa kõrgust kasutusolukorras (tuulekoormus 3 aasta jooksul).

7.5.5.2 Sisemiste jõudude ja momentide arvutamine

"FI.1 Painde mõju vabalt seisvatel puitmastidel
Puitmastide sisemiste jõudude ja momentide arvutamisel kasutatakse üldlevinud nt konstruktsioonide õpikutes kirjeldatud mehhaanika ja tugevusõpetuse meetodeid. Puitmaterjali suure elastsuse tõttu tuleb enamasti rakendada nõtkuseteooriat järgneval alternatiivsel viisil:
1. kriitilise nõtkuspinge meetodiga
2. täpsema meetodiga, kus nõtkuspaine ja geomeetriline mittelineaarsus on automaatselt arvutusse kaasatud.

"FI.2 Puidu elastsusmoodul
Puidu elastsusmoodul saab puidumaterjali tarnijalt."

7.5.5.3 Detailide vastupidavus

FI.1 Materjali tugevus ja arvutused

Puitmastil lubatud pingsus on põhjustatud sellest, et puidu tugevus on 41,8 MPa(Nm2).
Tavaliste lühiajaliste koormussituatsioonide puhul antakse puitmaterjali varuteguriks 1,4.
Sellisel juhul on tavalise kandemastile lubatud koormus 41,8/1,4 = 29,9 MPa.

Nurga-, ankru- ja lõpumastidele on antud lisategur 1,1(SFS-EN 50423-3 punkt 3.2.5 FI.1).
Selle alusel saadakse lubatud pingsuseks 29,9/1,1 = 27,1 MPa.

FI.2 Puidumädaniku kontroll

Puitmasti kasutusea ajal hakkab masti tugevus puidumädaniku mõjul halvenema. Puidumädanik tekib enamasti vabalt seisvate mastide maapinna tasandil ja maapinnast allpool.
Kuna puidumädaniku mõju avaldub alles masti kasutusea lõpupoole, võib koormuste mõju vähendada vähendamisteguri abil. Soomes võib kasutada tuule- ja jäitekoormuste puhul täiendavat vähendustegurit 0,92, mis vastab 30 aasta pärast mõju avaldavale puidumädanikule.

Puitmastide arvutamine toimub tegelikkuses enamasti õhuliinide projekteerimiseks mõeldud arvutusprogrammide abil. Arvutusprogrammid arvestavad CENELEC-I õhuliinistandarditest tulenevaid nõudeid.

3.5. Konstruktsioonilahendused

3.5.1. Üldist

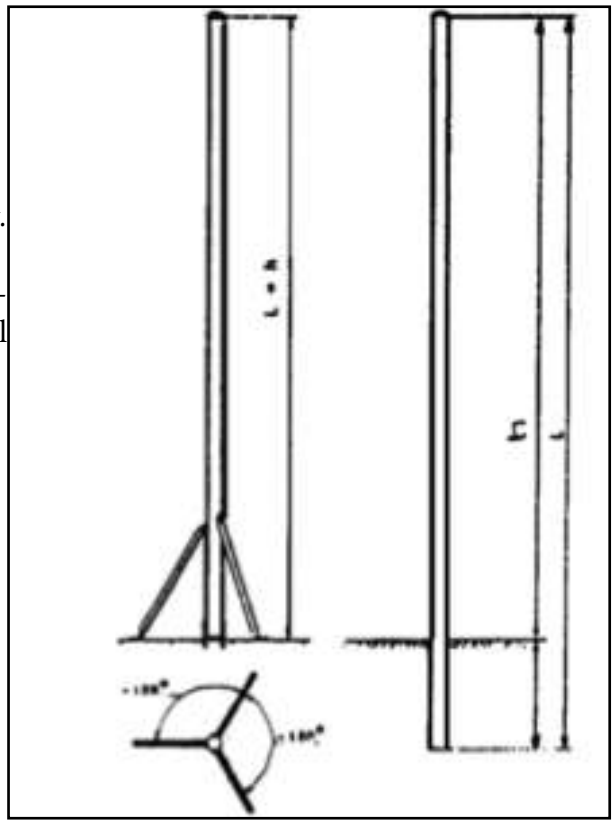
Masti arvutamiseks leitakse tavaolukorras vajaliku masti pikkus ja mastitüüp. Seda arvutamist mõjutavad:

masti konstruktsioon, juhtmete kombinatsioon, visangud, juhtmenurk ja maastiku kõrguste vahed.

3.5.2. Kandemast

Kandemast on:
- sirge juhtmelõigu mast
- tõmmits või A-kujuline tugi puuduvad
- pinnasesse süvistatud või kaljumassiivi mast või soomast

Kasutuspiiride määratlemisel peab olema teada:
- vajalik mastipikkus
- juhtmete kombinatsioon
- juhtmetüüp (tavaline või mehhaaniliselt tugevdatud)
- visang
- maastiku kõrguste vahed.

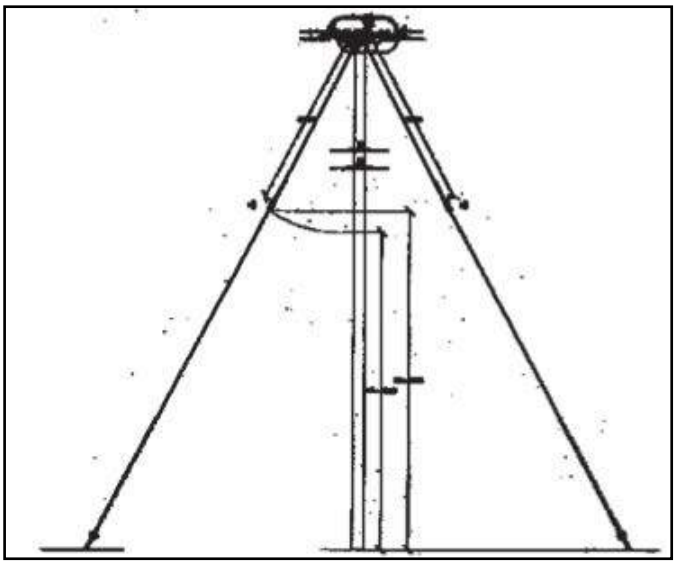


Joonis 28. Kandemast.

Tavalise juhtme kandemast arvutatakse pakase-, tuule- ja jäite-koormuse alusel. Tugevdatud konstruktsiooniga juhtme puhul lisaks ka juhtme katkemisest põhjustatud koormuse varutegur.

3.5.3 Ankrumast

Ankrumast on kahe järjestikuse ankruvisangu piirimast. See arvutatakse paigaldus-, pakase-, tuule- ja jäite-koormuste alusel.



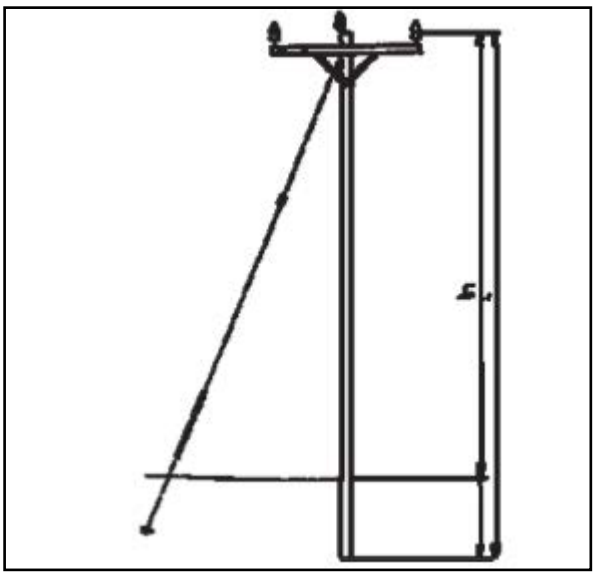
Joonis 29. Ankrumast

3.5.4. Tõmmitsatega nurgamast

Ühest nurgast tõmmitsatega varustatud tavalise masti puhul on tõmmits ja juhtmed oletuslikult kinnitatud masti tippu, kuigi tegelikkuses kinnituskoht päris masti tipus ei ole.

Kasutuspiiride määramisel peavad teada olema samad näitajad nagu kandemast ja lisaks ka tõmmitsa kalle (mis määrab ära tõmmitsa ankurduskoha vahekauguse mastist).

Kasutuspiiride määratlemisel on nurgamasti määravaks mõõdistamisnäitajaks jäitekoormus.

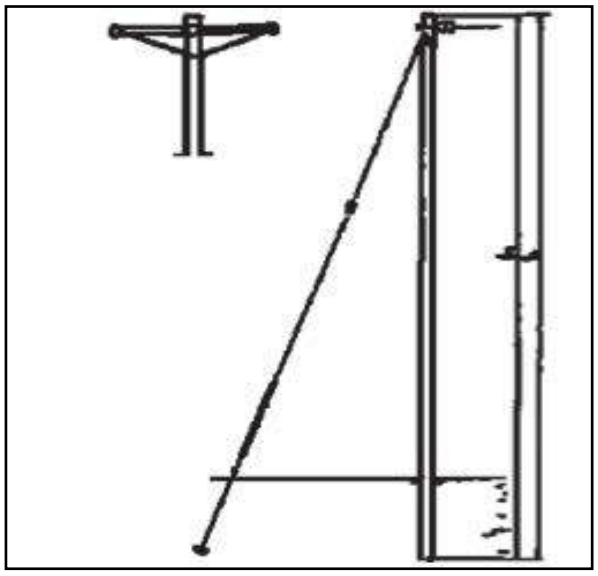


Joonis 30. Ühest punktist tõmmitsaga kinnitatud nurgamast.

3.5.5. Tõmmitsatega lõpumast

Juhe lõpeb lõpumastiga, seal suunatakse köisjuhtmetest tekkinud jõud tõmmitsatele. Arvutuse seisukohalt on lõpumast ligilähedaselt võrreldav 60°-nurgamastiga. Selle põhjuseks on asjaolu, et ka 60°-nurgamasti puhul on köisjuhtmete tekitatud jõu (FH) masti kallutav horisontaalne jõud (F) võrdne trossijõududega köisjuhtmete põhjustatud jõuga.

Kasutuspiiride määratlemisel lähtutakse arvutamisel jäitekoormusest. Ühe tõmmitsaga varustatud lõpumasti tuleb ühtlasi kontrollida ka tuulekoormuse osas.



Joonis 31. Tõmmitsatega lõpumast.

4. VÕRGU ELEKTROTEHNILINE ARVUTAMINE

4.1. 0,4 kV õhuliinivõrk

4.1.1. Üldist

Madalpingeõhuliinide standardi SFS 6003 kohaselt järgitakse madalpingeõhuliinide elektrotehnilises arvutamises, koormustaluvuses, lühisekaitses ja elektrilöögi eest kaitsmises standardikomplekti SFS 6000 ning vajadusel standardi SFS 6001 ja teiste asjakohaste seadmestandardite nõudeid.

Standardi SFS 6000/2007 madalpingepaigaldised alusel peab madalpingejuhtmel alati olema liigkoormuskaitse, vähemalt lühisekaitse, kui tegemist ei ole generaatori, trafo, alaldi või akude elektrikilpi ühendamisega.
Sama standardi alusel võib maakaablitel ja paljasjuhtmetel liigkoormuskaitse ära jätta, kui see ohtlikku olukorda ei tekita. Seevastu AMKA-rippkeerdkaabel tuleb alati varustada liigkoormuskaitsega.

Kõik madalpingejuhtmed tuleb kaitsta selliselt, et nt rikkekaitse, puutepingekaitse nõuded oleksid täidetud.
Maksimaalvoolu kaitse on 0,4 kV elektrijaotusvõrgus traditsiooniliselt teostatud kaitsmete abil. Kaitsmetel on üheaegselt mitu ülesannet:

- ülekoormuskaitse
- lühisekaitse
- rikkevoolukaitse, puutepingekaitse (rikke tekkimisel automaatne väljalülitamine)
- teatud juhtudel ka rikkekoha selektiivne lahti ühendamine

0,4 kV õhuliinvõrgu elektrotehnilistes arvutustes on määravaks teguriks koormus ning selle kaugus alajaamast. Madalpingeõhuliinide koormustaluvus on väiksem kui analoogsel maakaablil.
Kõik vajalikud arvutused tehakse praktikas arvutisüsteemipõhistes võrguarvutusprogrammides.

Definitsioon SFS 6000, 826-14-14
Maksimaajvoolu kaitse
Seade, mida kasutatakse vooluringi katkestamiseks juhtudel, kui vooluringi juhtmes olev vool ületab antud aja jooksul eelnevalt kindlaks määratud väärtuse."

4.1.2. Madalpingeõhuliinide koormustaluvus

Alljärgnevas tabelis 8 on toodud enamkasutatud õhuliinide koormustaluvuse näitajad.
Tabel 8. Õhuliinide koormustaluvused SA 2:08 Tabel 8

Juhe	Koormustaluvus[1)] (A)		Lühisetaluvus 1s (kA)
AMKA 3x120+95	250		7,8/5,9
AMKA 3x70+95	180		4,5/5,9
AMKA 3x50+70	140		3,2/4,3
AMKA 3x35+70 [3)] (50)	115		2,3/4,3(3,0)
AMKA 3x25+35	90		1,6/2,1
AMKA 3x16+25	70		1,0/1,5
AMKA 1x16+25	75		1,0/1,5
Al/Fe 54/9 (Raven)	280		5,8
Al/Fe 34/6 (Sparrow)	210		3,7
Al/Fe 21/4 (Swan)	155		

	Paigaldusviis [2]			
	A	B	C	
AXMK 25	73	87	94	
AXMK 16	57	66	79	
MCMK, MMJ 16	55	66	80	
MCMK, MMJ 10	41	49	60	
MCMK, MMJ 6	31	36	43	

[1] Keskkonnatemperatuur on AMKA-kaablitel +25 °C ning õhuliinidel +20 °C. Tuult ja päikesekiirgust ei ole. AMKA-kaabli koormustaluvus on võetud standardi SFS 6000 tabelist A.52-9 ja õhuliinide koormustaluvus tootjate 2006. aasta tootekataloogidest.
[2] Kaablite paigaldusviisid ja koormustaluvused vastavad standardi SFS 6000 tabelites A.52-1, -2 ja -3 toodud väärtustele. A = süvistatud paigaldus, B = kaablitorus pindpaigaldisena ja C = pindpaigaldus.
[3] Uuele AMKA-standardile vastav PEN-juht. Vana juhi suurus on antud sulgudes.

Õhuliinide koormustaluvuse analüüsid erinevad kaablite koormustaluvuseanalüüsidest selles osas, et õhuliinide väikese temperatuuri ja ajakordaja tõttu ei saa koormuse ajalist kõikumist arvestada.

Ühtlasi on õhuliinide põhi- ja ühendusjuhtmete koormustaluvused samad magistraal- ja haruliinidel. Õhuliinidele ei saa lubada sama avariiolukorra koormustaluvust nagu kaablitele.

4.1.3 Madalpingeõhuliinide maksimaalvoolu kaitse

Kiiretoimeliste sulavkaitsme eesmärgiks on kaitsta AMKA-kaableid ja nendega ühendatud juhtmeid liigpingeülekoormuse, ülemäärase kuumenemise ja rikete eest. Kaitse peab alati toimima.

Paljasjuhtmetega õhuliinidel ei ole ülekoormuskaitse vältimatult vajalik, kuid standardi SFS 6000 alusel tuleb neid kaitsta lühise eest ning neis peavad rikkevoolukaitse ja puutepingekaitse nõuded täidetud olema.

AMKA-rippkeerdkaablit ei tohi enam standardi SFS 6000/2007 nõuete kohaselt lõpetada otse hoone seinas vaid alajaamas, erandiks on kohtades, kus maakaabli kasutamine on kaljumassiivist pinnase tõttu võimatu.

Toiteliinide ülekoormuskaitse korraldatakse tavapäraselt tarbija peakaitsmetega. Sellisel juhul peab toiteliini lühisekaitse olema tagatud toiteliini kaitsva magistraalliini kaitsega.

Tabel 9. AMKA-rippkeerdkaabli ja MMJ plastkaablite ülekoormus- ja lühisekaitsena toimivate kaitsmete suurimad lubatud arvutuslikud voolud, samuti paljasjuhtmega õhuliini soovitatavad suurimad arvutuslikud lühisekaitse voolud. SA2:08 tabel 10.

	Ülekoormuskaitsena toimiva gG- kaitsme normväärtus [1]		Hargneva liini lühisekaitsena toimiva gG- kaitsme suurim lubatud normväärtus [1]	
Juhe	Üksik I_N	Kaks paralleel-selt I_N	kui 5 s lahti ühenda-mise aeg ei teostu I_N	kui 5 s lahti ühendamise aeg teostub I_N [3]
AMKA 3x120+95	200	400	400	500
AMKA 3x70+95	160	315	250	315
AMKA 3x50+70	125	250	200	250
AMKA 3x35+70 [4] (50)	100	200	160	200
AMKA 3x25+35	80	160	125	160
AMKA 3x16+25	63		100	125
AMKA 1x16+25	63		100	125
Al/Fe 54/9 Raven	200			
Al/Fe 34/6 Sparrow	160			
Al/Fe 21/4 Swan	125			
	Paigaldusviis [2]			
	A-B C			
MCMK, MMJ 16	50 63		125	160
MCMK, MMJ 10	35 50		100	125
MCMK, MMJ 6	25 35			

[1] Standardile SFS-EN 60269 vastav kaitse gG.
[2] Paigaldusviisid SFS 6000 tabeli A.52-1 alusel ja kaitsmete väärtused tabelite A.52-2 ja B.52-1 alusel.
[3] Vanades jaotusvõrkudes (enne standardi SFS 6000/2007 jõustumist) annab see veerg ka kaitsme gG suurima lubatud normväärtuse, kui kaitsme rakendumisaeg on maksimaalselt 16 s (Väikseima võimaliku lahtiühendamise tingimuste tabelis 801 A toodud lühisvoolu puhul).
[4] Uuele AMKA-standardile vastav PEN-juht. Vana juht on sulgudes.

4.1.4. Õhuliinide kaitse vigastuste eest sulavkaitsmetega
4.1.4.1. Üldist

Standardile SFS 6000 vastavas jaotusvõrgus peab toite automaatse väljalülitumise aeg olema enamasti kuni 5 sekundit. Jaotusvõrgu haldaja otsusel võib lubada ka pikemaid väljalülitumise aegu, kui liitumiskoha kohta kehtivad muud nõuded on teostatud. Sellisel juhul võib automaatseks väljalülitamiseks kasutatud maksimaalvoolu kaitse dimensioneerida SFS 6000-8-801 tabeli 801A alusel. Need andmed on toodud raamatu tabelis 8.

Enne standardi SFS 6000/2008 kõige uuemat trükki põhines AMKA-õhuliinide ja maakaablite rikkekaitse õhuliinivõrkudes kiirelt rakenduval gG-kaitsmel, mis rakendub 1-faasilise lühise puhul 15 sekundiga. See oli ja on endiselt võimalik, enne 01.04.2008 ehitatud ning vanade trafopiirkondade baasil ehitatavates uutes hargnevates liinides.
Praegu ehitatavates uutes trafopiirkondades ja vana võrgu täieliku kapitaalremondi puhul peab rikkekaitse olema tagatud tavaliste gG-kaitsmetega (standard SFS-EN 60269). Selliste kaitsmete 5 s rakendumisvoolud on toodud raamatu tabelis 9. Sinna juurde on ühendatud ka tabelis 8 antud kordajatega arvutatavad lühisvoolud (ning STM 1993 1. nullimise tingimusele vastavad tarbija peakaitsmeväärtuste lühisvoolud).

Maksimumväärtused tavalistele standardi SFS-EN 60269 tingimustele vastavatele ühendusjuhtmetele on antud juhtmete suuruste alusel raamatu tabelites 8 ja 9.
Tarbija peakaitsmete järgse ühenduse elektrivõrgus ei tohi maksimaalvoolu kaitse rakendumisaeg ületada 5 sekundit ja praegu nõutakse lõppvooluahela peamiselt 0,4 sekundilist rakendumisaega. Sel põhjusel on peakaitsmete juures soovitatav jaotusvõrgu minimaalne lühisvool praegu 250 A. Vt. SFS 6000-801-4.

4.1.4.2. Sulavkaitsmetega tagatud kaitse teostamine

Tabel 10. Väikseim lühisvool, mille järgi jaotusvõrgu rikkekaitsena kasutatud maksimaalvoolu kaitset võib dimensioneerida ning liitumiskoha maksimaalvoolu kaitse kõige aeglasemad lubatud rakendumisajad.(Tabel on koostatud standardi SFS 6000 punkti 801.411.3.2. ja tabeli 801A alusel). SA2:08 tabel 11.

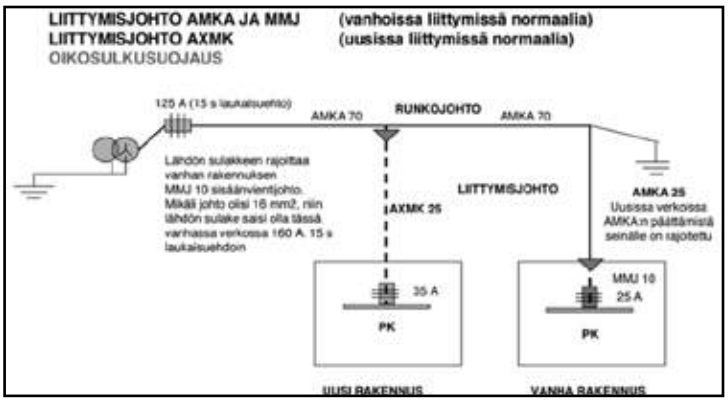
Maksimaalvoolu kaitse	Väikseim lühisvool jaotusvõrgus	Rakendumisaeg liitumiskoha peakaitsme juures	Rakendumisajad liitumiskoha elektrivõrgus
gG-tüüpi kaitse $I_N \leq 63$ A	2,5 x I_N	5 s	0,4 s ja 5 s
gG-tüüpi kaitse $I_N > 63$ A	3 x I_N		

Tabel 11. Kaitsmete väikseimad nõutud lühisvoolud erinevatel juhtudel.
1) allikas SFS-EN 60269-1 ”Pienjännitevarokkeet. Osa 1: Yleiset vaatimukset
2) Allikas SFS 6000-8-801”Jakeluverkot” tabel 801A.
3) Allikas A1 1993 ”Sähköturvallisuusmääräykset” 1.nollausehto, tabel 9.5-1.

Kaitsme nimivool A	Lühisvool 5 s rakendumisajaga 1)	Lühisvool 2,5 või 3 x Võrgu kaitse 2)	Lühisvool 3,5 või 4,5 x kliendi peakaitse 3)
25	110	62,5	87,5
35	165	87,5	122,5
50	250	125	175
63	320	157,5	220,5
80	425	240	360
100	580	300	450
125	715	375	720
160	950	480	900
200	1250	600	900
250	1650	750	1125
315	2200	945	1417,5
400	2840	1200	1800
500	3800	1500	2250
630	5100	1890	2835

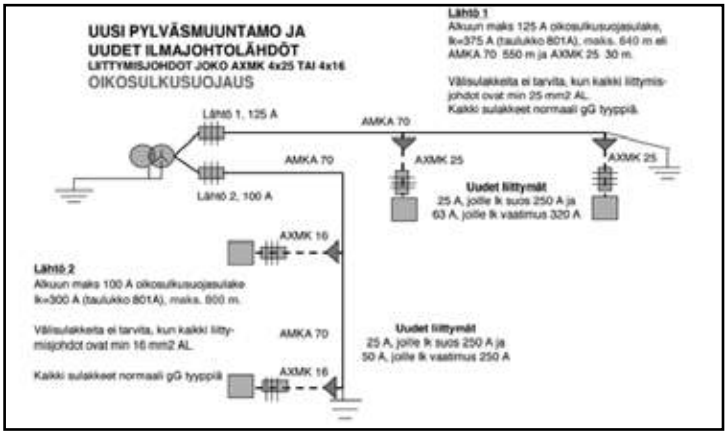
Nagu eespool öeldud, tuleb AMKA-kaabel kaitsta liigkoormuse eest õigesti valitud kaitsmetega. Jaotusvõrkudes ei nõuta kaitsmetega kaitse tagamist selliselt, et juhtme ristlõike vähenemisel tuleks ühenduskohta alati kaitse paigaldada. Sellisel juhul võib eraldi määratleda, kuidas väikese ristlõikega hargnevaid või ühendusjuhtmeid saaks ühendada suurema magistraalliiniga. Kaitse on tagatud sel põhimõttel, et magistraalliini kaitsmed toimivad ühendusjuhtme lühisekaitsetena ja kaabli lõpus oleva liitumiskoha peakaitsmed maksimaalvoolu kaitsena.

4.1.4.3.Näiteid AMKA-võrgu sulavkaitsmetega kaitsmisest



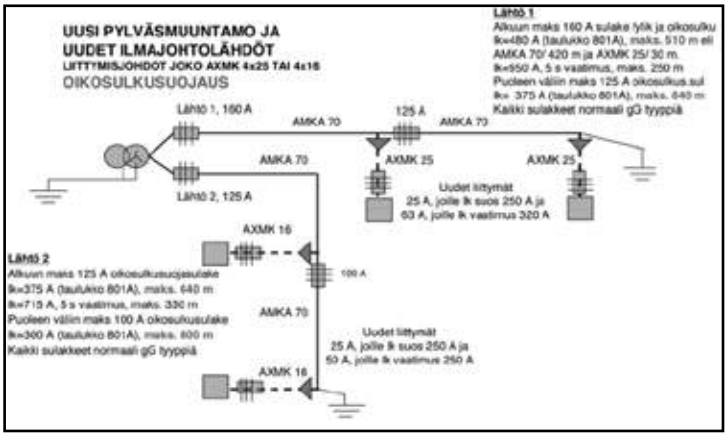
Joonis 32. Vana jaotusvõrgu juhtmeharu. Ühenduskaablid AMKA ja MMJ ning AXMK (SA2:08 joonis leheküljelt 22).

Joonisel 32. Vana hoone kaabel MMJ 10 mm² piirab kaitsme suurust 125 A. Kui nimetatud juhe oleks 16 mm², siis väljundkaabli kaitse võiks olla selles vanas võrgus 160 A rakendumisajaga 15 s.



Joonis 33. Uus mastalajaam ja uued väljundõhuliinid. Ühendusjuhtmed on kas AXMK 4x25 mm² või 4x16 mm² (SA2:08 joonis leheküljelt 23.)

Joonisel 33 kujutatud juhtmeharudes kasutatud ühendusjuhtmete piisavad ristlõiked võimaldavad kasutada lühisekaitses maksimaalsuurustega sulavkaitset.



Joonis 34. Uus mastalajaam ja uued väljundõhuliinid (vahekaitse). Ühendusjuhtmed kas AXMK 4x25 mm² või 4x16 mm² (SA2:08 joonis leheküljelt 23.)

Joonisel 34 vahekaitsmete abil tagatakse antud võimaluste juures pikemaid väljundõhuliine.

4.1.4.4. Ühefaasilise lühisvoolu ja kaitsme suuruse määramine

Rikkekaitse ja puutepingekaitse nõuetest tulenevad kaitsmesuurused on traditsiooniliselt määratud teisendustabelite ja graafikute kaudu. Need tabelid ja graafikud on võrgusoovituse SA2:08 lisades 3 ja 5.

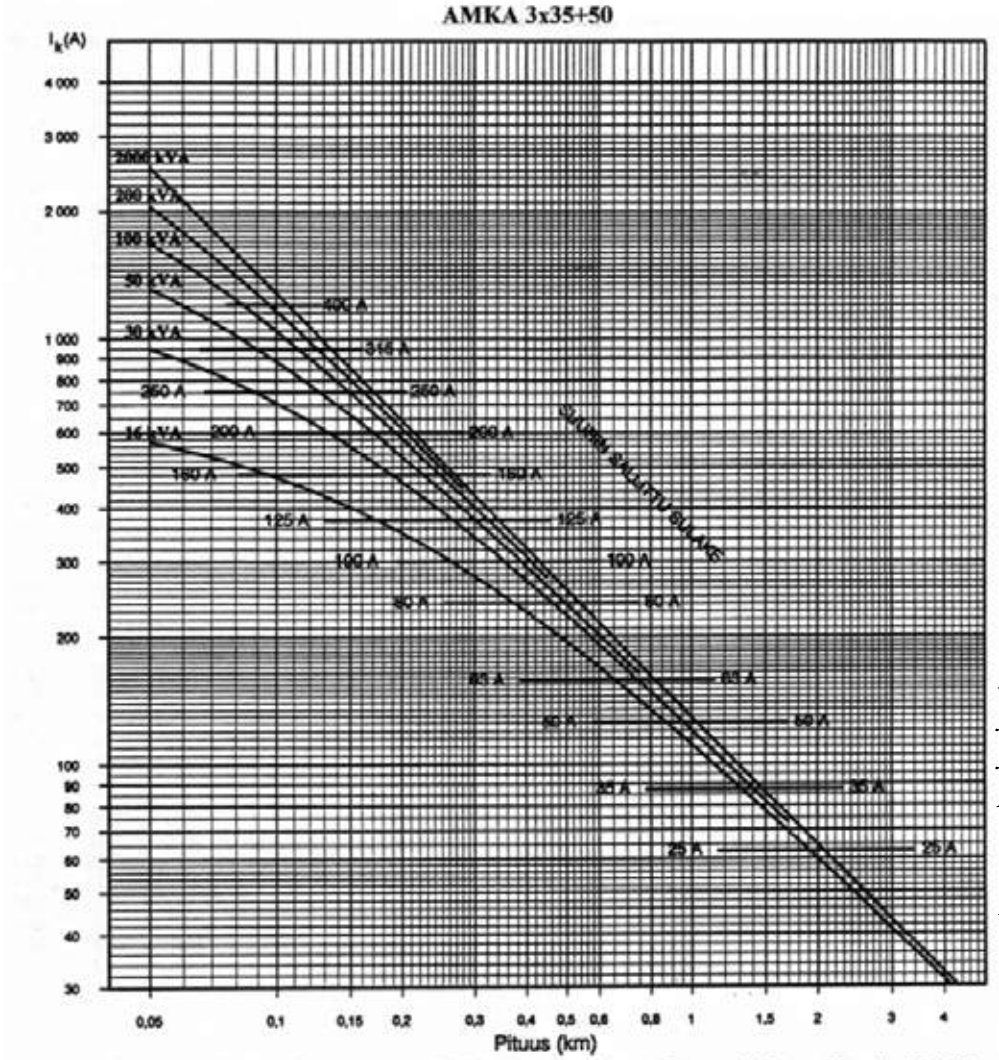
Kaasajal määratakse rikkekaitsest tulenevad kaitsme suurused enamasti võrguandmebaasi arvutusprogrammiga. Kaitsmete suuruse määramiseks võib kasutada ka muid arvutusprogramme.

Kui lühisvool määratakse tabelite ja graafikute alusel, kasutatakse põhikaabliga jaotusvõrgus kõige enam kasutatud juhet. SA2:08 võrgusoovituses on väärtused arvutatud kolme alternatiivse põhikaablitüübi kohta:

AMKA 3x35+50, AMKA 3x70+95 ja AXMK 4x 185S.

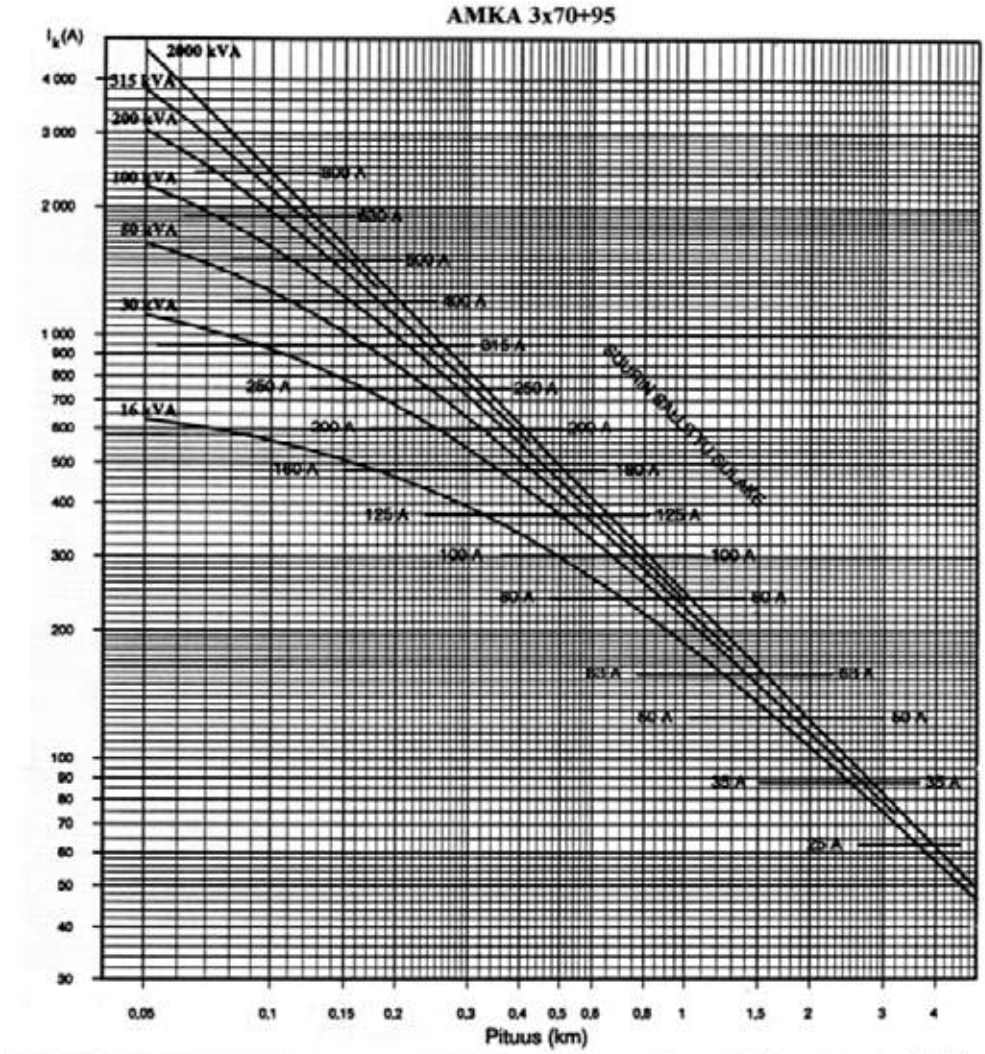
Tabel 12. Teisendustabel juhtme pikkus – põhikaabli pikkusena Osa SA 2:08 lisast 3.

	PIKKUSKORDAJA		
JUHE	Põhikaabel AMKA 3x35+50	Põhikaabel AMKA 3x70+95	Põhikaabel AXMK 4x185
AMKA 1x16+25	2,101	4,025	8,898
AMKA 1x25+35	1,399	2,677	5,946
AMKA 3x16+25	2,101	4,027	8,902
AMKA 3x25+35	1,404	2,679	5,950
AMKA 3x35+50	1,000	1,913	4,214
AMKA 3x35+70	0,875	1,914	3,706
AMKA 3x50+70	0,730	1,397	3,095
AMKA 3x70+95	0,523	1,000	2,214
AMKA 3x120+95	0,404	0,772	1,707
AXMK 4 x 150	0,278	0,533	1,181
MCMK 4 x10	2,307	4,415	9,774



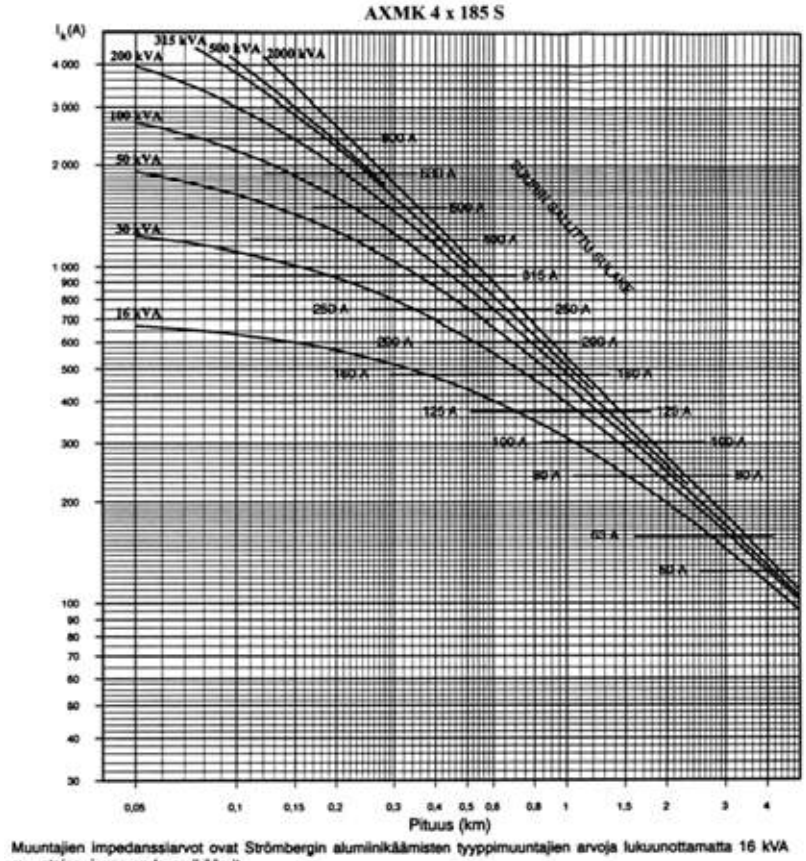
Joonis 35. Ühefaasiline lühisvool juhtmepikkuse funktsioonina ja jaotusvõrgu suurim rikkekaitse poolest lubatud kaitse. (SFS 6000-8-801, tabel 801A) Parameetriks alajaama võimsus kVA. Kaabel AMKA 3x35+50 (SA 2:08 lisa 5, lehekülg 1(3)).

fuuntajien impedanssiarvot ovat Strömbergin alumiinikäämisten tyyppimuuntajien arvoja lukuunottamatta 16 kVA muuntajaa, jossa on kuparikäämit.



uuntajien impedanssiarvot ovat Strömbergin alumiinikäämisten tyyppimuuntajien arvoja lukuunottamatta 16 kVA uuntajaa, jossa on kuparikäämit.

Joonis 36. Ühefaasiline lühisvool juhtmepikkuse funktsioonina ja jaotusvõrgu suurim rikkekaitse poolest lubatud kaitse.(SFS 6000-8-801, tabel 801A) Parameetriks alajaama võimsus kVA.
Kaabel AMKA 3x70+95 (SA 2:08 lisa 5, lehekülg (3)).



Muuntajien impedanssiarvot ovat Strömbergin alumiinikäämisten tyyppimuuntajien arvoja lukuunottamatta 16 kVA

Joonis 37. Ühefaasiline lühisvool juhtmepikkuse funktsioonina ja jaotusvõrgu suurim rikkekaitse poolest lubatud kaitse.(SFS 6000-8-801, tabel 801A) Parameetriks alajaama võimsus kVA.
Kaabel AXMK 4x185S (SA 2:08 lisa 5, lehekülg 1(3)).

Ühefaasilise lühisvoolu määratlemist saab teha teisendustabelite ja graafikutega.

Määratlemiseks kasutatakse põhikaablina kõige enam kasutatud kaablit (antud juhul on põhikaabel AMKA 3x70+95).

Määratlemine toimub järgmiselt:
- arvutatava kaabliharu erineva ristlõikega juhtmed teisendatakse ekvivalentseks põhikaablipikkuseks teisendustabeli pikkusekordajatega.
- Ekvivalentse põhikaablipikkus ja trafo suuruse abil saadakse põhikaabli graafikust ühefaasiline lühisvool. Samadest graafikutest saadakse ka kaablit kaitsva kaitsme suurus.

Näide 1
Kui suur on ühefaasiline lühisvool kaabli
AMKA 3x120+95 (0,4 km) + AMKA 3x70+95 (0,2 km) + AMKA 3x25+35 (0,05 km) lõpus, kui trafo võimsus on 200 kVA?

Pikkuskordaja abil saame (põhikaabel AMKA 3x70+95):

0,772 x 0,4 + 1 x 0,2 + 2,679 x 0,05 = 0,64 km

AMKA 3x70+95 graafikust (SA 2:08 lisa 5, lehekülg 2) saame lühisvoolu väärtuseks 360 A, siis on suurim lubatud kaitse 100 A.

Näide 2
Kui suur on ühefaasiline lühisvool kaabli
AXMK 4x150 (0,3 km) + AMKA 3x70+95 (0,4 km) + AMKA 3x25+50 (0,2 km)+ MCMK 4 x 10 (0,01 km) lõpus, kui trafo võimsus on 200 kVA?

Pikkuskordajate abil saadakse (põhikaabel AMKA 3x70+95):

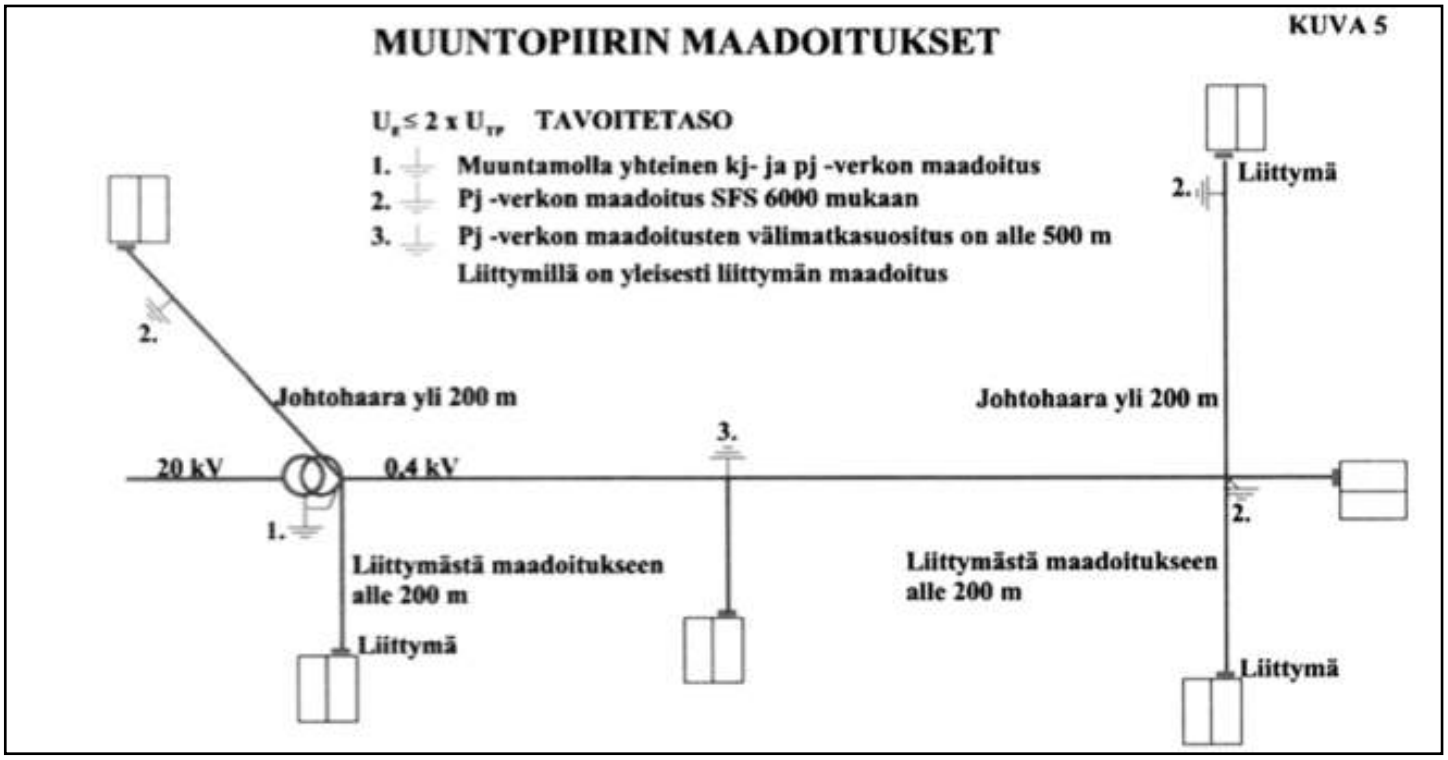
0,533 x 0,3 + 1 x 0,4 + 1,914x 0,2 + 4,415 x 0,01 = 0,99 km

AMKA 3x70+95 graafikust (SA 2:08 lisa 5, lehekülg 2) saab lühisvoolu väärtuseks 245 A, siis on suurim lubatud kaitse 80 A.

4.1.5. Õhuliinivõrgu maandused

4.1.5.1. Maandamise alused

Puutepingekaitse osana tuleb TN-süsteemis, mida kasutatakse 0,4 kV jaotusvõrkudes teha standardi SFS 6000-801-411.4 alusel järgmised maandused:
- Võrgu toitepunktis, trafo n-klemm. Enamasti kasutatakse ühismaandust, milles mastalajaama kõrgepinge- ja madalpingemaandused ühendatakse ühe maanduselektroodiga või PEN-juht tuleb maandada maksimaalselt 200 m kaugusel võrgu toitepunktist (soovitatavalt enne lähimat liitumispunkti)
- PEN-juht iga üle 200 m pikkuse juhtme või juhtmeharu lõpuosas või maksimaalselt 200 m kaugusel lõpuosast.
- Jaotusvõrguga võrreldava välisvalgustusvõrgu PEN-juht tuleb samas maandada ka lõpuosas.
- AMKA-kaabli liigpingekaitse eeldab, et madalpingevõru maanduse vahekaugus ei tohi olla üle 500 meetri. Äikese suhtes tundlikes piirkondades tuleb maandusi ehitada ka tihedamalt. PEN-juhi maandab tõhusalt kogu AMKA-kaabli liigpinge juhtide vaheliste mahtuvuste kaudu.
- PEN-juht on soovitatav maandada ühtlasi ka mujal, kust juht või sellega ühendatud seadmete läheduses saab kasutada maanduselektroodi.
- Lisaks soovitatakse maandus teha alati ka kaablijaotuskilpides.

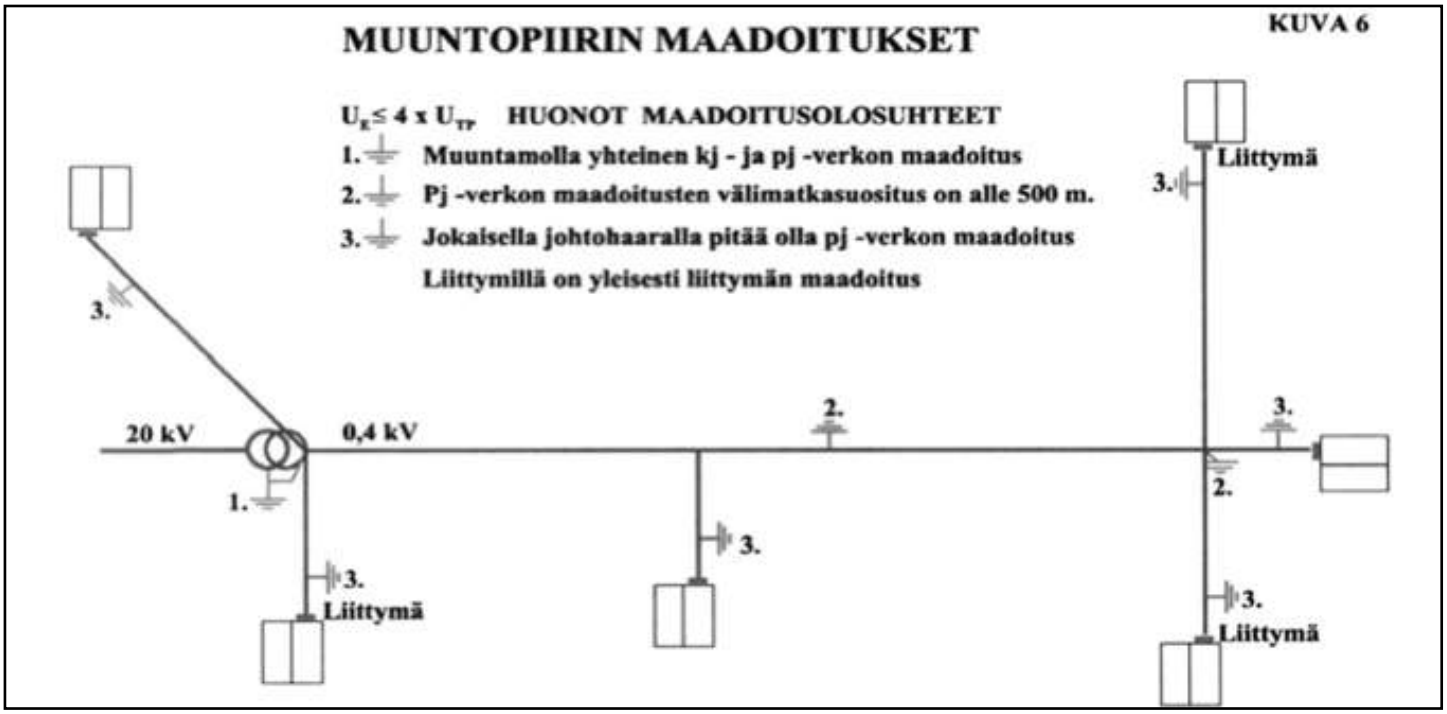


Joonis 38. Trafopiirkonna maandused, eesmärgipärane tase (RJ 19:06 Joonis 5).

Maandustele on lisaks kehtestatud järgmised tingimused:

- Nende maanduselektroodide maandusimpedants peab olema, kui maandustingimused seda võimaldavad, väiksem kui 100 Ω.
- Üksiku maanduselektroodi maandusimpedantsi väärtusi ei pea mõõtma.
- Standard SFS 6000 nõuab, et uutele liitujatele ehitatakse liitumiskoha maandus. Kui PE- või PEN-juhi maandus liitumispunktis täidab juhtmeharu osas nõutavale maandusele seatud nõuded või kui juhtmeharu kõikides madalpingeliitumispunktides on nõuetele vastav maanduselektrood, juhtmeharu otsa ei ole vaja muud maanduselektroodi paigaldada.

Kui jaotusvõrgu halduril ei ole siiski võimalik liitumispunkti maandusi kontrollida, on parem paigaldada iga juhtmeharu lõppu oma maanduselektrood.



Joonis 39. Trafopiirkonnad maandused, halvad maandustingimused (RJ 19:06 Joonis 6).

Kui jaotusvõrgu osana kasutatakse erandlikku maandussüsteemi, tuleb see tähistada liitumispunktides ja vajadusel võrgu struktuurides.

SFS 6000-8-801:

” 801.411.6 IT-süsteemid
Kui jaotusvõrgus või jaotusvõrgu osas kasutatakse IT-süsteemi, näiteks 1000 V nimipingega, tuleb IT-süsteemi esimene rike lülitada välja nagu TN-süsteemis 801.411.3.2 toodud nõudeid järgides.
IT-süsteemi pingega kokku puutuvad osad tuleb maandada TN-süsteemiga samasse süsteemi. IT-süsteemi maalühise tõttu TN-süsteemi tekitatud puutepinged võivad olla maksimaalselt punktis 442.2.1 ja joonisel 44. A2 toodud tasemel.”

Eespool toodud kehtib 1000 V jaotusvõrkude kohta, kust näiteks jaotusalajaamast väljuva 1000 V AMKA-kaabli PEN-juhti ei ühendata jaotuskeskuse tähtühendusse. Maalühisekaitse tagatakse 1000 V võrgus lüliti abil.
Pingega kokku puutuvad 1000 V süsteemi osad nagu ka 1000 V AMKA-kaabli kandetross maandatakse 0,4 kV maandussüsteemi.

4.1.5.2. Maanduselektroodi paigaldamine

4.1.5.2.1. Maanduselektrood

Maanduselektroodina kasutamiseks sobib pinnasesse või vette paigaldatud metallist detail, nt traat, tross, siin, varrast vms ese või neist moodustatud konstruktsioon maandusjuhtme pinnasesse paigutatud katmata pikendus loetakse maanduselektroodi osaks.

Korrosioonikindlus

Maanduselektroodi korrosioonikindluse tagamiseks peavad selle korrosiooni suhtes tundlikud osad olema kas vasest, roostevabast terasest või kuumtsingitud terasest, mille tsingikihi paksus on vähemalt 60 µm. Kui samas või lähedastes elektroodides kasutatakse teisi metalle, tuleb arvestada selle tõttu tekkivat korrosiooni. Näiteks teras- ja vaskelektroode ei tohi lähestikku paigaldada, sest korrosiooni mõjul hakkab teras sööbima (vrd ka tõmmitsavarraste sööbimine). Seda peab arvestama ka mastalajaama tõmmitsa paigaldamisel.
Kuumtsingitud terase maanduselektroodina kasutamisest on suure sööbimisriski tõttu loobutud.

Pikendus ja hargnemine tuleb teha nõuetekohaselt.

Maanduselektroodi pikendus ja harunemiskoht tuleb teostada nõuetekohaste kokkusurutud, keevis- ja kõvajoodisühendustega või muul samaväärsel viisil.

Nimiristlõige peab olema piisav.

Maanduselektroodina kasutatava traadi, toru vms nimiristlõige peab olema vähemalt 16 mm2 vaske. Kõrgepinge maanduselektroodid on enamasti 25 mm2 vasest. Vt SFS 6001.

4.1.5.2.2. Maanduskoha valik

Tabel 13. Erinevate pinnaseliikide omatakistuse väärtused

Pinnaseliik	Keskmine Ωm	Tavalised kõikumispiirid Ωm
Savi	40	25...70
Savisegune liiv	100	40...300
Muda, turvas, muld	150	50...250

Liiv, peeneteraline liiv	2000	1000...3000
Selekteerumata kruus	3000	1000...10000
Selekteerunud kruus	15000	3000...30000
Kaljumassiiv	25000	10000...50000
Värske betoon ja betoon pinnases	100	50...500
Kuiv betoon	10000	2000...100000
Järve- ja jõevesi	250	100...400
Põhja-, kaevu- ja allikavesi	50	10...150
Merevesi (Soome laht)	2,5	1...5

Maandusimpedantsi (-takistuse) suurusele on pinnase liigil ja niiskustingimustel otsustav mõju. Maanduse seisukohalt on kõige soodsamad pinnaseliigid savi-, mulla- ja turbapõhised pinnaseliigid. Liiva- ja kruusapõhised pinnased on maanduse seisukohalt ebasoodsamad.

Niiskusesisaldus parandab oluliselt maandusnäitajaid kõikidel pinnaseliikidel.

Juba jaotusalajaama või eraldustrafo asukoha valikul tuleb arvestada maandustingimusi. Kaitsemaandus tuleb paigutada jaotusalajaama vahetusse lähedusse, sest maanduse vahekaugus kaitstavast objektist mõjutab maanduse toimivust ilmastikuoludest mõjutatud liigpingete suhtes. Maandusjuht ja –elektrood tuleb paigaldada selliselt, et kahjustumise risk oleks väike.

4.1.5.2.3. Maanduselektroodi süvistamine

Rõhtne elektrood süvistatakse enamasti masinaga kaevatud kraavi või kaabliadraga.

Labidaga kaevamine tuleb kõne alla ainult erandjuhtudel, peamiselt väga lühikeste elektroodide süvistamisel. Ka siis tuleb elektrood võimalusel paigutada nt mastiauku. Erinevate töövõtete puhul võib rõhtsa elektroodiga maandustakistuse vähendamiseks ühendada ka rõhtsaid elektroode. Alljärgnevalt on tutvustatud erinevaid süvistamisvõtteid ja nendest saadud kogemusi.

Maanduselektroodi kraavi kaevamine

Rõhtsa elektroodi kraavi võib kaevata samal viisil kaablikraavi kas labidatööna või masinaga. Käsitööriistadega kaevates tuleks kaevata kitsa, nn drenaažilabidaga, siis tuleb kraav piisavalt kitsas. Masinaga kaevamisel kasutatakse ekskavaatori kõige kitsamat koppa.

Kraav ei pea olema sirge, selle võib vedada kaevamise seisukohalt kõige sobivamat trassi mööda ning kaevamist raskendavatest takistustest ringiga möödudes.

Kaevamisel tuleb hoolitseda selle eest, et maanduselektrood süvistatakse piisavalt sügavale, enamasti umbes 70 cm sügavusele. Sellisel juhul on kaabel kaitstud näiteks põllutööde eest. Kui elektrood läbib kuivendus- või muid kraave, tuleb arvestada, et kraavid võivad nt puhastamise tulemusel oluliselt sügavamaks muutuda. Sellisel juhul võib liiga madalalt kraavi alt veetud elektrood viga saada või puruneda.

Kui kraav on valmis, paigaldatakse elektrood kraavi põhja. Kraavi põhja süvistatakse püstelektroodid, kui neid kasutatakse. Seejärel tehakse ühenduskohad ja kraav aetakse kinni. Teede alt ja mujalt analoogsetest kohtadest läbi veetud kraavide kinniajamisel tuleb pinnast nt rammi abil tihendad, et hiljem samas kohas vältida pinnase vajumist.

Maanduskraavi masinaga kaevamisel võiks lisaks masina operaatorile kohal olla ka veel üks mees, kes jälgib kaevetööde kulgu ja laseb samal ajal elektroodi kraavi ja teostab vajalikud jätkamistööd. Kuna ekskavaatori liikuvus

ei ole maastikul kuigi hea, tuleks kraav kohe pärast kaevamist ja elektroodi paigaldamist kinni ajada. Töö kulg on siis selline, et ekskavaator kaevab masina ulatusele vastava kraavilõigu, elektrood lastakse kraavi ja kaevis aetakse kinni.

Maandusjuhi süvistamine kaabliadraga

Kaabliadraga (vt joonis 135.) on võimalik süvistada maandusjuht kraavi kaevamata ka suhteliselt kõvasse pinnasesse. Adra konstruktsioon on põhimõtteliselt järgmine: adra raam moodustab püstloodse lõiketera, mille alumises otsas on viltu paigaldatud teraosa ja juhikutena toimivad labad. Nende ülesandeks on suunata tera pinnasesse ja hoida tera maa sees, kui atra edasi veetakse. Tera tagaosas on karp, mille kaudu juhitakse maandusjuht pinnasesse õigesse sügavusse.

Atra veab kas ratasekskavaator, maastikul sõitmiseks sobiv traktor või maastikumasin. Ratasekskavaatori kasutamisel kinnitatakse ader traktori kopa külge.
Enne adraga töö alustamist viiakse maandusjuht ülalt juhti paigaldavasse karpi.

Joonis 40. Kaabliader ratasekskavaatori küljes.

Maandusjuhi ots tõmmatakse välja ja kinnitatakse näiteks lähtemasti külge. Kui atra vedav masin hakkab liikuma, vajutavad tera ja juhikud adra maasse. Sel momendil tuleb toimida ettevaatlikult, et adratera ei vajuks pinnasesse liiga kiiresti, selle tulemusel võib maandusjuht paigalduskarbi serva vastu surumise tõttu puruneda vaatamata sellele, et juhti suunav serv on ümaraks lihvitud. Traktori hüdraulikasüsteem ei tohi atra vajutada. Hüdraulika töötab ainult adra üles tõstmisel. Adra pinnasesse tungimise sügavus võib pinnaseliigi vahetumisel veidi muutuda.

Adra vedamisel ajal koguneb adra ette prahti maapinna pealmistest kihtidest. Seda tuleb aegajalt eemaldada, et praht adra tõmbamist takistama ei hakkaks. Puude juured suudab ader enamasti läbi lõigata.

Vahel on kõige soodsam viis maandusjuhi trass ilma juhita adraga üles kaevata, et võimalikud kännud, juured, kivid enne kaabli paigaldamist eemaldada.

Suuremate takistuste, näiteks kivi kohal, tuleb adraga töötamine katkestada. Ader tõstetakse üles ja juhti tõmmatakse nii palju välja, et selle saaks takistusest mööda juhtida. Adra kasutamist jätkatakse pärast takistusest möödumist. Väga järske kurve adraga võtta ei saa, sest pöörderaadius on olenevalt pinnaseliigust umbes 10…20 m.

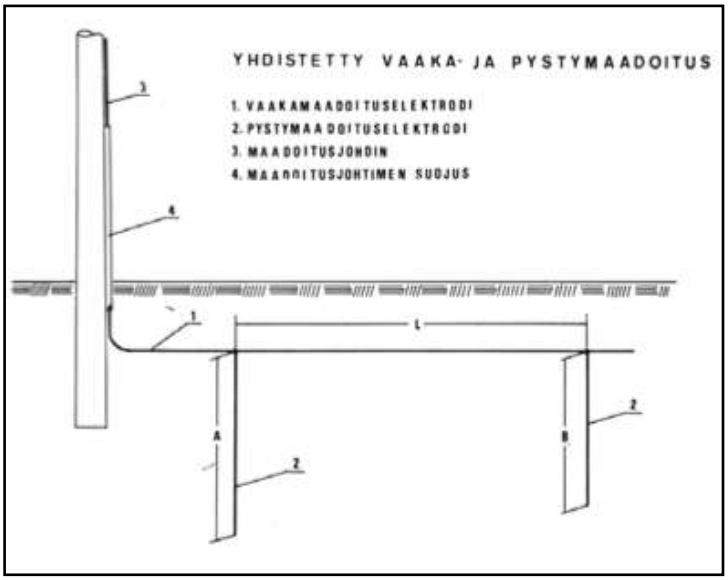
Eespool kirjeldatud meetod võimaldab maandusjuhti suhteliselt kiiresti süvistada. Kaevist enamasti kinni ajama ei pea, sest pinnasesse tekkinud soon on nii kitsas, et pinnas variseb ise tagasi. Ehk on vaja vaid atra vedava masinaga korra maandusjuhi paigaldustrass läbi sõita nii, et sõiduki ratas liiguks piki trassi ja tihendaks pinnast.

Ühendamiseks jäetakse maandusjuhi nii pikk lõik vabaks, et see oleks piisav madalpingevõrgu AMKA-kaabli kandetrossiga ja keskpingevõrgu masti kaitsemaanduse detailide külge ühendamiseks. Adra kasutamist tuleb alustada mastist sellisel kaugusel, et maandusjuht oleks masti juures piisavalt sügavale paigaldatud.

Adra vedamise lõppfaasis ei tohi atra liiga varakult üles tõsta, sest ohtlike pingete tõttu on väga tähtis, et ka elektroodi teine ots oleks õiges sügavuses. Kui töötatakse piirkonnas, kus võib olla maa-aluseid paigaldisi ja rajatisi, näiteks kaableid, drenaažitorusid või kanalisatsiooni- või veevärgitorusid, tuleb nende asukohad enne töö alustamist selgeks teha, et kaabliadra kasutamine neid ei vigastaks.

Püstse maanduselektroodi süvistamine

Püstseid maandusi ehitatakse tavaliselt siis, kui rõhtsate maanduste rajamine tekitaks saavutatava kasuga võrreldes ebamõistlikke kulusid ja pinnas on selline, et vardaid saab kergesti maasse suruda. Sageli kasutatakse püstset maandust juba varem rajatud maanduse parendamiseks.
Oleks hea, kui enne maanduse paigaldamiseks oleks pinnasekihid teada. Sellisel juhul püütaks püstse maandusega jõuda juhtivate pinnasekihtideni. Pinnasekihtide kohta saab teavet pinnasekaartidelt.



Joonis 41. Kombineeritud rõhtne ja püstne maanduselektrood.

Et maanduselektrood oleks võimalikult hästi toimiv ning et rõhtne ja püstne elektrood oleksid efektiivsemad, peab kõrvuti asetsevate püstsete elektroodide vaheline kaugus olema suurem või võrdne püstsete elektroodide kokkuliidetud pikkusega (vt joonis 38.)

L > A + B

Kui püstsete elektroodide piisava vahekauguse tagamine on raskendatud, peab vahekaugus olema vähemalt nii pikkusega võrdne, kuid soovitatavalt suurem kui kõige pikema püstse elektroodi pikkus ehk

L > A.

Püstse maanduse puhul kasutatakse elektroodina:

- metallvardaid
- terastoru ja vaskjuhtme kombinatsioone
- terastoru või varda abil süvistatavaid vaskjuhtmeid

Elektroodiks on metallvarras

Metallvardast elektroode kasutatakse enamasti kaablielektroodide täiendamiseks või heades maandustingimusetes peaelektroodina.

Elektroodina kasutatakse vasega kaetud terasvarrast.

Joonis 42. Elektroodina kasutatud metallvardasüsteemi osad

1. Adapter kaljumassiivi puurile.
2. Löökkruvi, mis võtab löögid vastu ning hoiab ära ühendusmuhvi keermete vigastused.
3. Ühendusmuhv.
4. Maanduslatt, mille mõlemas otsas on keermed ühendamiseks.

Ühe maandusvarda süvistamiseks võib kasutada kasvõi vasarat, kui vardaid tuleb jätkata, kasutatakse varrasta rammimiseks kaljupuurmasinat.

Maanduselektroodi kaabliosa ühendatakse maandusvardaga usaldusväärse kinnituse abil.

Joonis 43. Kaabli ühendamine maandusvardaga kokkupressitud liidese abil.

Elektroodiks on metalltoru ja kaabel

Püstne maanduselektrood võib koosneda ka kaablit ja suhteliselt kergest metalltorust, mille abil viiakse kaabel maasse ja mis jäetakse elektroodi osana pinnasesse. Töö tegemiseks on sellisel juhul vaja järgmisi vahendeid (vt joonis 112.).

Joonis 44. Elektroodiks metalltoru ja kaabel, süsteemi osad

1. Adapter, mis paigaldatakse löögiseadme puurihoidikusse.
2. Lööpea, mis paigaldatakse toru ülemisse otsa lööke vastu võtma.
3. Pikendustorud, mille arv vastab elektroodi nõutavale pikkusele või pinnasesse tungimise sügavusele.
4. Otsatoru, mille alumises otsas on kaablikinnitus.

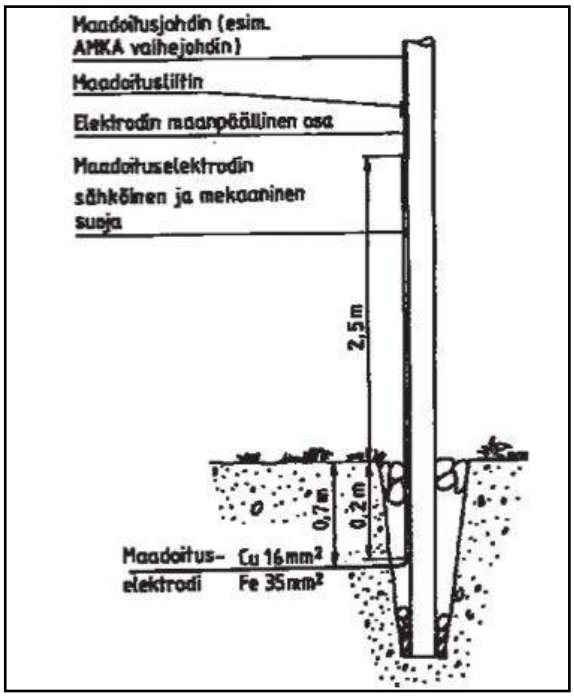
Kaabel kinnitatakse paigaldustoru otsa ja toru rammitakse kaljupuurmasina abil maasse. Vajadusel võetakse mitu paigaldustoru.

Joonis 45. Paigaldustoru süvistamine kaljupuurmasinaga

Kui piisav sügavus on saavutatud, jätkatakse löömist seni, kuni toru ots on maanduskraavi põhjaga samal tasapinnal. Viimast pikendustoru on tavaliselt lihtne maast välja tõmmata, siis ei pea toru pooleks saagima või kraavi põhja painutama.

Kaabel paigaldatakse maanduskohale.

Joonis 46. Maanduselektroodi kaitsmine mastis.

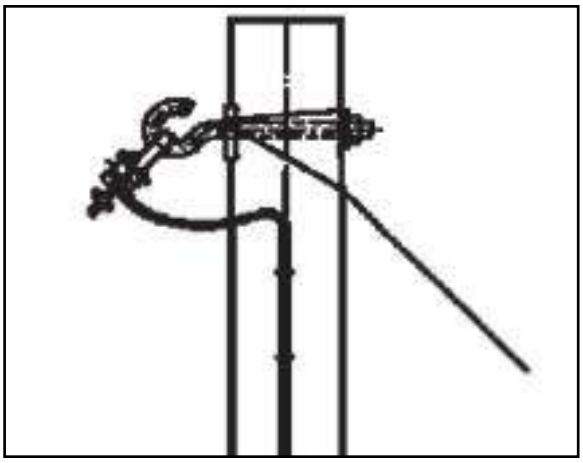


Maanduselektroodi tuleb kaitsta mehhaaniliste vigastuste eest vähemalt 1,5 meetri kõrguseni ja liiklustrassi juures vähemalt 2,0 m kõrguseni ning vähemalt 0,2 m maapinnast allapoole.

Kaitsmiseks kasutatakse tavaliselt musta plasttoru, mille tarnepikkus on 3 m, sama toru võib kasutada ka siis, kui kaitse peab tagama ka elektrilise kaitse.

Maanduselektroodi ülemine ots ühendatakse PEN-juhist tuleva maandusjuhii külge.

Maandusjuhina tuleb kasutada vähemalt 16 mm^2 vaskjuhet või vähemalt 25 mm^2 alumiiniumjuhet (AMKA faasijuhe). Ühendamiseks kasutatakse sageli spetsiaalset maandusklambrit, millega ühenduskoht kerkib masti pinnast kõrgemale ja ühenduse saab mõõtmiste tarvis avada.



Joonis 47. Maanduse ülemise otsa ühendamine AMKA-kaabliga.

Kui maandusjuht ühendatakse PEN-juhiga, tuleb kasutada sobivat kruvi- või pressklambrit. Ühenduskoht peab paiknema sellises kohas, et see ei hõõrduks vastu faasijuhtmeid.

Maandusimpedantsi mõõtmine

Sageli on eriti täiendavate maanduste paigaldamise puhul vaja koheselt kontrollida maandusimpedantsi väärtusi. Maandusimpedantsi on vaja teada ka kombineeritud maanduse kasutamisel.

Maanduse mõõtmise võtteid on kirjeldatud väljaande Sähkölaitosasennukset lõigus Muuntamot ning väljaande Sähkölaitosasentajan ammattioppi 4 lõigus Jakeluverkon käyttötehtävät.

Piiratud maanduse mõõtmine, mis tähendab enamasti ühe maanduskontuuri mõõtmist, tehakse maandustakistusemõõturiga voolu- ja pingetõugete abil.

Joonis 48. Maandusimpedantsi mõõtmine maastikul.

Pikemalt on maanduselektroodide paigaldamist käsitletud väljaandes Sähkölaitosasentajan ammattioppi 3 lõigus Jakelumuuntamotyöt.

4.1.6. Nullimise tingimused ja nende teostamine

Enne madalpingepaigaldiste standardi SFS 6000 kasutuselevõttu 2002. aastal ehitati jaotusvõrgud eeskirjade Sähköturvallisuusmääräykset A1-1993 alusel ning puutepingekaitse tagati nullimise tingimustega järgmiselt:

Kuni 1000 V süsteemides kasutati puutepingekaitsena nullimist, sellisel juhul peab ka õhuliinivõrk vastama nullimise tingimustele.

StM (Sähköturvallisuusmääräykset - Soome elektriohutuseeskirjad) § 9 p. 5. "Nullimise kasutamisel ei tohi nullitud osades esineda ohtlikku puutepinget."

StM 9 § 5.A. ESIMENE NULLIMISTINGIMUS
"Liini- ja PEN- või kaitsejuhtide vahelise ehk ühefaasilise lühise tekkel millises galvaaniliselt ühtses süsteemis tahes peab maksimaalvoolu kaitse või muu kaitseseade lülitama lühise kiiresti välja või PEN- või kaitsejuhi pinge maa suhtes ei tohi üheski süsteemi osas olla lühise ajal suurem kui 75 V. Ühefaasilise lühise tekkel peab liitumispunkti peakaitsme taga olev maksimaalvoolu kaitse või muu kaitseseade lülitama lühise kiiresti välja.

Eespool nimetatud nõudeid saab täita näiteks järgmisel viisil:
Süsteemi eri osades olevad maksimaavoolu kaitsed dimensioneeritakse selliselt, et ühefaasiline lühis põhjustab maksimaalvoolu kaitse kiire rakendumise. Elektrijaama jaotusvõrgu maksimaalvoolu kaitse, mille rakendumisaeg oleneb voolust, loetakse kiiresti rakenduvaks, kui kõige väiksem ühefaasiline lühisvool sellega kaitstud süsteemi osas vastab vähemalt tabelis 9.5-1 (selles raamatus tabelis 7.) toodud väärtusele. Toiteliin, vt lk 32 p 2 Rakendumisaeg elektrivõrgu liitumispunktis ei tohi ületada 5 s, rakendumisaeg tuleb sulavkaitsmete kasutamisel valida ülemise piirkõverajärgi.

Maksimaalvoolu kaitse, mille rakendumisaeg ei olene otseselt voolust, loetakse kiiresti rakenduvaks, kui selle ajaline aeglustus on lühike ja kõige väiksem ühefaasiline lühisvool sellega kaitstud süsteemi osas vastab vähemalt 1,25 kordsele kaitse seadistusvoolule."

StM § 9 p 5.B. TEINE NULLIMISTINGIMUS
"Elektrijaama jaotusvõrk

PEN-juht tuleb maandada kuni 200 m kaugusel võrgutoite punktist (soovitatavalt enne lähimat liitumispunkti) ja iga üle 200 m pikkuse liinilõigu või liinilõigu lõpus või kuni 200 m kaugusel liini lõpust. Jaotusvõrguga võrreldavas välisvalgustusvõrgus tuleb PEN-juht maandada siiski selle lõpus. Nende maanduselektroodide maandusimpedants peab olema, kui maandustingimused seda võimaldavad, väiksem kui 100 Ω. PEN-juht on soovitatav maandada lisaks ka mujal, kus juhi või sellega ühendatud seadmete lähedal saab kasutada toimivat maanduselektroodi või maaga heas elektrit juhtivas ühenduses olevat metalldetaili, näiteks juhi ülepingekaitse maanduselektroodi või metalltorustikku.
Kui PEN-juhi maandus hoones vastab juhtmeharu otsas nõutavale maandusele kehtestatud nõuetele või kui juhtmeharu kõikidel madalpinge liitumispunktides on § 11 p 5 sätetele vastav maanduselektrood, ei ole juhtmeharu otsa teist maanduselektroodi vaja paigaldada.

Õhuliini PEN-juhi mehhaaniline tugevus peab nullimise kasutamisel olema vähemalt sama nagu liinijuhil.
Samuti tuleb PEN-juht paigaldada ja kinnitada selliselt, et juht mehhaanilise või muu juhile suunatud koormuse mõjul ei katke või tule kinnitusklambri küljest enne liinijuhti lahti
(StM §24 p. 5.A.).

Teise nullimistingimuse põhieesmärk on vähendada PEN-juhi katkemisel tekkivaid nullitud osade puutepingeid, mida katkemiskoha taga olevas võrgu osas võib isolatsioonirikke kõrval põhjustada ka ebasümmeetriline koormus. PEN-juhi tugevusele seatud nõuete eesmärgiks on muuhulgas vähendada selle katkemisohtu.

4.1.7. Pinge kvaliteet

4.1.7.1. Üldist pinge kvaliteedist

Pingekadu
Liini pingekadu tekib koormusvoolu mõjul. Koormusvoolu suurenedes kasvab ka pingekadu. Pingekadu suurendab ka faasinihke suurenemine.

Pingelang
Pingekadu viib pingelangusele liini alguse ja lõpu osa vahel. (Vahelduvvoolujuhtmes tekkiv pingelang on ligikaudu aktiivvoolu tekitatud takistusliku pingekao ja reaktiivvoolu tekitatud induktiivse pingekao aritmeetiline summa). Tegelikkuses vaadeldakse juhtme pingekao asemel tavaliselt juhtme pingelangu.

Madalpingejaotusvõrgu nimipinge Un on 230 V faasi ja nulljuhi vahel.

2000. aastal jõustunud standardi SFS-EN 50160 ”Yleisen jakeluverkon jakelujännitteen ominaisuudet” alusel on kliendi ja jaotusvõrgu halduri vahel sõlmitud lepingus mõeldud võrkude ühenduskoha jaotuspinge ei tohiks kõikuda rohkem kui n 230 V± 10 % ja kokkuvõttes mitte rohkem kui 230 V +10% – 230 V -15%. Suurim varieerumisvahemik on sellisel juhul 196 – 253 V.

Võrguhaldur sõlmib enamasti kliendiga võrgulepingu, milles lepitakse kokku elektrienergia tarnimisel võrguteenusetingimustest lähtuvas elektrienergia kvaliteedis. Uute liitumiste osas sõlmitakse esmalt alati eraldi liitumisleping. Elektrituruseaduse alusel peab elektritarne miinimumtasemel vastama rahvusvaheliste kvaliteedistandardite, nt SFS-EN 50160 nõuetele. Kui elektritarne tunnistatakse defektseks, on kliendil õigus saada seaduses ette nähtud hüvitust.

Sähköenergialiitto Sener ry on avaldanud 2001. aastal ülevaate elektritarnete kvaliteedist ning soovituse, mille alusel võib jaotuspinge kvaliteedile määratleda kolme taset, mida saab elektrivõrgulepingus vastavalt vajadusel kasutada.
Kvaliteediklassid on defineeritud järgmiselt:
- Kõrge kvaliteet: efektiivväärtuste 10 minuti keskmised väärtused on vahemikus 220…240 V ja 10 minuti keskmine väärtus 225…235.
- Tavakvaliteet: efektiivväärtuste 10 minuti keskmised väärtused vahemikus 207…244 V.
- Standardne kvaliteet 95% efektiivväärtuste 10 minuti keskmised väärtused vahemikus 207…253 V ja 100% efektiivväärtuste keskmised väärtused vahemikus 196..253 V.

4.1.7.2. Pinge muutused jaotusvõrgus

Alapinget on alati püütud vaadelda tervikus. Kui mingis võrguosas on normväärtus ületatud, vaadeldakse alapinget kogu tervikuna alajaamast tarbijani.
Jaotuspinge tavakvaliteet eeldab, et see on kliendi liitumispunktis alati vähemalt 207 V.

Alljärgneva tabeli (SA 2:08, tabel 13) alusel võib alapinge olla standardse kvaliteediga oludes kuni 15 %. See eeldab enamasti keskpingevõrgu pingetasandi seadistamist võimalikult suureks. Sellisel juhul tuleb kontrollida seadistusvajadust koormussituatsioonides.

Tabel 14. Soovituslikud pingevahemikud ja pinge alanemine (SA 2:08 tabel 13.).

Osavõrk	Pinge kõikumisvahemik		Pinge alanemine		
Osavõrk	Minimaalne	Maksimaalne	Kõrge kvaliteet	Tava-kvaliteet	Standardne kvaliteet
Keskpingevõrk	19 kV	22 kV	± 4 %	± 10 %	95% ± 10 %
Madalpingejaotus	196 V	253 V	± 4 %	± 10 %	+10 – 15%
Jaotusalajaam 1)	220 V	253 V		1-2 %	2-4 %
Madalpingepõhivõrk	210 V	253 V		3-5 %	3-7 %
Ühendusjuhe 2)	207 V	253 V		1-3 %	1-5 %
Sisevõrk	198 V	253 V			1-4 %

1) Pingetaset saab reguleerida, kui kasutada on vaheltvõtu lülitit.
2) Ühendusjuhe tarbija liitumispunktini.

Alapinge arvutamine
Madalpingejuhtmega võib alapingeprotsendi arvutada juuresoleva tabeli abil, kui on teada: juhe, selle pikkus, koormuse suurus ja selle võimsustegur.
Näide:

Juhe AMKA 3x35+50
Pikkus 650 m
Koormatavus 20 kVA
Võimsustegur cos ϕ 0,8

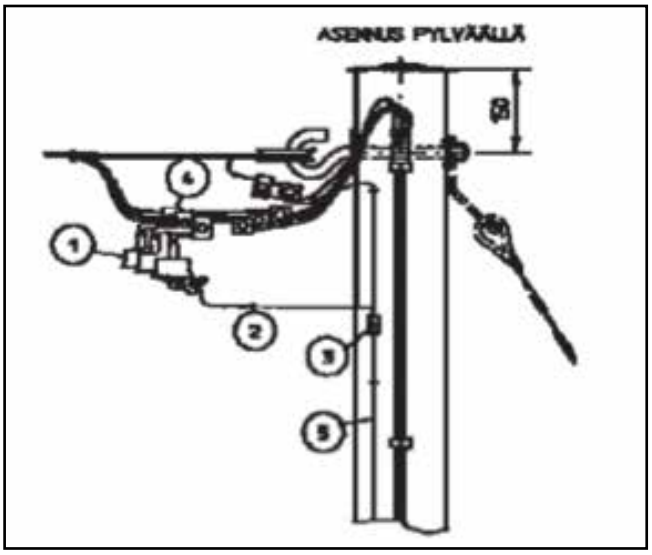
Alapingeprotsent on:
0,65 x 20 x 0,48 = 6,2 %

Tabel 15. Alapingekordajad (%/kVA,km) (osa SA 2:08 Lisa 4)

Juhe	Võimsustegur cos φ					
Paljad juhtmed	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
4x21/4 Al/Fe	0.86	0,88	0,83	0,77	0,70	0,63
4x34/6 Al/Fe	0,53	0,58	0,56	0,54	0,50	0,46
4x54/9 Al/Fe	0,34	0,40	0,40	0,39	0,37	0,35
4x85/14 Al/Fe	0,21	0,28	0,29	0,29	0,29	0,28
AMKA 3x16 +25	1,20	1,11	1,00	0,89	0,78	0,66
AMKA 3x25 +35	0,76	0,71	0,65	0,58	0,51	0,44
AMKA 3x35 +50	0,55	0,52	0,48	0,43	0,38	0,33
AMKA 3x50 +70	0,40	0,39	0,36	0,33	0,29	0,26
AMKA 3x70 +95	0,28	0,28	0,26	0,24	0,22	0,19
AMKA 3x120+95	0,16	0,17	0,16	0,15	0,14	0,13
AXMK 4 x16 S	1,20	1,11	1,00	0,88	0,77	0,65
AXMK 4 x25 S	0,76	0,70	0,64	0,57	0,50	0,43

4.1.8. Liigpingekaitse

0,4 kV võrgus esinevad liigpinged on enamasti välkude põhjustatud. Välgu tekitatud liigpinged kahjustavad kõige enam hooneid, mis on ühendatud jaotusvõrku pika õhuliiniga. Neid liigpingeid saab maandada liigpingekaitsega (vt joonis 40).



Joonis 49. Liigpingekaitsed AMKA-kaabli otsamastis.

0,4 kV võrgu sisemised liigpinged võivad esineda näiteks PEN-juhi katkemisel tekkivas null-lahku olukorras, kus null-punkti nihke tõttu võib faasijuhi ja null(PEN)juhi vahel esineda kõrgeid pingeid. Kaitse nende liigpingete eest rakendub ja enamasti on oht väike, kui süsteem on nõuetekohaselt maandatud.

Ühtlasi tuleb õhuliinide paigaldamisel teise õhuliini lähedusse järgida õhuliinide standardites SFS-EN 50423 ja SFS 6003 antud juhiseid.

4.2. 20 kV õhuliinivõrk

4.2.1. Üldist

Juhtme dimensioneerimisel on olulised selle kaudu edastava elektrivõimsuse suurus ja lubatud pingekadu. Lisaks tuleb arvutustes arvestada juhtme lühisetaluvust ja lühisvoolu suurust ning ökonoomset dimensioneerimist ehk kadude osatähtsust. Õhuliinil tekkiva maalühise põhjustatud maaühendusvoolu suurus ja selle kestus on määratud kõrgepingepaigaldiste standardis SFS 6000.
Keskpingekaabli dimensioneerimisel tuleb Verkostosuositus SA 5:94 alusel arvestada järgmisi asjaolusid:

- alapinge
- koormatavus
- kasutuskindlus
- lühisetaluvus
- elektriohutuseeskirjad
- ökonoomsus

4.2.2. Pingelang

Standardile SFS-EN 50160 vastav kvaliteedinõue pingetaseme kõikumisele keskpingevõrgus on selline, et pinge peab olema 95% U_n ± 10 % . Mõõtmisi teostatakse 10 minutiliste perioodidena ühe nädala jooksul.

Pingekao protsendi asemel kasutatakse kaasajal üldiselt alapinge protsendi mõistet.
Pingekadu tekib kõrgepingeliinis samal viisil nagu madalpingevõrgu liinis ehk koormusvoolu mõjul.
Alljärgnevas näites on analüüsitud pingekao arvutamist lihtsas ühe koormusega liinis.

Pingekadu võib arvutada ligikaudsete väärtustega valemi abil järgmiselt:

20 kV/50 Hz kolmefaasilise õhuliini pikkus 100 km. Juhe on Suur-Savo-juhe (Al-juhe terassüdamikuga). Liini otsas on võimsus 450 kW, cos ø = 0,8 ind. Arvutame liini alguse pinge (UA), kui lõpuosa pinge (UB) peab olema 20 kV.

Tabelite abil saab juhtme resistantsiks 27,5 Ω ja reaktantsiks 32,0 Ω.

Järgnevalt arvutame koormusvoolu ning selle aktiiv- ja reaktiivkomponendid.

Arvutame pingekao.

Arvutame pingekao (alapinge) protsendi.

Koormusvool

$I = P/\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi = 450\ kW/\sqrt{3} \cdot 20\ kV \cdot 0{,}8 = 16{,}3\ A$

$Ip = I \cdot \cos\varphi = 16{,}3 \cdot 0{,}8 = 13{,}0\ A$

$Iq = I \cdot \sin\varphi = 16{,}3 \cdot 0{,}6 = 9{,}8\ A$

Pingekadu/faas

$Uhv = I \cdot Rp + I \cdot Xq$

$= 13{,}0 \cdot 27{,}5\ V + 9{,}8 \cdot 32{,}0\ V$
$= 671{,}1\ V$

$Uh = \sqrt{3} \cdot Uhv = \sqrt{3} \cdot 671$

$= 1{,}16\ kV$

$\cong 1{,}2\ kV$

Arvutame pingekao protsentides näites toodud olukorras

$p = Uh/U \cdot 100\ \% = 1{,}16\ kV/20\ kV \cdot 100\ \% = 5{,}8\ \%$

Tegelikkuses ei ole koormatavus pingekaoarvutustes nii lihtne, vaid neis tuleb arvestada koormuse jagunemist kogu liini pikkusele.

Verkostosuositus SA 5:94 lisas 2 on arvutatud teatud keskpingeliinide alapingekordajaid, mille abil saab alapinget arvutada valemiga:

$Uh = Kuh \cdot P \cdot l$

milles:

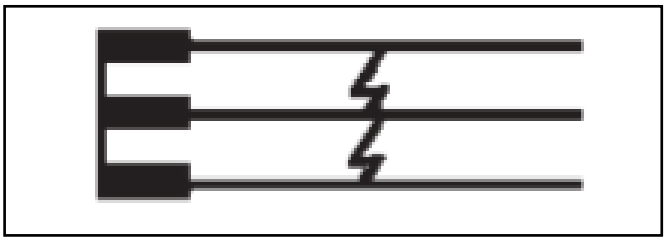
Kuh = liini alapingekordaja (%/MW, km)
Uh = alapinge (%)
P = liini kaudu edastatav võimsus (MW)
l = liini pikkus (km)

Tabel 16. 20 kV õhuliinide alapingekordajad. Osa tabelist SA 5:94. Lisa 2.1

Kaabel	Rv (20°C) Ω/km	Xv Ω/km	Kordaja %/MW, km cos φ					
			1	0,95	0,9	0,85	0,8	0,7
Al 132	0,22	0,34	0,055	0,083	0,096	0,108	0,119	0,142
Sparrow	0,85	0,38	0,212	0,243	0,258	0,271	0,284	0,309
Raven	0,54	0,37	0,134	0,164	0,178	0,191	0,203	0,228
Pigeon	0,34	0,35	0,084	0,113	0,127	0,139	0,151	0,174
PAS 70	0,39	0,30	0,123	0,148	0,160	0,170	0,180	0,200
PAS 120	0,29	0,28	0,072	0,095	0,106	0,116	0,125	0,144
PAS185	0,19	0,27	0,047	0,069	0,080	0,089	0,098	0,116
SAXKA 3x70	0,45	0,14	0,112	0,123	0,128	0,133	0,138	0,147

4.2.3 Lühisvool

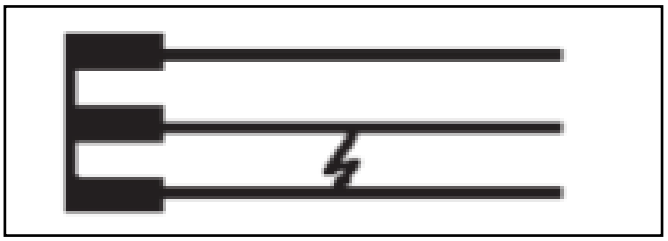
Lühisvool on rikkekoha kaudu lühise tekkel kulgev vool. Vahelduvvooluahelas on lühisvool peaaegu puhas induktiivne reaktiivvool.



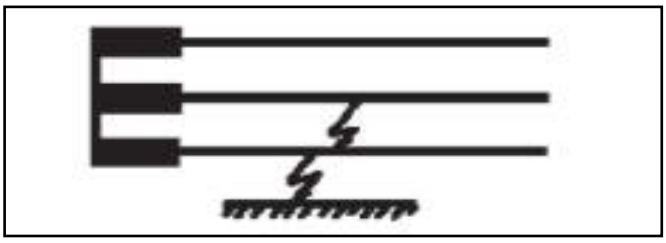
Joonis 50. 3-faasiline lühis.

Kui isolatsioon kahjustub, liigub vool otse ühest juhist teise, vooluringi takistus väheneb äkiliselt ning lühisvool võib muutuda nii suureks, et see põhjustab kogu vooluahelas suuri termilisi (Iterm), soojusest tingitud ja dünaamilisi (Idyn),elektromagnetilistest jõududest tulenevaid koormusi.

Joonis 51. 2-faasiline lühis.



Lühise tekkel võib vooluallika läheduses olla hetkeline lühisvool, voolutõuge, mis võib olla 12…14 korda tavavoolust suurem ehk põhjustab tugeva tõuketaolise dünaamilise koormuse, elektromagnetilise jõu mõju, seadmetesse.



Joonis 52. 2-faasiline lühis maandusühendusega.

Lühise ajal tekkiv voolutõuge langeb alguses väga kiiresti ja seejärel aeglasemalt nn. pideva lühisvoolu väärtuseni. Enamasti on lühisvoolud tunduvalt maandamata (või suure impedantsi kaudu maandatud) süsteemi maalühisevooludest suuremad.

Tavalised 20 kV võrgu lühisvoolud on kolmefaasilise lühise korral järgmised:

1. Maapiirkonna võrgus 2,5 – 5 kA
2. Linnavõrgus 5 – 25 kA
3. Tööstusasutuses 10 – 50 kA

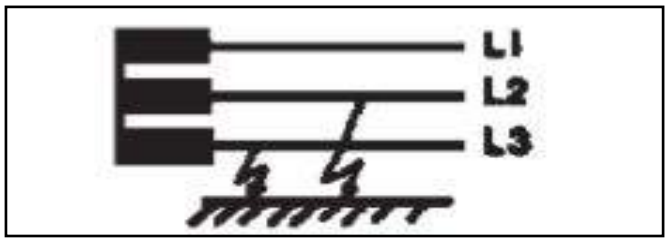
Eespool toodud lühisvooluväärtused on liini alguses, toitepunktis saadud väärtused. Nende alusel määratakse alajaamast väljuvate juhtmete ristlõiked.

Kui liini pikkust tuleb toiteallikast kaugenedes suurendada, suureneb ka lühisvoolu impedants ja lühisvool väheneb.

Lühisvool avaldab liini dimensioneerimisele järgmist mõju: liini algus peab taluma toiteallika lühisvoolu ja liinii lõpus tekkiv väiksem lühisvool peab rakendama lühisekaitse.

4.2.4. Maaühendusvool

Maaühendus on maandamata voolujuhtme ja maa või maaga elektrit juhtivas ühenduses oleva detaili vaheline isolatsioonirike.

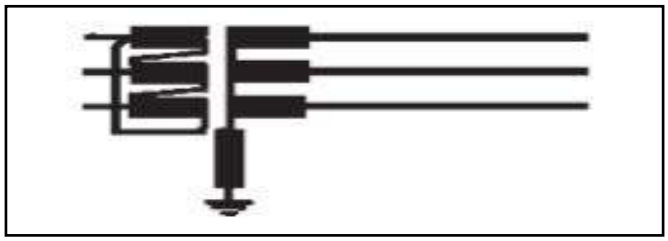


Joonis 53. Maaühendusvool.

Maaühendus võib olla ühe-või kahefaasiline olenevalt sellest, mitmes süsteemi voolujuhtmes selline isolatsioonirike samaaegselt esineb.
Maaühendusvool on rikkekoha kaudu maasse või maandus- või maalühise korral kaitsejuhtmesse suunduv vool. Maaühendusvool on vahelduvvooluvõrgus mahtuvusliku iseloomuga.

Maaühenduse mõju oleneb 3-faasilise võrgu süsteemist, olenevalt sellest, kas tegemist on:
- täielikult maast isoleeritud või sellega suure impedantsi kaudu ühendatud, isoleeritud süsteemiga
- maaga kaarekustutuspooli abil ühendatud süsteemiga.

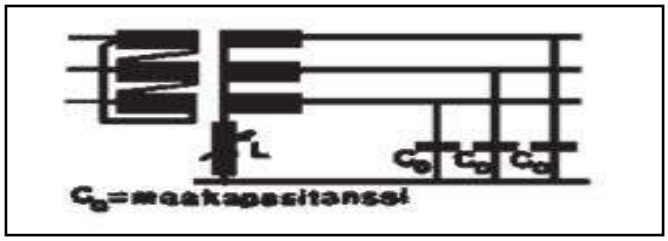
Kaasajal kasutatakse 20 kV võrkudes enam kaarekustutuspoole.
Enamasti on kõrgepingevõrgud, mille pinge on väiksem kui 110 kV (samuti väikesed 110 kV võrgud) maast isoleeritud. Ka 1 kV AMKA-võrk on maast isoleeritud.



Joonis 54. Isoleeritud süsteemi põhimõtteline skeem.

Isoleeritud süsteemis või kui maandus on teostatud suurema impedantsi kaudu, kahefaasiline maalühis on kahefaasiline lühis maa kaudu, kuid ühefaasiline maalühis ei paista lühisena. Ühefaasiline maaühendusvool on lühisvooluga võrreldes väike ja selle mõjud on samuti väiksemad. Kui maalühisekohas tekib elektrikaar, võib see laieneda lühiseks.

Isoleeritud süsteemis sulgub maalühisevooluahel võrgu ja maa vahelise mahtuvuse kaudu. See nn. maakapasitantsi suuruse määrab ära peamiselt juhtide kogupikkus, mis omakorda mõjutab maalühisvoolu suurust.



Joonis 55. Maaühendusvoolu tekke põhimõtteline skeem.

Võrgus saab maaühendusvoolu arvutada järgmiste ligikaudsete väärtustega valemite abil:
Isoleeritud või isoleerimata juhtmetega õhuliinid $I_e = \frac{U/kV \times l/km \quad A}{300}$

Maakaablid $I_e = \frac{U/kV \times l/km \quad A}{12}$

Valemid on nn kvalitatiivsed valemid, kuhu paigutatakse

U = nimipinge (kV)
l = võrgu juhtmete kogupikkus (km), siis saadakse kogu maaühendusvool amprites (A).

Isoleerimata või isoleeritud juhtmetega 20 kV/50 Hz õhuliinivõrgus on kokku 150 km kolmefaasilisi juhtmeid. Kui suur on maaühendusvool, kui maalühis on täielik (ehk 100-protsendiline: maandusega ühendatud faasijuhi pinge maa suhtes on null)?

$$I_e = \frac{20 \times 150 \text{ A}}{300} = 10 \text{ A}$$

Mahtuvusliku maaühendusvoolu saab kompenseerida suures osas sobiva suurusega induktiivtakistusega (kaarkustutuspooliga), mille kaudu kulgeb lühise ajal induktiivvool. Need vastassuunalised voolud välistavad üksteise mõju ning tegelik maaühendusvool jääb nii väikeseks, et valguskaar kutsub iseenesest ja maalühis kaob. Sellist võrku, kus maaühendusvool on kaarekustutuspooli abil väikeseks saadud, nimetatakse kustutatud võrguks.

Tüüpiline maalühis tekib, kui oks või puu puutub vastu üht juhti. Maalühise võivad põhjustada ka loomad. Isoleeritud süsteemis kustutatakse see elektrikaar kiir- või aegtagasilülitusega. Kaarekustutuspooliga süsteemis kustub selline maalühis enamasti ise ja uuesti ühendamist ei toimu.

Maaühendusvool mõjutab liini kaitset, sest mida lühem liin, seda suurem on maaühendusvool. Maaühendusvoolu väärtused on siiski niivõrd väikesed, et need lühisekaitset ei mõjuta (5...50 A). Kõrgepingepaigaldisete kohta annab standard SFS 6001 Lisa Y juhiseid lubatud maalühisvoolu suuruse ja selle kestuse kohta.

Maalühisekaitsega seostuvad maanduselektroodi maandustakistus, elektroodi asukoht ning kas maaühendusvool lülitub automaatselt välja või mitte. Enamasti ühendatakse maaühendusvool automaatselt välja rikke tekkimisel, siis ei teki kaitsemaandatud seadmetesse ohtlikke puutepingeid.

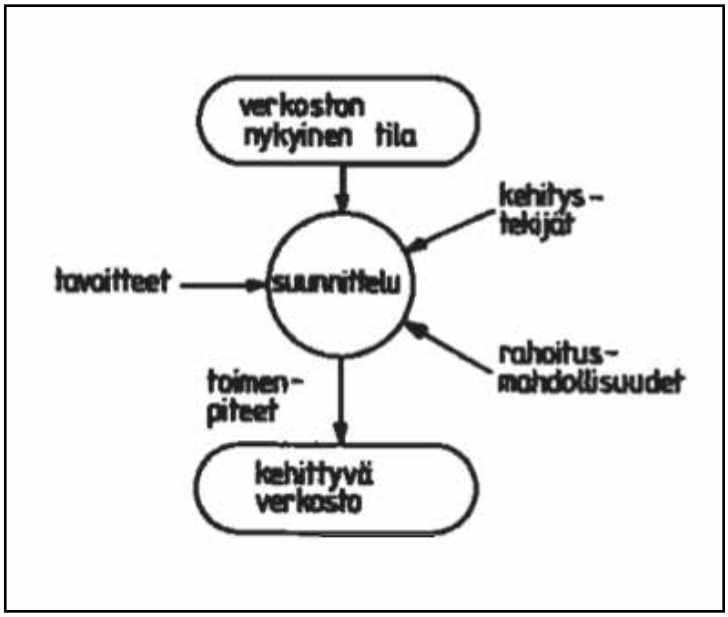
5. ELEKTRIVÕRGU PROJEKTEERIMINE

5.1. Võrgu projekteerimise alused

5.1.1. Elektrivõrgu perspektiiv plaan

Võrgu projekteerimise eesmärgiks on kasutuskindel, elektrieeskirjadele vastav ja ökonoomne elektrivõrk. Projekteerimise käigus on eesmärgiks luua eespool toodud nõuetele vastav võrguprojekt. Uue võrguprojekti teostamisel tuleb arvestada järgmisi seiku:

- Lähtekohaks on võrgu praegune seisukord
- Elektrienergia jaotusele tulevikus seatud eesmärgid
- Arenguprognoosid, näiteks koormuste prognoosid, uute alajaamade ehitamine, reservühendused, võrgu kaugkasutus vms.
- rahastamisvõimalused.



Joonis 56. Võrgu projekteerimise põhimõtteline skeem (Erkki Lakervi: Sähkölaitosten sähköverkkojen suunnittelu, lk 11).

5.1.2. Elektrivõrgu projekteerimisest tuleneva vastutuse jagunemine

Jaotusvõrguettevõtja võrguprojekteerimise lähtekohaks on Soome elektrituruseadusel (sähkömarkkinalaki (386/1995)) põhinevad Võrgutegevuse üldised kohustused ja hinnakujunduspõhimõtted (Verkkotoiminnan yleiset velvoitteet ja hinnoitteluperiaatteet (§ 9 - § 15))

3. peatükk
”§ 9
Arendus- ja ühendamiskohustus (1172/2004)

Võrgu haldaja on kohustatud haldama, kasutama ja arendama oma elektrivõrku ning ühendusi koostöös teiste võrkudega klientide mõistlikest vajadustest lähtudes ning tagama omalt poolt klientidele piisavalt hea kvaliteediga elektri saamise (võrgu arendamiskohustus).

Võrgu haldaja on kohustatud vastava taotluse alusel ja mõistliku tasu eest ühendama oma võrguga tehnilistele nõuetele vastavad oma tegevuspiirkonna elektritarbimiskohad ja elektritootmisüksused (ühendamiskohustus). Võrguga ühendamise tingimused ja tehnilised nõuded peavad olema võrdsed ja objektiivsed ning neis tuleb arvestada kasutuskindlusest ja tõhususest tulenevate tingimustega. Võrgu haldaja on kohustatud avalikustama oma võrguga liitumise tehnilised tingimused. Võrgu haldaja peab andma liitujale tema taotluse alusel piisaval põhjaliku ja detailse hinnangu võrguga liitumise kulude kohta.

Jaotusvõrgu haldaja on kohustatud koostama avalikud üldised lepingutingimused (liitumistingimused) kuni 20 kilovoldise nimipingega liituvatele klientidele, kes ei ole tootmisasutused (466/1999).

10§
Ülekandekohustus (1172/2004)
Võrgu haldaja on kohustatud mõistliku tasu eest müüma elektri ülekandeteenuseid neid vajavatele klientidele oma võrgu ülekandevõimsuse piirides (ülekandekohustus).
Võrgu haldaja on kohustatud korraldama tarnitud elektrienergia mõõtmise nõuetekohasel viisil selliselt, nagu on täpsemalt sätestatud Soome riiginõukogu määruses. Klient on kohustatud hüvitama võrgu haldajale tema poolt tekitatud mõistlikud mõõtmiskulud (444/2003)."

Põhivõrguettevõtte kohustused on sätestatud Soome elektrituruseaduse punktis Vastutus süsteemi eest (Järjestelmävastuu (16 §))

"4. peatükk (332/1998)
Süsteemist tulenevad kohutused ja ülevaade elektrienergiaga seotud tehingutest (1172/2004)

§ 16 (332/1998)
Vastutus süsteemi toimivuse eest (1172/2004)
Elektrituruasutus nimetab elektrivõrguloas ühe põhivõrgu haldaja, kes vastutab meie riigi elektrisüsteemi toimivuse ja kasutuskindluse eest ning tagab üleriigilise elektribilansi vastutuse alla kuuluvate ülesannete täitmise nõuetekohase ja elektriturul tegutsejate seisukohalt võrdsel ja objektiivisel viisil (vastutus süsteemi toimivuse eest). Süsteemi toimivuse eest vastutav põhivõrgu haldaja peab haldama ja arendama süsteemi toimivuse tagamise alla kuuluvaid toiminguid ja teenuseid ning haldama ja arendama oma elektrivõrku ning muud süsteemi toimivuse seisukohalt olulist aparatuuri selliselt, et elektrivõrgu toimivuse eeldused on täidetud (444/2003)
Süsteemi toimivuse eest vastutav põhivõrgu haldaja võib kehtestada süsteemi toimivuse tagamiseks vajalikke tingimusi võrguga ühendatud elektrijaamade ja teiste võrkude kasutamisele…"

Jaotusvõrgu ehitamise kohta on sätestatud seaduses pealkirja Elektrivõrgu ehitamine (Sähköverkon rakentaminen (17 § - 20 §)) all.

"5. peatükk
Elektrivõrgu ehitamine
§ 17
Jaotusvõrgu ehitamine (1172/2004)

Jaotusvõrgu haldajal on ainuõigus ehitada jaotusvõrku oma vastutusalal. Teised ettevõtjad võivad ehitada vastutusalale jaotusvõrgu, kui:
1) tegemist on liitumiskaabliga, millega elektritarbimiskoht ühendatakse vastutusala jaotusvõrgu haldaja elektrivõrku;
2) tegemist on liitumiskaabliga, millega elektrit tootev üksus ühendatakse vastutusala jaotusvõrgu haldaja või teise võrgu haldaja elektrivõrku;
3) tegemist on kinnistu või sellele vastava kinnistute grupi sisevõrguga, või
4) võrgu haldaja annab teisele ettevõtjale nõusoleku võrgu ehitamiseks (1172/2004).
Eespool lõikes 2 nimetatud võrgud tuleb mõistlike liitumistingimuste ühendada võrguhaldaja võrguga, kui see vastab võrgu haldaja kehtestatud mõistlikele ehituslikele nõutele. Võrgu haldajal on õigus nõuda oma võrguga liitumise ja kasutuskulude eest mõistlikku tasu."
Vähemalt 110 kV elektriliinide ehitamiseks tuleb taotleda luba elektriturgu haldavalt riigiasutuselt. Riigipiiri ületava 110 kV liini jaoks on vajalik ministeeriumi luba. Kinnistusisese liini ehitamiseks luba ei nõuta.
Loataotlusele tuleb lisada määruses täpsemalt sätestatud andmed ning keskkonnamõjude hindamise raport. Kui selline liin ehitatakse mujale kui planeeringuga ettenähtud kohta, tuleb liinitrassi jaoks saada kohaliku omavalitsuse nõusolek. Nõusoleku andmisest ei saa ilma mõjuva põhjuseta keelduda ning ehitustöödele ei tohi kehtestada nõudeid, mis põhjustaksid elektrienergia ülekande tagamisele ja taotluse esitajale ebamõist-

likke takistusi.

5.1.3. Võrguprojekti teostamine

Ettevõtted koostavad eespool toodud nõuete alusel võrguprojekti.

Ettevõtte võrguprojekti põhiosa moodustavad 110 kV liinid ja alajaamad, nende osas peab projekteerimisel arvestama 3-5 aastase tulevikuprognoosiga.

Konkreetse jaotusvõrgu arendamist vastavalt soovitud võrguprojektile suunab hetkeolukorra analüüs:

- uued liitujad
- lühisvoolud
- kaod, ökonoomsus
- korrashoiuprojektid
- kasutuskindlus

Nendest alustest lähtudes kontrollitakse tulevasi liine ehk seda, kuidas need sobivad eesmärgiks seatud võrguskeemi. Teisisõnu, kas liin on projekteeritud õigele kohale.
Ühe planeeringuga kaetud piirkonna võrguprojekt on mastaabilt kõige väiksem, kuid kindlasti kogu võrguprojekteerimisprotsessi oluline osa.
Uue elamurajooni projekteerimisel on üheks detailplaneeringu koostamise eesmärgiks ka tulevasele elektrivõrgule vajaliku ala arvestamine.

Võrgu projekteerimine eeldab mahukat elektrivõrgu toimivuse ja arengu analüüsi, mis toimub kõikides neis situatsioonides, milles elektrivõrku kavandatakse, laiendatakse või vähendatakse juba olemasolevat võrku, sellest teatud lõike eraldades.

Projekteerimisel on määravateks teguriteks:
- planeeringust tulenevad nõuded, maastikuline paigutus
- jaotusalajaamade tihedus (võimsus)
- koormus
- jaotustrafode asukohad (esmased)
- võrgu kuju
- võrgu elektrotehniliste raamtingimuste analüüs

Projekti koostamisel tuleb hoida kontakti
- planeeringu koostaja
- Soome Transpordiametiga (Liikennevirasto) (vastutusalas maanteed ja raudteed), asulates tänavaehitajaga
- Omavalitsuste transpordiosakondadega (liikennelaitos) (nt Helsingis rööbasteede elektritoide ja raudteejaamad)
- Telekommunikatsioonivõrkude omanikega

5.2. Liini projekteerimine

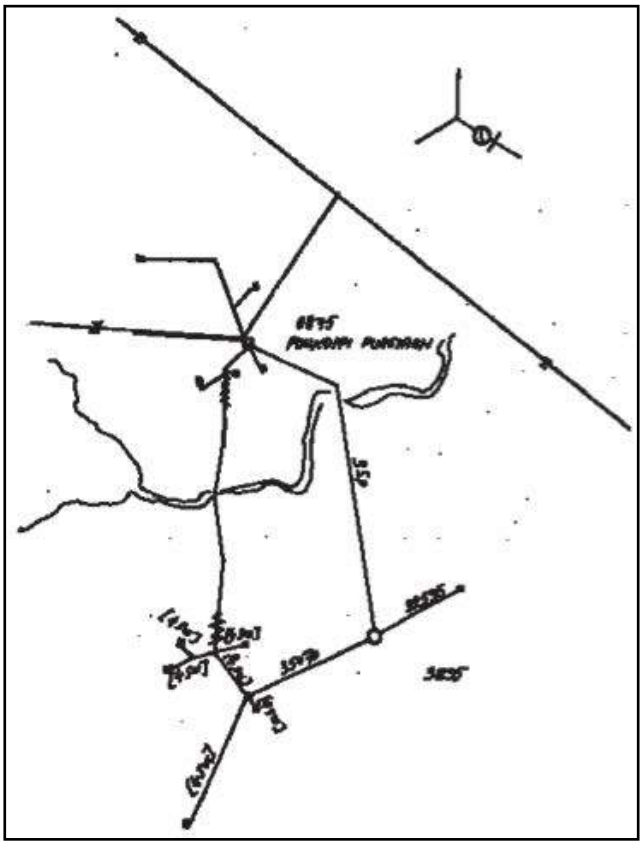
5.2.1. Liini projekteerimise alused

Liini projekteerimine lähtub võrguprojektidest: esmasest geoalusest ja tehnilistest andmetest. Võrguprojekti andmete alusel paigutataks liin maastikule, püüdes tagada võimalikult lühikese liinipikkuse ja ökonoomsed konstruktsioonilahendused. Eesmärgiks on liini konstruktsioonide ja ehitustööde tekitatud ebameeldivuste miinimumi viimine ning liini paigutamine selleks sobivasse maastikusse.

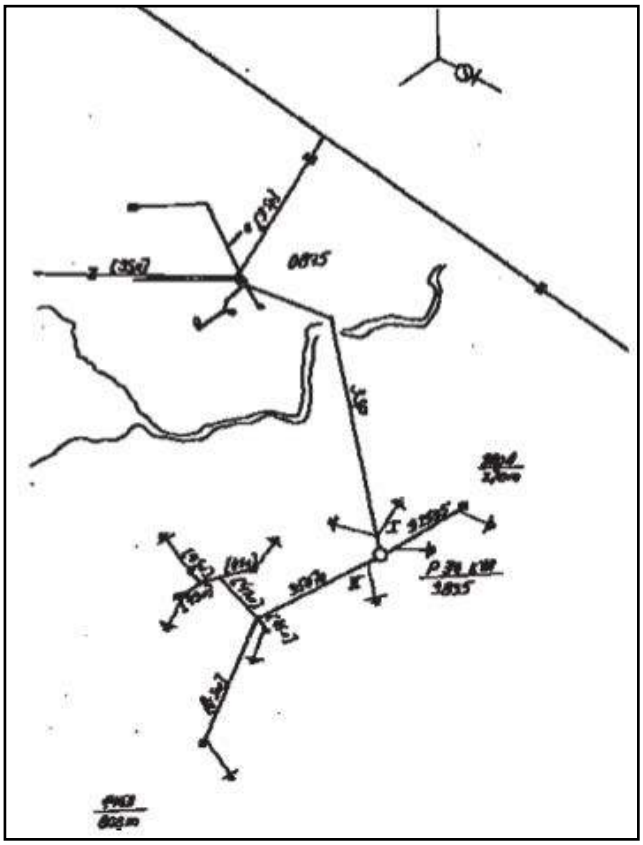
5.2.2. Võrguprojekti asendiplaan

Võrguprojekti asendiplaan on hajusa asutusega piirkonnas koostatud mõõtkavaga 1:4000 või 1:10000 ja asulates 1:2000.

Võrguprojektis kasutatakse ettevõttesiseselt täpsemalt määratletud tähistusi, milles on eristatavad ehitatavad kõrge- ja madalpingeliinid, alles jäävad vanad liinid ja lammutamisele kuuluvad liinid.



Joonis 57. Näide võrguprojekti asendiplaan, millel on toodud vana, lammutamisele kuuluv võrguosa ning uus projekteeritud võrguosa samal plaanil. Vana ja uus võrk on joonestatud erineva paksusega joontega.



Joonis 58. Võrguprojekt lihtsustatud kujul, mis kujutab liinivõrku pärast renoveerimistööde lõppu.

Võrguprojekti asendiplaanevõib joonestada mitu erinevat versiooni: plaanid, milles vana võrk ja uus võrk on samal joonisel. Selle plaani abil saab määratleda nt vajaliku vanade liinide lammutamise ulatuse ning selle tulemusel tekkiva juhtmematerjali koguse.

Lihtsustatud võrguprojekti asendiplaan kirjeldab liinivõrku pärast kavandatud muutmistööde teostamist. See plaan näitab muuhulgas, milline on madalpingevõrk uutes trafopiirkondades:
Kaablite pikkused, ristlõiked ja lühisvoolud.

5.2.3. Trassi projekteerimine

Trassi projekteerimise eesmärgiks on selgitada välja täpne liini trass, mastide asukohad, maaomandiga seotud küsimused, transpordivõimalused. Trassi projekteerimise abil on võimalik leida maastikust parim ühendustee ehitatava liini rajamiseks, korrashoiuks ja ehituskulude optimeerimiseks. Erandiks on asulates detail- ja ehitusplaneeringuga kaetud alad, kus trass tuleb projekteerida enne otseseid liini ehitustöid planeeringu koostaja, telefonifirma, elektrifirma ning vee- ja küttefirma vahelises koostöös.

Liini üldine trass valitakse geoaluselt. Valitud trassisuund veetakse geoalusele kõige soodsamate maastikuolude

kaudu, arvestades seejuures tulevase liini hooldust ja ehitusaegseid vedusid. Liini üldtrass peab olema sirge, sest suunamuutused piiravad alati nõuetekohaste visangute pikkuste tagamist ning suurendavad ehituskulusid.

Liinitrassi asukohana tuleks kasutada ära teeservasid, lagendikke, põllumassiive, rohumaid ning kinnistute piire. Kui liin ei kulge läbi metsa, suurendab see kasutuskindlust ja säästab ühtlasi metsamaad. Teede kõrvale ehitamisel tuleb arvestada kehtivaid erinõudeid ning maastiku kujundamise aspekte.

Kui liin tuleb vedada üle eramaa, tuleb seda teha selliselt, et liini rajamisest tekkivad ebameeldivused oleksid minimaalsed. Maastikul liinitrassi kindlaks määramise alustamisel on abivahendiks vaja geoaluseid, millele on kantud järgmised andmed:

Õhuliinide puhul:
- liinide asukohad maastikul
- olemasolevate ja uute liinide tüübid ja juhtmete ristlõiked
- jaotusalajaamade asukohad
- ehitustöödeks vajalikud ühendusteed ja ladustamiskohad.

Maastiku projekteerimisel leitakse õhuliinidele sobiv trass, sest geoalusele paigutamisel ei ole võimalik lokaalseid tingimusi, nt maastikus esinevaid takistusi, maaomanike soove jne, täiel määral arvestada. Projekti korrigeeritakse eespool nimetatud tingimuste alusel ning trassi lõplik paiknemine maastikus märgitakse geoaluselevõimalikult täpselt.

5.2.4. Transpordiühenduse valik

Liini trass tuleb määratleda võimalikult võrguprojekti kohaselt, kui töö käigus ei teki ootamatuid takistusi. Sellisteks on näiteks maastikul esinevad takistused, hooned või maaomanikele põhjustatud ülemäärased ebameeldivused. Kui tuleb teha muudatusi ja need mõjutavad otseselt algset projekti, tuleb võtta ühendust võrguprojekti koostamise eest vastutava asutusega.

Liinikoridorina tuleks, kui projekt seda võimaldab, kasutada teede servi ja kinnistute piire.

Liini õige paigutamine maastikule on väga olulise tähtsusega. Liinid ei tohi muutuda domineerivaks sellistel kohtades, kus muud tehnilised rajatised puuduvad, näiteks rannamaastikel.

Üldreegel on, et jaotusalajaam tuleb paigutada sellisesse kohta, kuhu on võimalik autoga ligi pääseda. Liini alla jääv jaotusalajaam paigutatakse sirgele liinilõigule. Ristumismastide puhul tuleb vältida suuri nurki.

Nagu juba eespool öeldud, parendab liinide toomine metsade vahelt teede servadesse kasutuskindlust ja hõlbustab ühtlasi liinide hooldust. Ka teeserva rajatud liini võib sobitada ümbritsevasse maastiku kasutades uusi, kitsamat liinikoridori vajavaid konstruktsioone ja PAS-liine.

Maastikukaitse seisukohalt rahuldav tulemus saavutatakse paigutades liinid metsa serva või seljandiku jalamile selliselt, et liini profiili taustaks jääb mets või põõsastik.

Joonis 59. PAS-liin teeservas.

Liiklusühenduste ületamisel tuleb võimalust mööda vältida liiklustrassilt otse näha olevat liinikoridori. Selle tagamiseks võib liinile projekteerida väikese nurga mõlemale poole teed.

Vanu liine on sageli harjutud nägema maastiku osana, seega tuleb uued liinid paigutada vanadesse liinikoridoridesse.

Liinide paigutamiseks mittesoovitavad kohad on nt hooldatud pargid, metsased pärandkooslused, ajaloolise või arhitektuuriväärtuste piirkonnad, populaarsed panoraamvaadet pakkuvad kohad, looduskaitsealad ning populaarsed matkarajad ja vaatamisväärsused.

Liini paigutamine künka või seljandiku tippu tekitab liinikoridori, mis joonistub taeva taustal häirivalt välja.

Üldkehtiv põhimõte on, et liinitrassi maastikukujundusliku valiku osas tuleb hoolitseda selle eest, et liin võimalust mööda sulanduks ümbritsevasse maastikku ning ei tõuseks sellest esile ega mõjuks avanevate vaadete puhul häirivalt.

Kui paigutada kõrgepinge-, madalpinge- ja telefoniliinid ühiskasutuses olevate mastide külge, saab mastide arvu maastikus vähendada.

Liinide paigutamine maastikku on toonud võrguettevõtjatele ka teisi looduskaitsega seotud kohustusi. Nii on hakatud vähendama liinidest rändlindudele põhjustatavaid riske, paigutades liinidele värvilisi tähispalle. Selle tähistuse abil püütakse vähendada lindude, peamiselt luikede, kokkupõrkeid üle veekogude veetud liinidega.

Joonis 60. Veekogu ületava õhuliini külge paigaldatakse pingealuse töö käigus lindude hoiatuspalle.

5.2.5. Uue õhuliini projekteerimine

5.2.5.1. Projekteerimisvajadus

Uue õhuliini projekteerimisvajadus lähtub erinevatest jaotusvõrgu vajadustest. Projekteerimise käivitajaks võivad olla järgmised põhjused:

1. Kasutuskindluse parendamine
2. Jaotusvõrgu üldised projekteerimistingimused
3. Liini korrashoiust tulenevad nõuded
4. Uue liitumiskoha väljaehitamine
5. Omavalitsuse infrastruktuuri väljaehitamine

Võrgu projekteerija koostab tekkinud vajaduse alusel uue õhuliini elektrotehnilise projekti. Projekt tekib selliselt, et oletuslik uus ehituskoht paigutatakse võrguandmete alusel geoalusele. Objektile kehtestatakse elektrivõimsuse eesmärgipärased näitajad, näiteks vajalik lühisvool. Võrguandmete alusel koostab võrguarvutusprogramm aluskaardile elektrotehnilise projekti uue objekti tarvis. Selle võrguprojekti alusel paigutab maastikuprojekteerija uue liini maastikku.

6. LIINIKORIDORI LEPINGUD

6.1 Üldised alused

Kui liinid läbivad eramaad, tuleb enamasti sõlmida kirjalik leping. Liitumistingimused kohustavad elektritarbijat võimaldama oma maale elektriliinide rajamist. Elektrivõrguettevõtte esindaja peab alati läbirääkimiste teel püüdma saavutada olukorda, et maaomanik sõlmiks vabatahtlikult lepingu liinide tema maale paigutamiseks. Liinikoridoride hankimiseks võib kasutada järgmisi põhjendusi:

6.1.1 Liitumistingimuste alused

Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsus liitumistingimuste kohta paneb jaotusvõrguga liitujale järgmised kohustused:
"18. Alade loovutamine
Liituja annab tema omandis või muul viisil tema valduses olevast hoonest, millega liitumine on seotud ning enda omandis olevast või tema hallata olevast maa- ja veealast vajalikud ruumid ja alad jaotusvõrgu haldaja kasutusse liituja jaoks ehitatava liitumiskaabli ning sellega ühendatavate aparaatide ja seadmete paigutamiseks kontrollimiseks ja korrashoiuks.
Kaablid, aparaadid ja seadmed tuleb paigaldada nii, et need ei tekitaks ülemäärast kahju või ebameeldivusi.
Kasutusõiguse eest muu kokkuleppe puudumisel hüvitisi ei maksta.

19. Kinnistu omaniku ja haldaja kohutuse kohta lubada teisi kinnistuid või avalik-õiguslikke rajatisi teenindavaid jõukaablite ning liituja jaoks ehitatava liitumiskaabli paigaldamist oma kinnistule on sätestatud Soome ehitusseaduse (rakennuslaki (370/58)) § 133 (muudetud 26.06.1981/499)".

6.1.2 Soovituslik leping side- ja elektrikaablite kohta

"Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK r.y., Svenska Lantbruksproducenternas centralförbund r.f., Energiateollisuus r.y., Finnet-yhtiöt ja Teliasonera Finland Oyj (edaspidi lepingupooled) on sõlminud täna alljärgneva sidekaablite ja –seadmete ning elektriliinide ning alajaamade ja lülituspunktide ehitamise ja korrashoiu ning selleks vajalike maa-alade kasutamist käsitleva soovitusliku lepingu. Leping hõlmab sidevõrku (edaspidi võrk), välja arvatud sidekeskused ning elektri ülekande- ja jaotusvõrku (edaspidi võrk), välja arvatud 110 kV ja sellest suurema pingega võrgud. Lepingut kasutatakse ehitatava võrgu ehitusõiguse taotlemiseks sideettevõtte või jaotusvõrgu haldaja (edaspidi liini omaniku) ja Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK r.y või Svenska Lantbruksproducen¬ternas centralförbund r.f liikmeks oleva maaomaniku vahelises lepingus.

A. Lepingupoolte eesmärgiks on aidata käesoleva lepingu abil kaasa sellele, et võrgu ehitamise ja korrashoiu tõttu liini omanikule tekkivad kulud ja teisalt nende toimingute tõttu põllumajandusele ja metsandusele tekitatavad kahjud ja ebameeldivused oleksid võimalikult minimaalsed."

Soovitusliku lepingu teksti on uuendatud viimati 25.01.2008. Lepingust tulenevatest toimimisviise on kirjeldatud allpool lähemalt.

6.1.3 Naabrussuhete seaduse alusel

Naabrussuhete seaduses sätestatakse liinikoridori loovutamise kohta järgmiselt:
"Omanik või see isik, kes kasutusõiguse alusel valdab kinnistut, on kohustatud lubama naabril või teisel lähedal elaval isikul vedada oma telefoniliin või valgustuse või energia saamiseks vajalik elektrikaabel kodumajapidamises kasutamiseks läbi oma maade, välja arvatud õueala, aia või tarbeaia kaudu ning püstitama selleks vajalikud mastid, kui see võib toimuda ilma talle suuremaid ebameeldivusi põhjustamata ning kui kaabli vedamine ei ole muul viisil võimalik või on võimalik ainult ebamõistlikult suurte kulutustega. Kahju ja ebameeldivuste eest tuleb maksta hüvitist."

Keeruline menetlusviis ja loa taotlemine võtavad aega. Taotlejaks on elektrienergiat vajav isik. Loa väljastab esimese astme kohus.

6.1.4 Maakasutus- ja ehitusseaduse sätete alusel

Maakasutus- ja ehitusseaduses on samuti sätteid liinikoridoride hankimise kohta. Kui maaomanikuga ei õnnestu liini paigaldamises kokku leppida, võib paigaldamisloa anda ehituskomisjon.
Väljaostmismenetlust on jaotusvõrgu liinide puhul harva kasutatud, kuid näiteks 110 kV liinide puhul on see üldlevinud viis, mille rakendamise eesmärgiks on vajalikel juhtudel ja ühtlustatud alustel hüvitist maksta, mille tulemusel saab liinikoridori andmed kanda maakatastrisse kinnistutele kehtivate servituutidena.

6.1.5 Detailplaneeringu koostamisel toimuva koostöö kaudu

Asulapiirkondades on eesmärgiks reserveerida elektriliinidele vajalikud alad juba detailplaneeringu koostamisel. See tegevus eeldab koostöös elektrivõrguettevõtetete ja planeeringu koostajate vahel.
Asula omanik (omavalitsus) annab loa oma territooriumile liinide paigutamiseks (ka pinnasesse paigaldatavate liinide kohta). Teatud juhtudel võib asula omanik maa kasutusõiguse eest tasu nõuda.

6.2 Soovituslik leping side- ja elektriliinide kohta

6.2.1 Üldist

Finnet-yhtiöt ja Energiateollisuus ry soovitavad oma liikmetel kui liinide omanikel rakendada järgimisi soovituslikul lepingul põhinevaid toimimisviise:
1. Püüda eespool punktis A kirjeldatud üldist põhimõtet järgides säästa ja kaitsta head põllumajandus- ja metsamaad, rajades liinid teede servadesse ja kraavide kallastele, arvestades maaomanike soove ning võrkude ühiskasutuse võimalusi.
2. Teavitada aegsasti enne ehitustööde alustamist ja piisavaks peetud viisil maaomanike ehitatava võrgu kasutuseesmärgist, projekteerimistöödest ning liinide ja mastide paigutusest ja konstruktsioonist ning liinikoridorist ja sellele kehtestatud kasutusõiguse piirangust ning näidata ära võrguosade kavandatud paigutuse maastikus.
3. Sõlmida maaomanikega vajalikud lepingud enne ehitustööde alustamist ja maksta omal algatusel maaomanikele hüvitisi projekteerimise ja maastiku-uuringute ning ehitus- ja korrashoiutööde tõttu tekkinud kahjude, ebameeldivuste ja kulude eest ning hüvitist püsiva kasutusõiguse piirangu või muu hüve kaotamise eest käesoleva lepingu lisas toodud soovitusi järgides.
4. Arvestada enne põllule paigaldatava maakaabli paigaldamist maaomaniku poolt skemaatiliselt kujutatud pinnasekuivenduskavandeid ja paigutada kaabel nii sügavale ja sellisesse kohta, et see ei takistaks maaomaniku plaanide ellu viimist.

Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto MTK r.y., Svenska Lantbruksproducen¬ternas centralförbund r.f. soovitavad oma liikmetele, et maaomanikud:
1. Aitaksid oma tegevusega kaasa sellele, et liiniomanikud võiksid ehitada ja hooldada oma võrke terviku seisukohalt otstarbekohasel viisil, nagu on kirjeldatud punktis A.
2. Annavad liiniomanikule loa teostad võrgu projekteerimist ja maastiku uuringuid ning eemaldavad selle tarvis põõsaid, oksi ja puid mujalt kui oma õuealalt, kui see on uuringute teostamise seisukohalt vajalik.
3. Sõlmivad eespool kirjeldatud lepingu käesoleva lepingu lisas toodud soovitusi järgides,
4. Annavad hüvitise summa arvutamiseks vajalikud andmed oma kinnistu maksustamisastme ja võimaliku kinnistu kohta koostatud metsamajanduskava kohta ning püüavad võimalust mööda arvestada metsahoolduse ja raietöödes võrgu vahetus läheduses Metsäkeskus Tapio metsahooldussoovitusi tuulemurru tekkimise vältimiseks.
5. Esitavad liiniomanikule võimaliku maakuivendusplaani skeemi enne maakaabli paigaldamist tema põllule.
6. Võtavad liiniomanikuga ühendust enne võrku ohustava töö alustamist.

Lepingupooled koostavad eespool toodud põhimõtete teostamiseks ühised juhised ja soovitused teavitamise, võr-

gule vajalike rajatiste põllumajandus- ja metsandusmaale paigutamise, ehitus- ja korrashoiutööde ajastamise, võrgu kaitsmise jne kohta.

6.2.2 Hüvitise maksmise alused

Lepinguste alusel määratud hüvitiste suurust hinnatakse põllumajandus- ja metsandusmaade ning detail- ja ehitusplaneeringutega kaetud piirkondadest välja jäävates aia- ja õuealadel võrgu rakendamise tõttu tekkinud ebameeldivuste ja kahjude alusel. Hüvitis hõlmab kõiki olulisi hinnatavaid kahjusid ja ebameeldivusi.

Projekteerimis-, maastiku uuringu ja hooldustööde ajal tekitatud kahjusid ja kulusid hinnatakse ja hüvitatakse eraldi. Sellisteks on näiteks saagi ja puude kahjustamine ning hoolduse käigus liinikoridorile põhjustatud kahjud.

Maaomanik saab taotluse alusel liiniomanikult tasuta abi võrgu vahetus läheduses olevat puude langetamiseks ja langetatud puude äraveoks. Puude langetamisel pakutava abi all mõeldakse selliseid toiminguid, millega hoitakse ära puu langemine liini peale. Otsest puudelangetamist nimetatud abiteenus ei tähenda. Maaomanik on kohustatud teatama hiljemalt kolm tööpäeva enne puulangetustööde alustamist liiniomanikule puude langetamisel abistamise vajadusest. Õigeaegselt edastatud taotlus vabastab maaomaniku materiaalsest vastutusest liinile tekkiva võimaliku kahju eest, välja arvatud vastutus tahtlikult või raske hoolimatuse tõttu tekitatud kahjude eest.

Liiniomanikul on õigus eemaldada õhuliini otsesest liinikoridorist väljapoole jäävad sellised väikese ladvaosa ja moondunud võraga või muud üksikud puud, mis võivad tugeva tuule või raske lumekoormuse tõttu liini kahjustada. Selle eelduseks on, et liiniomanik teavitab maaomanikku aegsasti ja kirjalikus vormis kavandatud raietöödest ja palub maaomanikul ühendust võtta, kui maaomanik soovib liiniomaniku poolt kavandatud raietööde detailides enne nende teostamist kokku leppida.

6.2.3 Hüvitised metsamaal

6.2.3.1 Metsandusele tekitatud kahjud

Metsas puhastatud alalt langetatud puud jäävad maaomanikule, kui ta seda soovib. Muul juhul jäävad langetatud puud liiniomanikule ja need hüvitatakse turuhinna alusel. Lisaks hüvitatakse ühekordse maksena võimalikud puude ootuspärane väärtuse kasv või hävinud istikute väärtus. Ootuspärane väärtuse kasv ja istikute hüvitis on sätestatud soovitusliku lepingu lisas 4 (Vt raamatu tabel 17) toodud hüvitiste tabelis.

Liiniomanik vastutab ehitustööde tõttu põhjustatud kraavide avamise ja parandamise ning truupide ja teede remontimise eest. Võrgu ehitamisest tekkinud võimalikud muud metsanduskahjud hüvitatakse.

6.2.3.2 Metsandusele tekitatud ebameeldivused

Hüvitis õhuliinide kasutamisest tingitud kasutuspiirangu põhjustatud ebameeldivuste eest määratletakse soovitusliku lepingu lisas 4 (vt raamatu tabel 17) toodud metsandusmaa väärtuse alusel.
Hüvitise arvutamisel võetakse pindala määramisel aluseks vaba ala suurust. Liiniomanikul on õigus eemaldada liini hilisemate kasutustoimingute käigus puud ja põõsad kogu liinikoridorist ning kõik puud, põõsad ja oksad vaba ruumi alalt.

Tabel 17. Soovitused metsahüvitisteks 01.01.2008 – 31.12.2009, soovitusliku lepingu lisa 4 A
Osa 1. Hüvitis metsanduskahjude eest, eurot/ha

Ala	Metsatüüp				
	OMT Lehtpuu-segamets	MT kuusemets	VT männimets	CT Kuiv männimets	Harimata maa
I	440	320	230	170	70
II	350	220	160	120	30
III	220	170	100	100	20

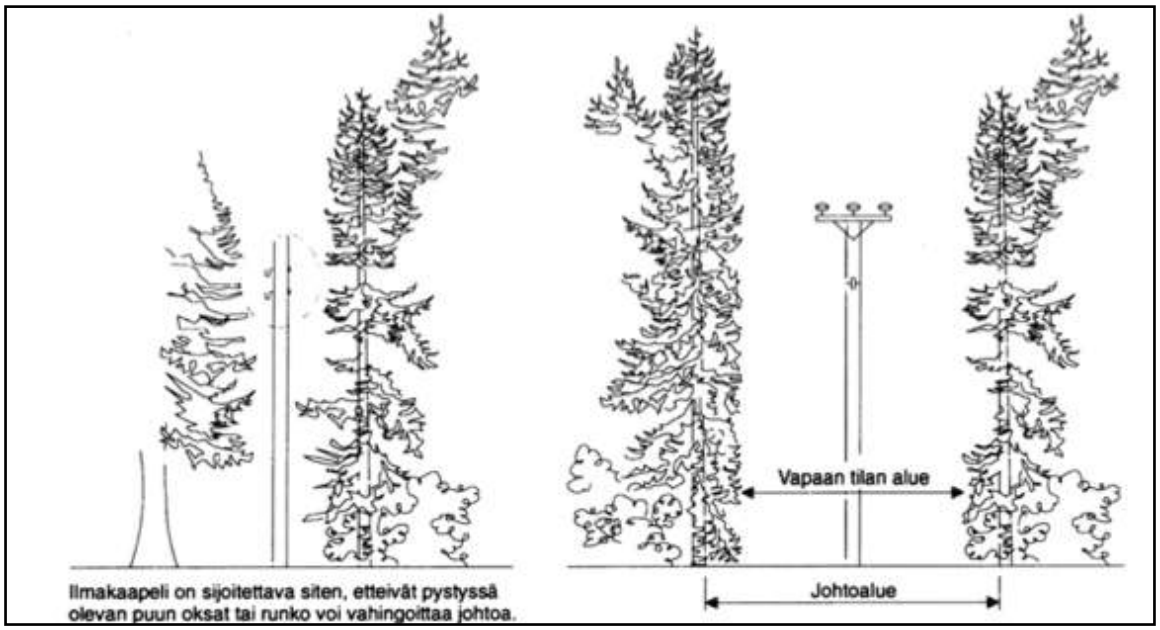
Osa 2. Hüvitis puude ootuspärase väärtuse kasvu eest, eurot/ha

Alad	Puude vanus, a	Mänd	Kuusk	Kask
I ja II	30	2540	3440	1490
	40	1920	2920	940
	50	1260	1760	-
	60	-	980	-
Ala III	30	1760	-	1720
	40	1710	2150	1320
	50	1450	2080	-
	60	1060	1750	-
	70	480	1310	-
	80	-	720	-
	90	-	290	-

Osa 3. Hüvitis istikute hävimise eest, eurot/ha

Alad		Põhipikkus, m						
I ja II		0,5	1	2	3	4	5	6
	Mänd	1040	1110	1390	1590	1730	1880	2150
	Kuusk	1160	1280	1760	1950	2230	2780	3030
	Kask	1270	1320	1610	1800	1905	2010	2440
Ala III	Mänd	730	760	960	1100	1190	1540	1750
	Kuusk	830	890	1120	1300	1580	1830	1950
	Kask	960	1000	1240	1330	1390	1460	1950

Tabelites kasututatud alade jaotus on toodud omavalitsuste täpsusega soovitusliku lepingu lisas 2. Alade jaotus I – III on jagatud tinglikult lõunast põhja.

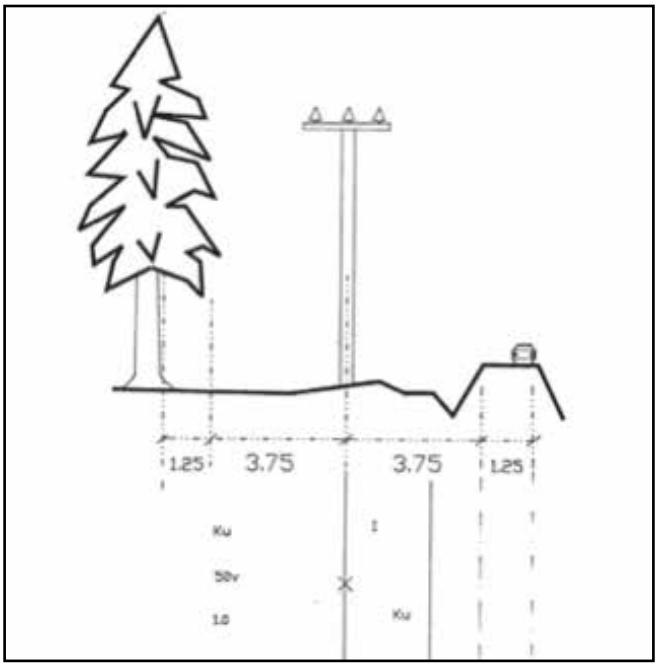


Joonis 61. Soovitusliku lepingu skeem liinikoridorist ja vaba ruumiga alast.

Metsandusmaale paigutatud õhukaabel ei nõua tavaliselt liinikoridori ning selle eest hüvitisi ei maksta. Maakaablite puhul kasutuspiirangute tõttu tekkinud ebameeldivuste eest hüvitisi ei maksta.

Võrgu ehitamise tõttu tekkinud võimalikud muud kahjud metsandusele hüvitatakse.

Õhuliinide põhjustatud kasutuspiirangukahjust (maa eest) makstakse enamasti ühekordne hüvitis. Maa eest makstava hüvitise suuruse arvutamisel kasutatakse pindalana elektriettevõtte poolt liinile reserveeritud vaba ruumi, näiteks 20 kV õhuliini puhul on see 7,5 m.



Joonis 62. 20 kV õhuliini liinikoridori dimensioneerimine.

6.2.4 Hüvitised põllumaade eest

6.2.4.1 Põllumajanduskahjud

Hüvitis kaotatud saagi tõttu tekkinud kahjudest määratakse Soome maamõõtmisameti väljaandes 93 Korvaussuositukset kiinteistövahingoissa toodud tabelite alusel. Liiniomanik vastutab ehitustööde tõttu tekkinud kraavide avamise ja parandamise ning põllumaa tasandamistöö eest. Võrgu ehitamise tõttu tekkinud võimalikud muud põllumajanduskahjud hüvitatakse.

6.2.4.2 Ebameeldivused põllumajandusele

Hüvitisi mastide tõttu tekkinud ebameeldivuste pärast määratletakse Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskuse (MTT) poolt 2002. aastal avaldatud uurimuses 2002 ”Estehaittojen aiheuttamien haittojen arvo peltoviljelyssä” ja Maamõõtmisameti väljaande nr 93 Korvaussuositukset kiinteistövahingoissa alusel. Vt raamatu tabel 18 Soovitused põldudele püstitatud mastide eest makstavaks hüvitisteks 01.01.2008 – 31.12.2009 (LISA 4 B)
Võrgu ehitamisest tekkinud võimalikult muud põllumajanduskahjud hüvitatakse.

Mastidest põldudele tekitatud kahjude alla loetakse ka tõmmitsad ja maakaabli tähisvaiad.

Tabel 18. Soovitused põldudele püstitatud mastide eest makstavaks hüvitisteks 01.01.2008 – 31.12.2009, soovituse lisa 4 B
Osa 1. Hüvitised põldudele püstitatud mastide eest

Hüvitised põldudele püstitatud mastide eest, eurot/mast			
Ala			
I	II	III	IV
134	121	106	92

Seda tabelit rakendatakse ka tähisvaiade ja tõmmitsate puhul. Mastile vastav hüvitis makstakse iga põllul paikneva üksiku tõmmitsa või mõjult sellele vastava tõmmitsakonstruktsiooni või muu tugiehitise eest

Osa 2. Hüvitised kraavi kallastel paiknevate mastide eest, eurot/mast

Hüvitised kraavi kallastel paiknevate mastide eest, eurot/mast			
Ala			
I	II	III	IV
74	65	59	50

Kraavi kaldal paikneva masti all mõeldakse masti, mis on
a) Lahtiste kuivenduskraavidega põllul kogumiskraavi või lahtiste ja drenaažikraavidega põllul 0 – 1 m kaugusel kraavi või põllu servast -.
b) Põllul lahtiste kraavideta kohaliku tee ääres 0 – 1 m kaugusel tee servast.

Tabelites kasutatud alade jaotus on toodud omavalitsuste täpsusega soovitusliku lepingu lisas 3. Alade jaotus I – IV on tinglik jaotus lõunast põhja.

6.2.5 Hüvitised erijuhtumitel

Kui võrk tuleb paigutada maaomaniku seisukohalt väga väärtuslikule maale või kui üldised hüvitispõhimõtted võivad muul juhul selgelt ebaõiglase olukorra põhjustada, hinnatakse makstava hüvitise suurust üldistest hüvitamissoovitustest olenemata.

Aia- ja õuealadel on hüvitamispõhimõtted on suures osas samad nagu haritavatel maadel. Kahjudena hüvitatakse lisaks mitmeaastaste aia- ja dekoratiivtaimede hävimine ning taimestiku osalised kahjustused. Neid on kirjeldatud maamõõtmisameti väljaandes ”Korvausssuositukset kiinteistövahingoissa” (nr 78) toodud tabelite alusel.

Kui võrk põhjustab erakordselt suurt puude koristamise kulude tõusu, lepivad maaomanik ja liiniomanik eraldi kokku, milliseid meetmeid puude koristamise kulusid vähendamiseks rakendada ja kuidas arvutada maksmisele kuuluv hüvitis.

Sellest soovitusest lähtuvat hüvitist ei maksta riigiteede äärde ehitatavate võrkude eest siis, kui tee haldaja on selle ala eest juba hüvitist maksnud.

Liitujale ei maksta hüvitust tema poolt enda maale ainult tema liitumispunkti jaoks ehitatavate ja vajalike rajatiste eest.

6.2.6 Tasaarveldusmenetlus

Kui liiniomanik lammutab põllul võrgu renoveerimise käigus varem ehitatud liini ja loobub selle liiniga seotud kasutusõigustest, saab ta kasutusse kehtivale olukorrale vastavatel tingimustel võrdväärse arvu masti- või tähisvaiade kohti. Tasaarveldusmenetlusega ei ole lubatud põhjustada varasemast olukorrast suuremat kahju maaomanikule. Liiniomanik on kohustatud taastama tasaarveldusmenetluse kasutamisel eemaldatava masti ja tähisvaia koha põl-

lumaana kasutamiseks vajaliku seisukorras.

Kui liiniomanik lammutab metsapiirkonnas võrgu renoveerimise käigus varem rajatud liini ja loobub selle liini kasutusõigusest, saab ta enda kasutusse kehtivale olukorrale vastavatel tingimustel liini pikkusele vastava maa-ala, eeldusel, et liin viiakse metsast tee äärde.

6.2.7 Põllumaade metsastamine

Kui maaomanik metsastab põldu, on tal õigus sõlmida liiniomanikuga olemas oleva liini kohta liinikoridorileping järgmistel tingimustel:

- Maaomaniku metsastataval põllul ei ole ühtki masti,
- Metsastatav põld asub liini all ja
- Tegemist on 20 kV õhuliiniga.

Eespool nimetatud tingimused peavad kehtima üheaegselt. Sellisel juhul makstakse lepingu sõlmimise hetkel kehtiva hüvitishinnakirja alusel hüvitist maa eest liinile vajaliku vaba ruumi ulatuses. Liinikoridori ei metsastata.

6.2.8 Hüvitiste maksmine

Hüvitised makstakse välja, kui ei ole teisiti kokku lepitud, ühekordse maksena.

6.3. Liinikoridori kasutusõiguse lepingu sõlmimine

Liinikoridori kasutusõiguse lepingud sõlmitakse kaasajal enamasti kõigis neis olukordades, kus maaomanik on varem võrguga elektritarbijana liitunud ning võrgu parendamiseks ehitatakse tema maale uusi liine.
Liitumislepingu sõlmimisel sõlmitakse sageli ka liinikoridori kasutusõiguse lepinguid.

Liinikoridori kasutusõiguse lepinguid tuleb sõlmida ka selliste maaomanikega, kes ei ole elektriettevõtja tarnitud elektri tarbijad.

Enne lepingu sõlmimist toimuvatel elektriettevõtte toimingutel on suur mõju lepingu tekkimisele. Enne liinitrassi määratlemist tuleb kindlasti hankida luba neilt maaomanikelt, kelle maid tulevase liini trass läbib.

Mõned elektriettevõtted küsivad enne maastikuplaneerimise alustamist maaomanikelt kirjaliku loa liinitrassi projekteerimiseks. Nõusoleku andmise käigus selgitatakse maaomanikule kavandatud liini kasutusotstarvet ja liinile kavandatud kohta.

Kymenlaakson Sähkö

24.2.2009

SUOSTUMUS

Suostun siihen, että Kymenlaakson Sähköverkko Oy saa suunnitella, rakentaa ja ylläpitää pysyvää käyttötarkoitusta varten jäljempänä selvitetyn johdon ja laitteet alla mainitun omistamani kiinteistön alueelle. Tätä johtoa varten luovutettavasta käyttöoikeudesta ei makseta korvausta.

Sähköjohdon rakentamisesta ja ylläpidosta aiheutuneet vahingot korvataan. Kaikki puut, oksat ja pensaat, jotka johdon alueelta poistetaan jäävät maanomistajan omaisuudeksi ja paikalta poistettaviksi.

Maanomistajan nimi

Osoite

RN:o ja kiinteistön nimi

Kunta Kylä

Muuntopiiri

Työnumero

Selvitys johdosta

Paikka ja aika _____ . . 2009

Allekirjoitukset

KYMENLAAKSON SÄHKÖVERKKO OY
Verkkopalvelut

_____ _____

Maanomistajan nimi

Kymenlaakson Sähkö Oy Kymenlaakson Sähköverkko Oy

Katuosoite Postiosoite Puhelin Fakti Web-osoite Sähköposti

Joonis 63. Nõusoleku blankett (Kymenlaakson Sähkö).

Leping sõlmitakse lepingublanketil, milles sätestatakse detailselt liinikoridori kasutusõigused. Liini ehitamist on kõige kindlam alustada siis, kui kõik liinikoridori kasutusõiguste lepingud on allkirjastatud:

JOHTOALUEEN KAYTTOOIKEUSSOPIMUS

Maa-%a (.-2.a'*/-./*..a%a$) K -&/-'$$..* MTK ,.1:),
S0)-&a 'a).b,/&-+,*d/c). ,)a- c).,a'!3,b/)d SLC ,.!:),
E) ,"$a. *"$-//– ,1:),
F$)) .-$$..* ,1:)%a
T '$a–*) ,a F$)'a)d O1%:)
S/*-$./--*+$(/- . ' - %a -2#&3%*#d*$-.a (/&a$)) -*+$(/-'*(a& .

JOHDONOMISTAJA

N$($	
O-*$.	
L$)%a*-a	
Ka,..a' #.$	T13):,*

MAANOMISTAJA

N$($	
O-*$.	
Ma&-/*-*$.	
T$'a))$($%a , &$-. ,$)/(,*	
K/).a	K1'2

VUOKRAMIES

N$($
O-*$.
Ma&-/*-*$.

Y"2 (a$)$../ %*#d*)*($-.a%a%a (aa)*($-.a%a *0a. . #) . & -&)22) - /,aa0a) -*+$(/&-) (aa)*($-.a%a)
1"2 (a$)$..//) .$'aa) &*#d$-./0a-.a +1-102-.2 &21..3*$& /d) –/+$-.a($- -.a %a -$$.2 (a&- ..a0a-.a &*,0a/&- -.a
0 ,&*) ,a&).a($-.a%a +$.2($-.2 0a,.).

1 §

J*#d*)*($-.a%a"a *) *$& /– *..a) &/$.)&$) (a#d*"$-//&-$) (/&aa) #/*($**) (aa)*($-.a%a) .*$0*(/&- . %a
14.12.2000 –*'($./) . ' - %a -2#&3%*#.*–*+$(/&-) A-&*#.a

a) ,a&).aa%a +$.22 d "2 (a$)$./"a .$'a"a *# $- --a &*,0a/-'a-& '(a--a%a '$$. &a,.a"a -$. .1.%*#d*., (//).*- %a &1.&$)a- (a., (jollei karttaliitetta ole, sanat "ja liitekartalla" yliviivataan), +1'022.,)$$#$) &$$))$. - .1. 'a$.. ., a0*%*#d*.%a $'(a&aa+ '$. – &2 (aa&aa+ '$. (,&&$+aa'/$)) %a '$-2&-$ *(a"a + ,/–.a"a *' - 0a.%a&a(*. (tarpeeton yliviivataan)

b) . #d2 d "2 (a$)$../%) %*#.*%), a- ($) %a ,a&). $d) –//))$. './$#$) +a$&&*$#$))2#d) +$)$2 .a,&$-./–($..a/–.) (a#d*"$- –.$ 0aa.$($a (//.*&-$a

c) '$$&&/a .$'a"a%*#.*%), a- ($)%a ,a&). $d) (,&$.– ($–.2, ,a&).a($-.a, &/))*--a+$.*a %a &21..3.*$- ( )+$. $.2 –/*,$..a --aa)

d) +*$-.aa 0 ,&*) ,a&).a($-) 1#. 1d --2 ,a&))/-.13) d "1..2(2'.2 a'/ '.a &a$&&$ +//., +)-aa.%a *&-a.. P$#a+$$,$$) $-./. ../%a +/$.a .a$ +)-a$.a *) (a#d*"$-//&-$) (/&aa) -/*% '.a0a

Joonis 64. Liinikoridori kasutusõiguse leping, lehekülg 1(Energiateollisuus).

e))",00 #(!,(a%-ee, #(!,(#e' $0/,,1.a*&--de' #a +0!$1,-*.a%%"+--+&00*0/+,e' / ,e%e.e*$(' *a$e''e&00*0-/+,e' ede%%/,,0&0%%0 ,a.a%%a .a)aa'a)-"+,a,)e'+a"+,a #a ($+"+,a .a)aa' ,%a' a%-ee%%a +e$0 +-(*",,aa %"e-.00 ($+"e' $a*+"',aa "%&a$aa)e%"*e',%%0 #a &e*$$")aa%-%'''#a%%a

f))("+,aa #(!,(a%-ee' -%$()-(%e%,a +e%%a"+"a)"e'"%a,.a"+"$+" #a *"-$-&a"+"$+" $e!",,/'e",0 ,a" &-",a /$+",,0"+"0)-",a, #(,$a +aa,,a.a, e+"&e*$"$+" ."&a$$aa%%a ,--%e%%a ,a" *a+$aa' %-&"$-(*&a' .-($+" a"!e-,,aa .a!'"-$(a #(!d(%%e. T0&0' ede%%/,/$+e'0 (', e,,0 #(!d('(&"+,a#a ,"ed(,,aa &aa'(&"+,a#a%%e !/."++0 a#(" e,--$0,ee' $"#a%%"+e+," e&.)-"de')("+,a&"+e+,a #a)//,00 &aa'(&"+,a#aa (,,a&aa' /!,e/,,0, &"$0%" &aa'-(&"+,a#a !a%-aa e,-$0,ee' +()"a)-"de')("+,a&"+ee'%"",,/."+,0 /$+",/"+$(!d"+,a. T0+,0 &aa'(&"+,a#a%%e a"!e-,-.a+,a .a!'" (+,a (' +(.",,a.a e*"$+ee' $(!da' 4 0 &-$aa'.

J(!,(a%-ee' #a .a)aa' ,"%a' %e.e/+ (' &00*",e%,/ ,0&0' +()"&-$+e' %"",,ee'0 (%e.a++a $(*.a-+%a+$e%&a++a. !%&a$aa)e%"#(!,(e" .aad" '(*&aa%"+," #(!,(a%-e,,a, #(%%('" +",0 e" &a$+e,a $(*.a-+,a.

2 §

Ka"$$")--,, ($+a, #a)e'+aa,, #(,$a #(!,(a%-ee%a)("+,e,aa', #0O.O, &aa'(&"+,a#a' /#(!d('(&"+,a#a' (&a"+---de$+" #a &aa'(&"+,a#a'#(!d('(&"+,a#a')a"$a%a)("+,e,,a.a$+". (tarpeeton yliviivataan)

3 §

Ra$e''-+,("&"',aa +e$0 a.(.a*a+,(#e' #a %a",,e"de')",0&"+,0 #(!d('%0!e"+//de++0 *a#(",,a.a, &aa'$0/,,1- #a *a$e"-+%a"' +00''1$+e, #a +0!$1,-*.a%%"+--+&00*0/$+e,. Ta*$e&)"a (!#e",a &e'e,,e%/+,0 e&. ,a)a-$+"++a a',a.a, ."*a'(&a"+e, #a #(!d('(&"+,a#a.

J(!,(.e*$(' *a$e',e''de' +-(#e%e&"+e$+" &aa'(&"+,a#a/-!a%,"#a "%&(",,aa #(!d('(&"+,a#a%%e !/."++0 a#(" +e%%a"+"+,a &e,+0'!a$$---, *0#0/,/+-, (#",-+- #a &-"+,a ""'!'" .e**a,,a."+,a !0'e' ,("&e+,aa' +-(*",e,,a."+,a ,1"+,0, #("+,a #(!,-e' .e*$$(+aa,,aa (%%a .aa*a++a .a!'" (",,-a. J(!d('(&"+,a#a (' .e%.(%%"e' &aa'(&"+,a#a'/-!a%,"#a')//''1+,0 $(*.a-$+e,,a 'O/,,0&00' &aa$aa)e%"' ,a*$a' +"#a"'''' &aa+,(++a +e$0 a',a&aa' .e*$(' +-(#e%e&"+-,a $(+$e.a, (!#ee,. M"$0%" .e*$(' +-(#aa&"+,("&e')",ee, (.a, .0!0"+e,, #(!d('(&"+,a#a +-(*",,aa ,/1' $-+,a''-$-+e%%aa'.

S-(*",,ae++aa' .e*$(' *a$e',e"de' %0!e"+//de++0 ede%%0 &a"",,-#a ,1",0 (' &aa'(&"+,a#a' &e'e,e%,0.0 +",e',e,,e" .e*$(' *a$e',e%%e a"!e-d- .a!'"$(a. J(!d('(&"+,a#a a',aa ,a*.",,ae++a $(*.a-$+e,,a $aa,(a)-a. Kaa,(a)-e" ,a*$(",a ",+e $aa,(,/1,0. Maa'(&"+,a#a' (' "%&(",e,,a.a ."&e"+,00' $(%&e a*$")0".00 e''e' $aa,(,1"de' a%(",,a&"+,a $aa,(a.-' ,a*)ee+,a #(!d('(&"+,a#a%%e.

4 §

J(!d('(&"+,a#a +-(*",,aa &aa'(&"+,a#a%%e ,e%e- #a +0!$1#(!,(+()"&-$+e' +-(+",-+,e' &-$aa' %a+$e,-, ,0&0' +()"&-$+e' %"",,ee'0 (%e.a++a $(*.a-+%a+$e%&a++a ,a*$e&&"' e*",e%%/, $(*.a-$+e,. K(*.a-$+e, &a$+e,aa' $e*,a+-(*",-$+e'a, #(%%e" &--,a +(.",a:

A. Kertakorvaukset metsatalousmaalla

1.K(*.a-+)/+/.0+,0 $0/,,1("$e-de' +-)"+,a&"+e+,a (&aa)(!#a+,a) _____e-*(a

2.K(*.a-+ ,a"&"$(' &e'e,/$+e+,0 _____e-*(a

3.K(*.a-+)--+,(' (d(,-+a*.(%"+0+,0 _____e-*(a

4.K(*.a-+ ,/1' /!,e/de++0 $aade,-+,a)--+,(+,a _____e-*(a

B. Kertakorvaukset peltoalueilla

K(*.a-+)/%.0+)a"$("+,a #a &e*$$")aa%-"+,a #(!,-.a+,a)/+/.0+,0 $0/,,1("$e-de' +-)"+,a&"+e+,a _____e-*(a

C. Kertakorvaukset erityistapauksista

_____e-*(a

_____e-*(a

_____e-*(a

Kertakorvauksena kohdista A, B ja C yhteensa _____euroa

K(!,"e' A, 8#a C &-$a"+e, $(*.a-$+e, &a$+e,aa' /!de' (1) $--$a-de' $-%-e++a *a$e''-+,1"de' a%(",,a&"+e+,a.

Joonis 65. Liinikoridori kasutusõiguse leping, lehekülg 2(Energiateollisuus).

D. Korvaus puustosta
Mik+ i $((&'# 2 -:'' $e%(&'ee a j++ j#hd#''#!i&'aja e, k#%)a'aa'' &e k+*)+'' hi''''a'' !(kaa''. P((&'#k#%)a(& !ak&e'aa'' *hde'' (1) k((ka(de'' k((e&&a &ii'+, k(" $((''a)a%a #'' !i'a''a)i&&a.

E. Tilap isluonteiset vahingot
Rake''''(&aika''a &ek+ k(''''#&&a$i'#- ja k+*'','#i!e''$i'eide'' *h'e*de&&+ aihe('()ie'')ahi''k#je'' k#%)aa!i&e&'a &#)i'aa'' j#hd#''#!i&'aja'' ja !aa''#!i&'aja'' ke&ke'' k(&&aki'' 'a$a(k&e&&a e%ik&ee''. Vahi''g#''k#%)a(& !ak&e'aa'' *hde'' (1) k((ka(de'' k((e&&a k#%)a(k&e'' &#$i!i&e&'a.

F. Menettely erityistapauksissa
Mik+ i 'e e- ja &+hk,j#h'#&#$i!(k&e'' !(kai&e' &(#&i'(k&e' k#%)a(&'e'' *k&ikk,hi''''#i&'a !((''()a' &#$i!(&- ja !ak&(he'ke'')+ i +, !((''e'aa'' k#%)a(& !ak&(he'ke'' &(#&i'(k&e'' !(kai&ek&i.

Mik+ i k#%)a(&'a ei &(#%i'e'a !++%+aja&&a, !ak&aa j#hd#''#!i&'aja * i!e''e)+ '+ aja 'a k#%k# ai'' !(kai&e'')ii)+&'*&k#%#''.

5 !

Maa''#!i&'aja)#i #!a a k(&'a''''(k&e aa'' &ii%%+''++ j#hd#''/%ake'''ee' j#hd#''#!i&'aja'' h*)+k&*!++'' ((''ee'' $aikkaa''. Sii%%#'' &(#%i''aa j#hd#''#!i&'aja.

6 !

L(#)(''ae&&aa'' #!i&'(&- 'ai ''a('i'''a#ike('e''&a ede ee'' &i'#('((!aa''#!i&'aja i !#i''a!aa'' ((de e #!i&'aja e 'ai ''a('i'''a#ike(de'' ha 'ija e '+h+'' &#$i!(k&ee'' $e%(&'()a' j#hd#''#!i&'aja'' #ike(de' &ek+ !e%ki'*''+!++'' ''e (#)('(&ki%jaa'' 'ai)(#k%a&#$i!(k&ee''.

T+!+ &#$i!(& ja !ak&e'(' k#%)a(k&e' &i'#)a' kii'''ei&','' !*,he!$++ #!i&'ajaa 'ai ha 'ijaa.

7 !

J#hd#''#!i&'aja a #'' #ike(& (#)(''aa '#i&e e j#hd#''#!i&'aja e $*)+ide'' k+*'',#ike(&. L(#)('(k&e&'a ei &(#%i'e'a e%ik&ee'' k#%)a(&'a !aa''#!i&'aja e. Maa''#!i&'aja e '(ee !ahd# i&((k&ie'' !(kaa'' i !#i''aa k+*'',#ike(de'' ha 'ija'' ''i!i ja #&#i'e &ek+ k+*'',#ike(de'')#i!a&&a# #aika. T+ ,i'' k+*'',#ike(de'' &aa''ee a j#hd#''#!i&'aja a #'' #ike(& iikk(a !aa''#!i&'aja'' !aa a %ake''''(&- ja k(''''#&&a$i'#',i'+ &(#%i''ae&&aa''.

8 !

T+!+ &#$i!(& '(ee)#i!aa'' he'i, k(''&e #'' a eki%j#i'e''(ja &e #'')#i!a&&a &iihe'' &aakka, k(''''e&)e%k#'' %ake'''ee' $#i&'e'aa''.

K(")e%k#'' %ake'''ee' #'' $#i&'e''(, j#hd#''#!i&'aja &aa''aa j#h'#a (ee'' e'''i&ee'' k+*'','a$aa'' &#)e '()aa'' k(''''##''. I !#i'(& j#hd#'' $#i&'a!i&e&'a '#i!i'e'aa'' !aa''#!i&'aja e ja)(#k%a!iehe e.

9 !

T+!+ &#$i!(& %a(keaa, e ei %ake''''(&',i'+ # e a #i'e''('ai k#%)a(&'a !ak&e''(*hde'' (1))(#de'' k((e&&a &ii'+, k(" &#$i!(& #'' &# !i''(. Mik+ i %ake''''(&',ide'' a #i''a!i''e'')ii)+&'** j#&'aki'' e%i'*i&e&'+, j#hd#''#!i&'aja&'a %ii$$(!a''#!a&'a &**&'+,)#i j#hd#''#!i&'aja $ide'''++ &#$i!(k&e'')#i!a&&a# #aikaa e''i'''++'' *hde + (1))(#de a i !#i''a!a a '+&'+ h*)i&&+ aj#i'' !aa''#!i&'aja e.

10 !

S#$i!(&'a #'' 'eh'* kak&i &a!a''&a''ai&'a ka$$a e''a, *k&i k(!!a eki'' #&a$(# e e.

Joonis 66. Liinikoridori kasutusõiguse leping, lehekülg 3(Energiateollisuus).

Edell olevan sopimuksen ja laskelman hyv ksymme:

_____ p iv n _____kuuta 20

MAANOMISTAJA JOHDONOMISTAJA VUOKRAMIES

_____ _____

Todistavat:

_____

Liitteena: Korvauslaskelma
Karttaliite
Maatalousmaan ojitussuunnitelma
Tilakohtainen mets suunnitelma
Muu

(tarpeeton yliviivataan)

Joonis 67. Liinikoridori kasutusõiguse leping, lehekülg 4(Energiateollisuus).

6.4. Tööaegsete kahjude kompenseerimine

Ehitaja on kohustatud hindama tööaegseid kahjusid kohe pärast töö lõpetamist ja hüvitama tekkinud kahjud.

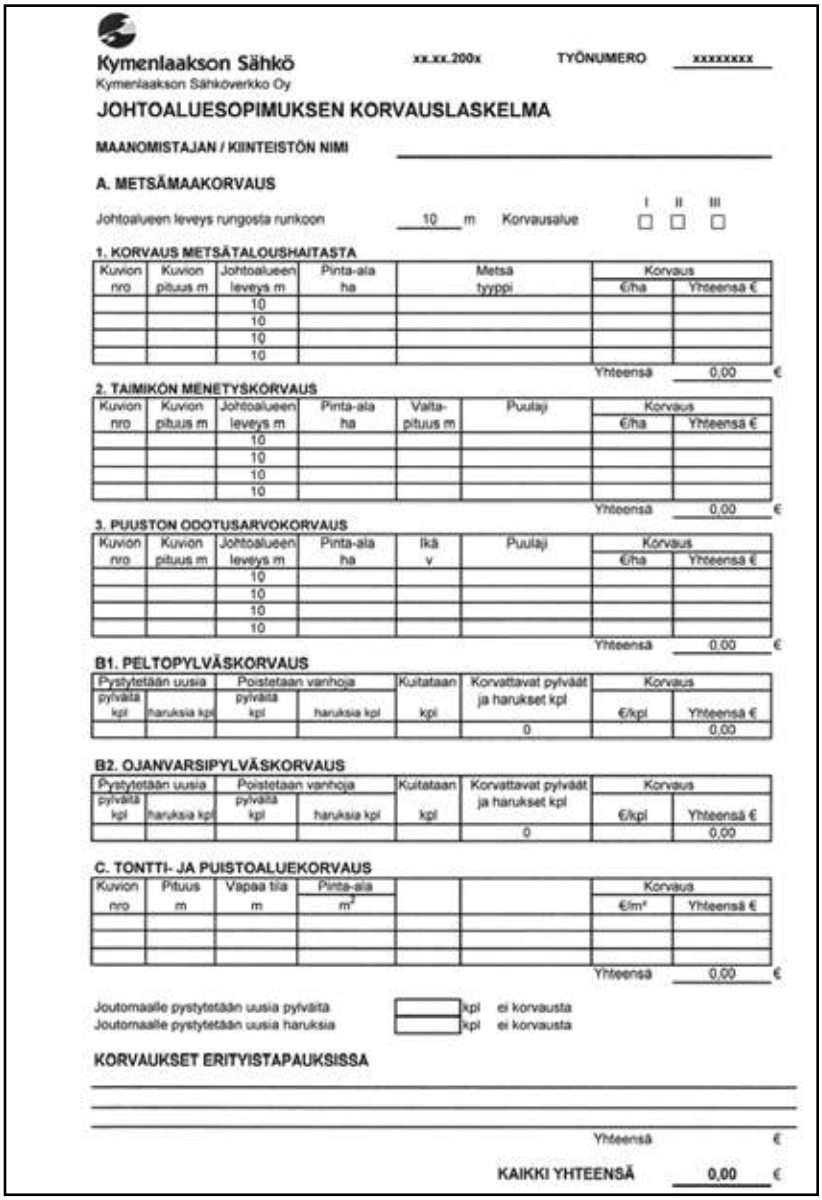
Elektrivõrgu ehitamine põhjustab vahel keskkonna ja seadmete kahjustusi. Enamasti on tegemist piirete, puude ja põõsaste kahjustamisega. Samuti võivad kahjustuda teed ja sillad ja põllumaa, millel rasked töömasinad liiguvad.

Tööaegsete kahjude ennetamisele tuleb varem nõutust enam tähelepanu pöörata, et tagada kahjude miinimumi viimine ning maaomanike positiivsem suhtumine toimingutesse. Eelnevalt planeeritud sõidu- ja liikumisteed vähendavad kahjustusi.

Kahjude kompenseerimiseks kasutatakse tavaliselt järgmisi toimimisviise:

1. Üheskoos maaomanikuga tõdetud kahjud kõrvaldatakse. See on võimalik vähemalt piirete, sildade ja teede osas. Remonditöid tuleb töö nõuetekohase kvaliteedi tagamiseks teha koos maaomanikuga.
2. Tekitatud kahju hüvitatakse rahas. Nii tuleb toimida puude, vilja- vms põldude ning tarbeaia ja õueala osas. Kahjude hindamise võib teha ülesandeks ka sõltumatule eksperdile või kasutada väljaandes „Korvaussuositukset kiinteistövahingoissa" (nr 78) toodud soovituslike tabelite hinnakirju.

Joonis 68. Näide arvutipõhisest maakasutuse hüvitamisarvutusest (Kymenlaakson Sähkö).



Kymenlaakson Sähkö
Kymenlaakson Sähköverkko Oy

xx.xx.200x TYÖNUMERO xxxxxxxx

JOHTOALUESOPIMUKSEN KORVAUSLASKELMA

MAANOMISTAJAN / KIINTEISTÖN NIMI

A. METSÄMAAKORVAUS

Johtoalueen leveys rungosta runkoon 10 m Korvausalue I ☐ II ☐ III ☐

1. KORVAUS METSÄTALOUSHAITASTA

Kuvion nro	Kuvion pituus m	Johtoalueen leveys m	Pinta-ala ha	Metsä tyyppi	Korvaus €/ha	Korvaus Yhteensä €
		10				
		10				
		10				
		10				
					Yhteensä	0,00 €

2. TAIMIKON MENETYSKORVAUS

Kuvion nro	Kuvion pituus m	Johtoalueen leveys m	Pinta-ala ha	Valta-pituus m	Puulaji	Korvaus €/ha	Korvaus Yhteensä €
		10					
		10					
		10					
		10					
						Yhteensä	0,00 €

3. PUUSTON ODOTUSARVOKORVAUS

Kuvion nro	Kuvion pituus m	Johtoalueen leveys m	Pinta-ala ha	Ikä v	Puulaji	Korvaus €/ha	Korvaus Yhteensä €
		10					
		10					
		10					
		10					
						Yhteensä	0,00 €

B1. PELTOPYLVÄSKORVAUS

Pystytetään uusia pylväitä kpl	Pystytetään uusia haruksia kpl	Poistetaan vanhoja pylväitä kpl	Poistetaan vanhoja haruksia kpl	Kuitataan kpl	Korvattavat pylväät ja harukset kpl	Korvaus €/kpl	Korvaus Yhteensä €
					0		0,00

B2. OJANVARSIPYLVÄSKORVAUS

Pystytetään uusia pylväitä kpl	Pystytetään uusia haruksia kpl	Poistetaan vanhoja pylväitä kpl	Poistetaan vanhoja haruksia kpl	Kuitataan kpl	Korvattavat pylväät ja harukset kpl	Korvaus €/kpl	Korvaus Yhteensä €
					0		0,00

C. TONTTI- JA PUISTOALUEKORVAUS

Kuvion nro	Pituus m	Vapaa tila m	Pinta-ala m²			Korvaus €/m²	Korvaus Yhteensä €
						Yhteensä	0,00 €

Joutomaalle pystytetään uusia pylväitä ☐ kpl ei korvausta
Joutomaalle pystytetään uusia haruksia ☐ kpl ei korvausta

KORVAUKSET ERITYISTAPAUKSISSA

Yhteensä €

KAIKKI YHTEENSÄ 0,00 €

7. LIINI MAASTIKUPLANEERIMISTÖÖD

7.1. Üldist

Kui elektrotehnilise projekteerimise tulemusel on valminud asendiplaan või liinitrass on muul viisil asendiplaanide alusel valitud, teostatakse trassil vajalikud uuringud, mõõtmised ja tähistused.
Liinitrassi maastikuplaneerimine jaguneb järgmistesse etappidesse:

- uuringute või ehitusloa hankimine
- võimalike liikumisteede ja ladustamiskohtade kooskõlastamine
- liinikoridori trassi määramine ja mõõtmised
- liinikoridori kaardistamine
- loodimine, pikiprofiili mõõtmine
- masti- ja tõmmitsakohtade märgistamine

Elektriettevõtte võrguehitusorganisatsioonist olenevalt viiakse eespool kirjeldatud tööetapid maastikuplaneerimises läbi kas kombineeritult või mõne etapi üldse kõrvale jättes.

Madalpingeliinidel piirdutakse enamasti kitsama maastikuplaneerimisega: load, trassi vedamine, mõõtmine, nurkade mõõtmine, tõmmitsa- ja mastide asukohtade märgistamine.

Üle 20 kV kõrgepingeliinide puhul kasutatakse põhjalikumat maastikuplaneerimist.

Kaasajal annab maastikuplaneerimine tulemuseks asendiplaani ja tarvikute loetelu ehitustööde või võrgu rajamistööde tarvis. Maastikuplaneerija sõlmib reeglina kõik maakasutuslepingud ja arvutab võimalikud maakasutushüvitised, millest oli juttu 6. punktis Liinikoridori maakasutusleping.

7.2. Liinitrassi määratlemine

Luba uuringute teostamiseks
Luba uuringute teostamises tuleb saada kõikidelt neilt maaomanikelt, kelle maa peal liini rajamisel peab töötama. Nimetatud luba uuringute teostamiseks hangitakse tavaliselt otse kõnealuselt maaomanikult, luba tuleks küsida kirjalikult valmistrükitud blanketile või suuline luba kahe tunnistaja juuresolekul. Loa uuringute teostamiseks võib hankida ka läänivalitsusest, siis tuleb maaomanikku sellest teavitada. Viimatinimetatud viisi on mõeldav kasutada ainult siis, kui liintrassil on palju maaomanikke ning kõikidel suulise või kirjaliku loa saamises ei saa kindel olla.

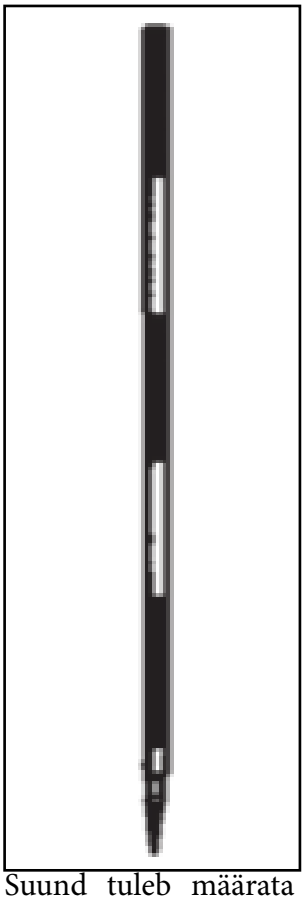
Loa hankimismenetluse käigus on sobiv aeg teavitada maaomanikke piisava põhjalikkusega kavandatud liinist, makstavatest hüvitistest jms, sest tihti on maaomanike negatiivne suhtumine nende maadel vajalike uuringute teostamisse tingitud eeskätt infovaegusest. Maastikuplaneerija peab olema hea suhtlemisoskusega inimene, kes peab maaomanikega ühise keele leidma.

Kui maaomanikud on kavandatud liiniehitustöödest piisavalt teavet saanud, saab liinikoridori ka tulevaste mõõtmiste või kaardistamise tarvis piisavalt avatuks kujundada.

Eriluba on vaja oludes, kus õhuliini trass veetakse maanteealale, raudteealale vms erikasutuses olevale alale.

Trassi projekteerimisel tuleb alati seada eesmärgiks tekkivate kahjude miinimumi viimine, vältides nt mittevajalike trasside määratlemist ja nt metsa mittevajalikku hõivamist trassi projekteerimisse.

Trassi tähistamiseks kasutatakse spetsiaalselt selleks ettenähtud metallist vardaid. Trassi tähistusvaiade sobiv pikkus on 1,5...2 m.



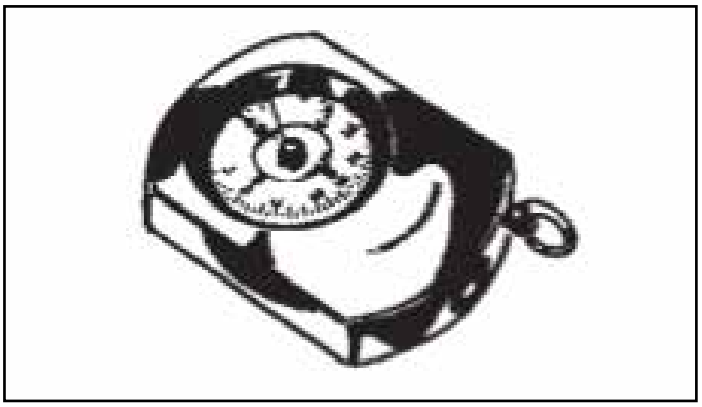
Joonis 69. Metallist trassi tähistusvarras.

Küngastel, nurkades jt sobivates kohtades kasutatakse vajadusel pikemaid vardaid. Trassitähistuse varraste nähtavust parendab ka ülemisse otsa kinnitatud papi- või pabeririba.

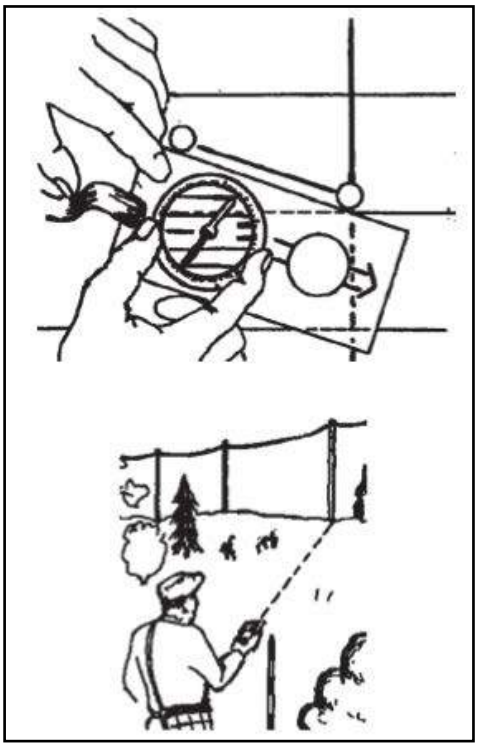
Kui tegemist on ebaühtlase maastikuga, millest on kaardi põhjal raske piisavalt selget joonist saada, tuleb kavandatud liinitrass enne trassi lõplikku määratlemist vajalikes lõikudes manuaalse täppiskompassiga üle mõõta. Sellisel viisil on võimalik veenduda, et trassi võib kavandatud kohal märkida. Kui trass märgitakse maastikule ilma eelnevate uuringuteta, võib juhtuda, et kavandatud trassi ei saa mingil põhjusel järgida ning sellega põhjustatakse maaomanikule asjatuid kahjusid.

Langetatud puude, lõhutud piirete jms kahjude kohta peetakse hoolikalt arvet, kuna need andmed on hiljem makstavate hüvitiste aluseks. Peale maastiku uurimist võib alustada trassi mahamärkimist. Plaani ja täppiskompassi abil määratakse algus- ja lõpp-punkti alusel trassi suund.

Joonis 70. Täppiskompass, millega määrata trassi lähtesuund.



Suund tuleb määrata võimalikult täpselt, sest mida pikem on maastikku märgitav trassilõik, seda suurem on veavõimalus liinilõigu lõpp-punktis. Valesti määratud lähtesuunast põhjustatud 1° kõrvalekalle põhjustab kilomeetri kaugusel lähtepunktist 17,5 m kõrvalekalde.
Piirkondades, kus magnetiline hälve on teadaolevalt suur, tuleb seda suuna määramisel arvestada.
Magnetiline hälve ehk deklinatsioon põhjustab Soome kompassinäitudesse positiivse vea. Deklinatsioon kasvab riigi lääneosades umbes 7' aastas, kuid jääb riigi idaosades peaaegu muutumatuks. Deklinatsiooni suurus märgitakse igas piirkonnas geoalustele. Kaardisuund = kompassi suund + deklinatsioon.

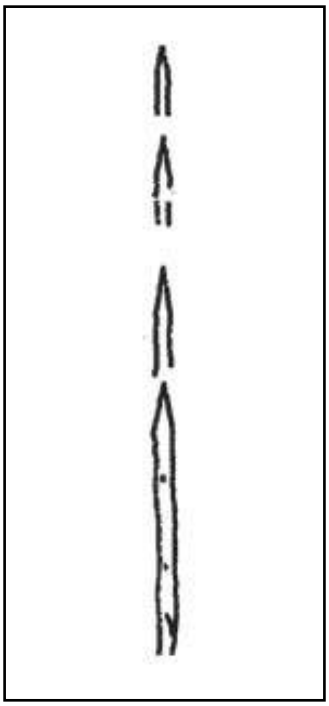


Joonis 71. Suuna määramine asendiplaani alusel.

Liikuma hakates määratakse suund kolme või nelja vaiaga, mis paigutatakse üksteisest u 30-50 meetri kaugusele. Esimene vai on põhivai ja teisi nihutatakse vastavalt vajadusele, kuni saadud suund on õige. Töö ajal tuleb suunda plaani ja maastikul näha olevate pidepunktide abil kontrollida. Kui leitakse viga ja see on nii suur, et see võib ootuspäraselt põhjustada raskusi trassitööde hilisemas etapis, tuleb viga korrigeerida alates teisest vaiast või teha väike nurk vea korrigeerimiseks. Viimati nimetatud lahendust on soovitatav kasutada ainult eriolukordades.

Trassi mahamärkimise õnnestumiseks tuleb arvestada ka valgustustingimusi. Trassi mahamärkimisel kiputakse pöörduma valguse suunas, see on tingitud asjaolust, et päikesepaistes langeb päikesevalgus vaia ühele küljele, teine pool jääb varju ja on halvasti nähtav. Suuna määramine toimub sellises olukorras vaia nähtaval oleva külje alusel, trassi suund liigub valguse poole ning tagajärjeks on kaarjalt kulgev joon. Järelkontroll ja korrigeerimine ei ole sageli vea kõrvaldamiseks piisavad, sest see on sihi seadmise kauguselt vaadeldes nii väike, et seda on võimatu märgata. Viga ilmneb alles valmis

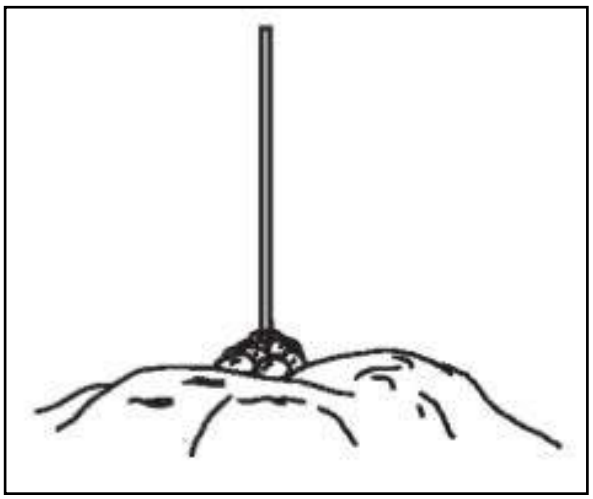
maste kontrollides, siis on vaatluskaugus tunduvalt suurem kui trassi mahamärkimise vaiade paigaldamise ajal.



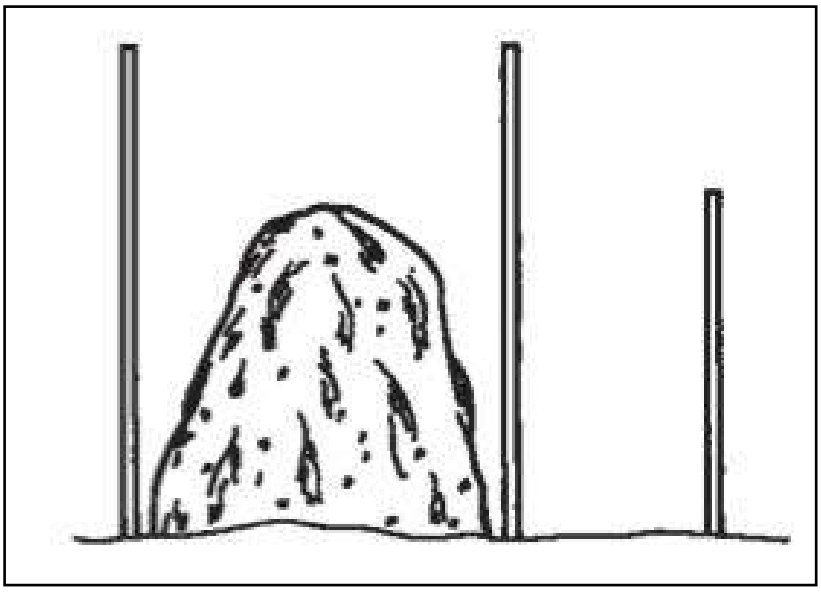
Joonis 72. Põhivai ja trassi tähistamine.

Vigu võivad tekitada ka vaiade nihkumine tuule või muu teguri mõjul. Seetõttu tuleb vaiad tugevasti maasse suruda. Trassi mahamärkimise brigaadi töövahendite hulka kuulub kerge raudkang, mille abil saab vaiad tugevasti maasse lüüa. Kaljumassiivil paigutatakse vaiad õigetele kohtadele kas abivaiade või kivide abil. Trassi mahamärkijal on tavaliselt juba teatav ettekujutus trassist olemas, sest ta on eelnevalt maastikku uurinud. Vahel saab trassi mahamärkimise käigus määrata ka esmased mastide asukohad, kuigi enamasti määratakse mastide asukohad alles nivelleerimise tulemusel saadud pikiprofiili alusel.

Joonis 73. Trassi tähistusvai kaljul.



Esimene trassi mahamärkimine on tavaliselt ka lõplik. Seetõttu on oluline, et töö tehakse algusest peale oskuslikult ja hoolikalt. Ainult kogenud märkija suudab pikad ja kaardil sirged liinilõigud ka maastikus sirgelt maha märkida. Kui on otsustatud, et liin ehitatakse mahamärgitud trassi pidi, tuleb märgitud trassi veel enne ehitustööde alustamist vajalikes lõikudes korrigeerida. Vajadusel võib teha korrigeerivaid nurki või nurgamastide arvu vähendamiseks hoopis lähestikku paiknevaid nurki ühendada. Kui liini mingil põhjusel ei ehitata mahamärgitud trassile, tuleb maaomanikule tekitatud kahjud viivitamatult kompenseerida.



Joonis 74. Nägemistakistuse ületamine trassi mahamärkimisel.

Suurepärane abivahend trassi mahamärkimiseks on binokkel, selle abil on vaadeldav vahemaa oluliselt pikem.

Kui trassi mahamärkimisel peab liikuma üle nägemistakistuse, tuleb kasutada mitut abivaia ja trass tuleb maha märkida väga hoolikalt, sest neis kohtades tehtud vigu on hiljem väga keeruline korrigeerida. Nägemistakistusest möödumisel on heaks abivahendiks ka kõrvale märgitud abitrass.

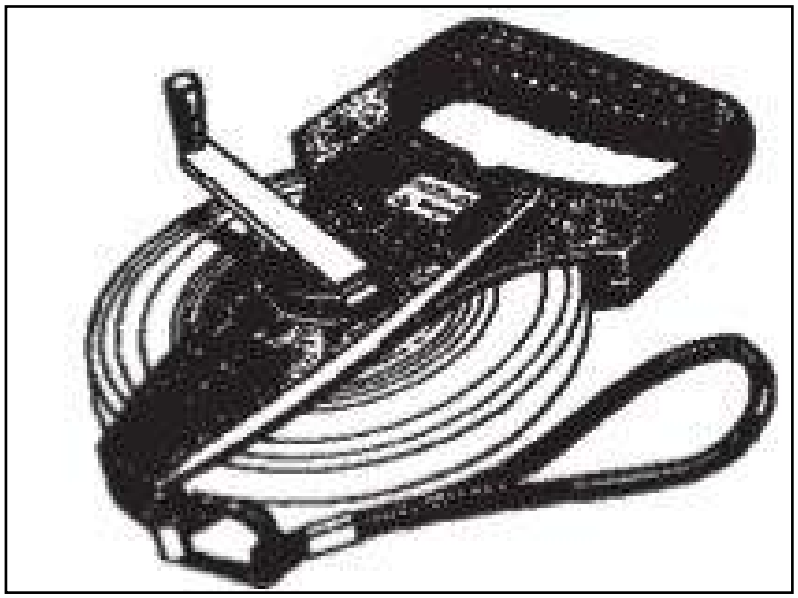
Trassi mahamärkimisel märgitakse liinikoridori jäävad piirid hästimärgatavate värviliste lintidega. Tähistused hõlbustavad kaardistajate tööd liinikoridori maaomandiküsimuste selgitamisel. Tähistuslintidena kasutatakse looduses lagunevast materjalist tähistuslinte.

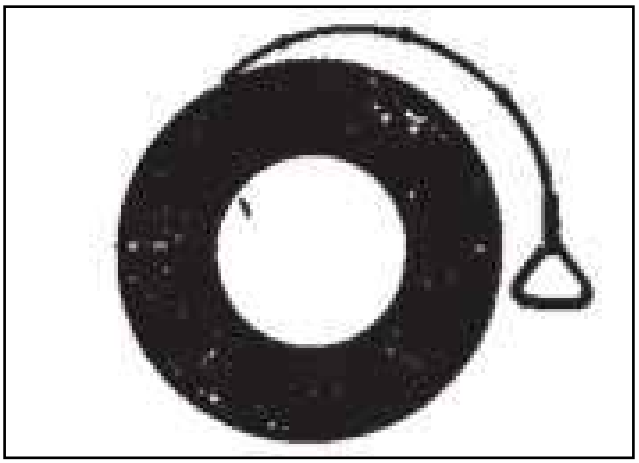
Joonis 75. Piiri tähistamine liinikoridoris.

7.3. Pikkuse mõõtmine

Mõõtmist teostatakse mõõdulindi, mõõtmisköie või GPS-seadmega. Mõõtmine toimub 1 m täpsusega.

Joonis 76. Plastist cm-jaotusega mõõdulint..



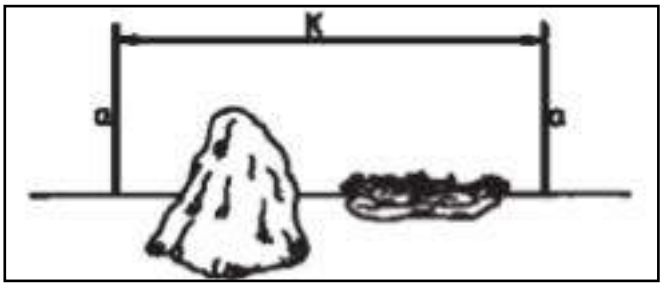


Joonis 77. Mõõtmisköis, mille esimene meeter on jagatud detsimeetriteks, keskel on poole köie pikkust tähistav märk ning täismeetrite tähised.

Mahamärgitava trassi joonel võib vahel olla mõõtmist takistav rändrahn, kivi, laugas vms objekt, mille tõttu tuleb trassi suuna hoidmiseks ja vahemaa väljamõõtmiseks toimida näiteks järgmisel viisil.

Trass märgitakse mõnest sellisest trassist kõrgemal olevast punktist, kust tekib nähtavus üle takistuse. Pikkusmõõtmine võib seejärel toimuda samasuunalisena joonisel 75 kujutatud viisil.

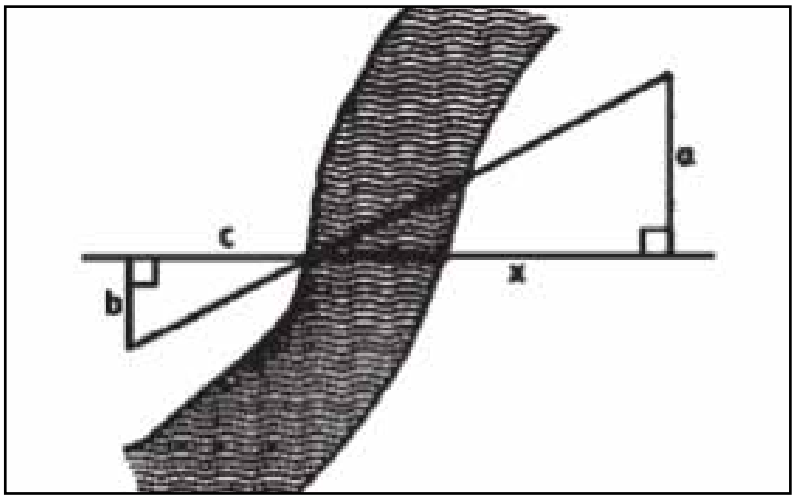
Joonis 78. Pikkuse mõõtmine üle takistuse.



Kui trass ületab veekogu, on suunda kerge määrata, kuid ületuskoha pikkuse mõõtmine on seevastu keerulisem. Pikkust võib mõõta näiteks joonisel 78 kujutatud viisil. Trassi suhtes täisnurga all mõõdetakse kaugused a ja b ning vahemaa trassi suunas c. Täisnurga trassi suhtes saab sujuvalt prisma abil. Pikkus x saadakse valemist:

$$x = \frac{a \cdot c}{b}$$

Joonis 79. Pikkuse mõõtmine üle veekogu.

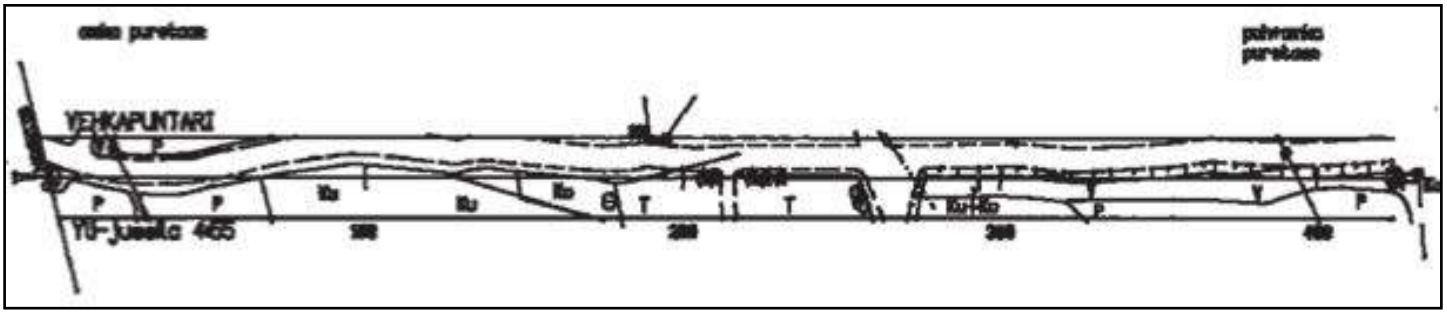


Pikkust saab mõõta ka nivelliiri abil. Praegu on enamikus nivelliirides lihtsad kaugusjooned. Tavaliselt vastab lati 1 cm joonevahele seadme ja lati vahekaugus 1 m, st nivelliiri vahekaugus latist meetrites on sama kui lati kaugusjoonte vahele jääv osa sentimeetrites. Selle meetodi abil saavutatakse 0,5… 1 meetrine täpsus kuni 400 m pikkustel vahemaadel. Elektroonilise tahhümeetriga võib mõõtmisel suurim vahekaugus olla peaaegu kaks kilometrit, kui kasutatakse väikeprismat. Praegu saab pikkusmõõtmisi teha hõlpsasti ka GPS-seadmete abil.

7.4. Liinikoridori kaardistamine

Suuremate pingete puhul ja vahel ka 20 kV puhul tuleb koostada liinikoridori asendiplaan . Pikkade visangupikkuste kasutamisel peab tundma kõiki liinikoridori jäävaid takistusi, mille alusel saab mastide vahekaugused peale nivelleerimist võimalikult täpselt määrata.

Joonis 80. Liinikoridorisirgestatud asendiplaan.



Kaardistamine toimub enamasti siis, kui liinitrass on tervenisti maha märgitud. Liinikoridori detailne kaardistamine on sageli vajalik ka siis, kui kasutada on valmis alusmaterjal. Liinikoridori sirgestatud asendiplaanile kantakse kõik ehitamisel vajalikud andmed u 10 meetrit mõlemal pool keskjoont, näiteks trassile jäävad hooned, kraavid, veekogud, olulised maastikuobjektid (nt kivid või lohud), ristuvad liinid, teed, rajad, põllud, metsad, sood jne.

Sirgestatud asendiplaanile märgitakse ka sellised objektid, mis hõlbustavad konstruktsioonide projekteerimist ning transpordi ja ehitustööde korraldamist. Kaardistamise käigus antakse hinnang olemasoleva metsa vanusele, tihedusele ja pinnasetüübile liinikoridori kasutusõiguse lepingusse kandmiseks. Selle ülevaate koostamise võib tellida ka kohalikult metsamajanduskeskuselt. Ka nende objektidega seotud tingmärkidele võib liinikoridori sirgestatud asendiplaanil ruumi jätta. Asendiplaanile kantakse maaomaniku ja tema maavalduse nimi ning maakatastri number. Juhtmeala sirgestatud plaan koostatakse enamasti mõõtkavas 1:2000 või 1:1000.

Kaasajal joonestatakse kaart elektrooniliselt liinikoridori mõõtmiste (nivelleerimise) andmete ja kaardistamise ajal koostatud eskiisi abil.

Liinikoridori kaardistamisel võib kasutada ka GPS-seadet. Selle abil saab satelliidiühenduste abil märkida kaardile täpsed asukohad ja määratleda ka kõrguste vahed. Seadmest saadud andmed salvestatakse sellisel kujul, et neid saab kanda üle ka liini projekteerimise programmi.

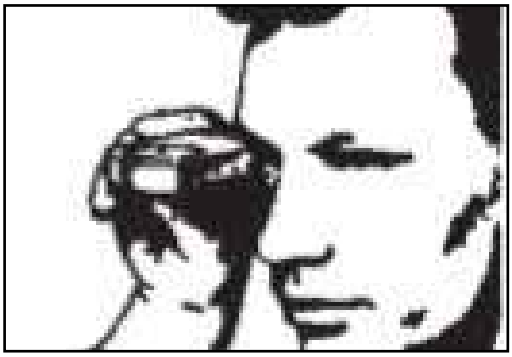
Joonis 81. Maastikuplaneerimiseks sobiv GPS-seade.

7.5. Nurkade mõõtmine

Rajatiste projekteerimiseks tuleb mõõta lõplikul liinitrassil paiknevate nurkade suurused. Mõõtmine toimub suhteliselt lihtsate vahenditega, sest väga täpseid mõõtmistulemusi ei nõuta. Tavaliselt piisab sellest, et nurgad on mõõdetud 2...3° täpsusega. Nurgad mõõdetakse kaardistamise käigus.
Täppiskompass (joonis 70) on osutunud mitmes mõttes praktiliseks nurgamõõtmisvahendiks ning see seade on kasutusel mitmetes elektrivõrguettevõtetes. Täppiskompassis on magnetiline nõel kinnitatud kergmetallist skaalale. Nõela kõikumise summutamiseks on korpus täidetud summutusvedelikuga. Korpuse servas on lugemisluup, mille abil loetakse skaala näit. Sama luubi vaatlusväljas on nähtav joon, mis toimib nii sihiku kui ka lugemi indeksina.

Täppiskompassi kasutatakse nt eri punktide vaheliste nurkade mõõtmiseks, siis suunatakse diopter magnetnõela liikumist arvestamata korda mööda iga punkti suunas. Iga suunamise kohta saadud lugem loetakse skaalalt ning lugemite vahe vastab punktide vahelisele nurgale.

Kompassi kasutamisel peab arvestama, et metalli lähedus häirib kompassi tööd.



Joonis 82. Täppiskompassi asukoht mõõtmisel.

Täppiskompassi kasutatakse järgmiselt:
Hoia mõlemad silmad lahti ja suuna kompass selliselt, et sihikujoon on suunatud läätse kaudu vaadates objektile.
Läätsel näha olev skaala annab kraadilugemi sihikul oleva objektini. Näidu lugemiseks võib kasutada paremat või vasakut silma, kuidas parem tundub. Kui mõlemad silmad on lahti, loob optiline häire pildi, et sihikujoon jätkub üle kompassi korpuse selle pealt objekti peale.

Täppiskompassiga mõõtmisel tuleb nurgatähelepanekud teha näidu lugemise vigade vältimiseks otse liinilõigu mõlemast otsast. Loetud suunad märgitakse liinikoridori kaardi ülemisse serva. Liinitrassi on siis kerge leida, kuigi trassi mahamärkimise kepid on ehitustööde viivitumise tõttu paigast nihkunud.

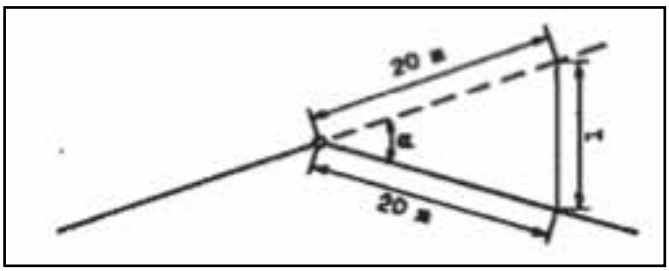
Joonis 83. Mõõtmine täppiskompassiga.

Kui kasutatakse täppiskompassi – nagu eespool öeldud – liinikoridori kaardistamist hõlbustava abivahendina, on nurkade suurust hõlbus arvutada nurkade vahelise suunavahe kaudu.

Nurkade määratlemine tahhümeetriga
Kui trassi mahamärkimise brigaadil on kasutad tahhümeeter, saab nurkasid mõõta mõõteseadme horisontaalse kraadidega varustatud skaala abil.
Tahhümeeter suunatakse trassi suundadele ning lugemite

vahe näitab nurga suurust.

Nurkade määramine pikkusemõõtmise abil
Nurki saab mõõta ka pikkusemõõtmise abil. Meetodit on kujutatud joonisel. Ka see meetod annab praktiliseks kasutuseks piisavalt väärtusi, kuid on tunduvalt töömahukam kui eelnevalt kirjeldatud meetod.



Joonis 84. Põhimõtteline skeem nurga määramisest pikkuse mõõtmise abil.

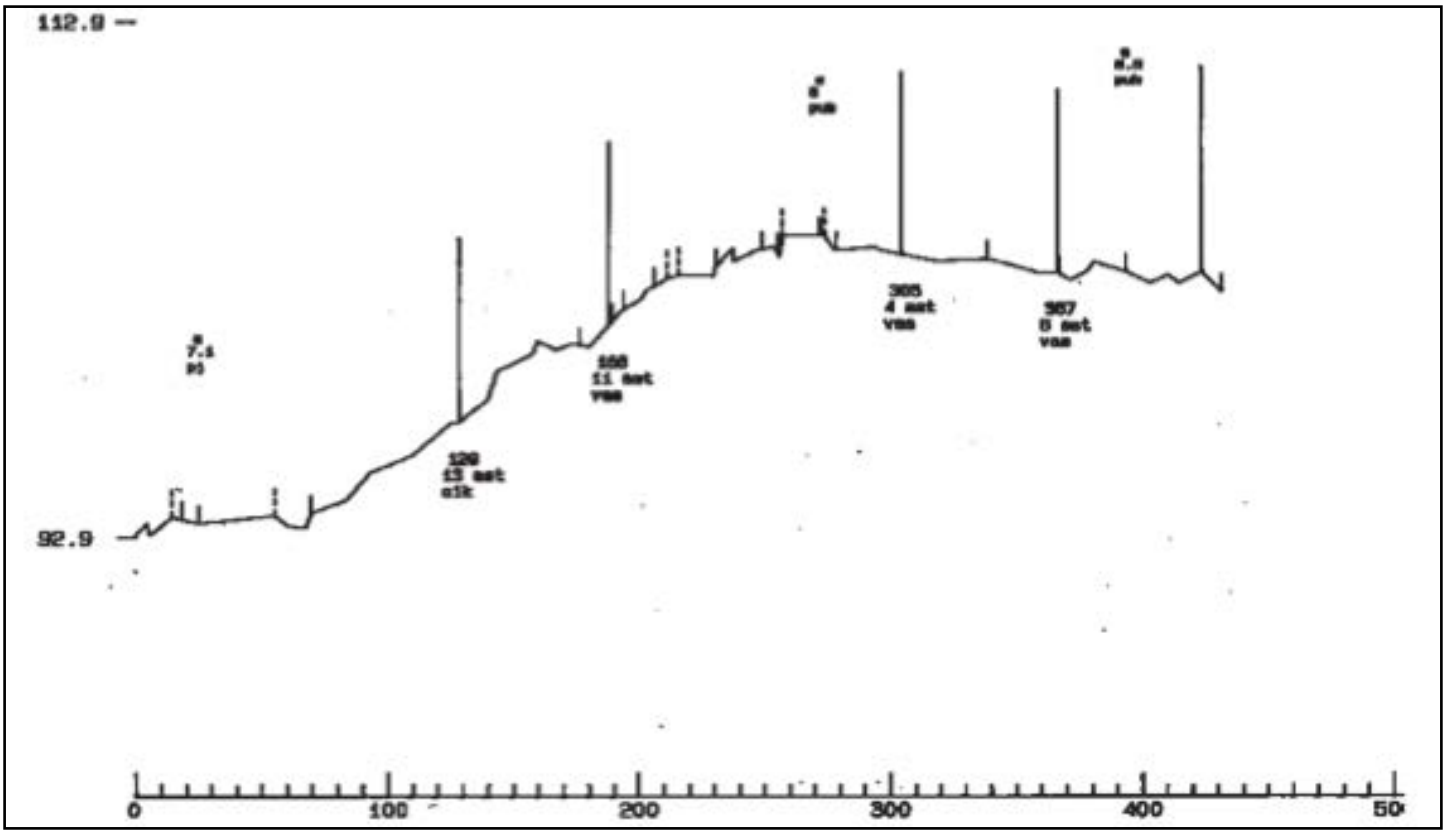
Nurga suurus ja suund kantakse nurgamasti tähisvaiale ning liinikoridori sirgestatud asendiplaanile. Plaan joonestatakse enamasti sirgelt, seega on nurgad näha vaid tähistelt. Näiteks V 20° tähendab, et liini suund muutub 20° võrra vasakule.

Tabel 19. Tabelist saab lugeda nurga suuruse, kui kolmnurga küljed on 20 m ja alus on e.

e/m	α / °	e/m	α / °	e/m	α / °
0,35	1	5,57	16	10,69	31
0,70	2	5,92	17	11,03	32
1,05	3	6,26	18	11,36	33
1,40	4	6,60	19	11,70	34
1,75	5	6,95	20	12,03	35
2,09	6	7,29	21	12,36	36
2,44	7	7,63	22	12,69	37
2,79	8	7,98	23	13,02	38
3,14	9	8,32	24	13,35	39
3,45	10	8,66	25	13,68	40
3,83	11	9,00	26	14,01	41
4,18	12	9,34	27	14,34	42
4,53	13	9,68	28	14,66	43
4,88	14	10,02	29	14,98	44
5,22	15	10,35	30	15,31	45

7.6. Pikiprofiili nivelleerimine

Liinikoridori kaardistamisele järgnev ülesanne on ala nivelleerimine pikiprofiilide joonestamiseks. Nivelleerimisega saavutatakse teatud eeliseid võrreldes visuaalse hindamisega, sest pikiprofiilide ja juhtme rippekõvera abil saab mastide asukohad ja pikkused väga täpselt määrata ning sellega saab vältida konstruktsioonide vale mõõdistamist ja mastide asukohtade valikul vigade tegemist.
Põhimõtteliselt võib öelda, et mida pikema visangupikkuse juhtme ja konstruktsiooni poolest võib teha, seda olulisem on nivelleerimine, sest selle alusel saab arvutada iga mastikonstruktsiooni mõjutavad jõud ja hoida ära traaversite "hüplemise" ebatasasel maastikul.



Joonis 85. Liinikoridori pikiprofiili leht.

Nivelleerimine on eriettevalmistust eeldav töö, mõned montöörid elektriettevõtte on omandanud vastava kvalifikatsiooni.

Nivelleerimisel kasutatakse järgmisi seadmeid:

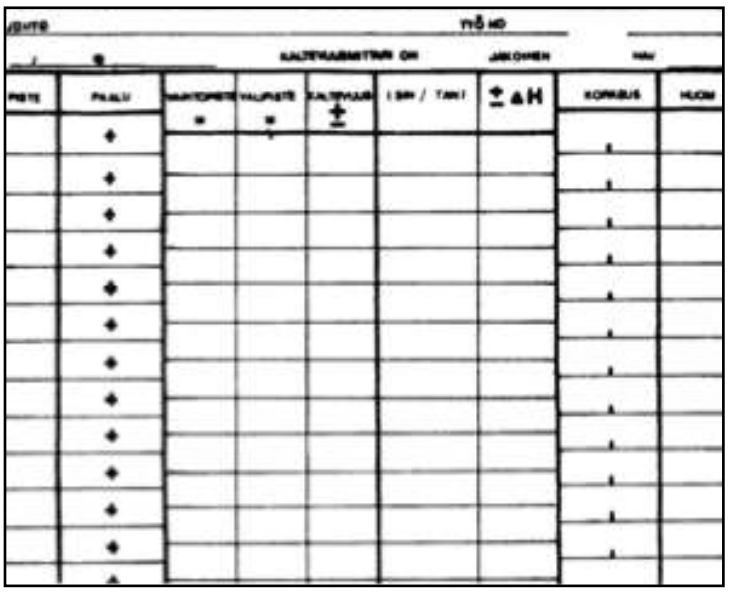
- tahhümeeter
- nivelliir
- kaldemõõdik
- GPS-seade

Nivelleerimist tehakse piki liini keskjoont. Nivelleerimisvahemik valitakse maastikuvormide alusel selliselt, et tasasel maastikul võib vahemaa olla tunduvalt pikem kui künklikul maastikul.

Nivelleerimine tahhümeetriga
Tahhümeeter on elektrooniline mõõteseade, mis saadab infrapunakiire teisaldatavasse prismasse ja mõõdab vahekauguse prismast ja prisma kõrgusnäitajad. Tahhümeeter paigutatakse mõõtepunkti, mis on tavaliselt liini lähtepunkt või nurgapunkt. Prisma nihutamiseks mõõdetakse piisav arv mõõtmispunkte liinitrassi keskjoonelt.
Mõõtmisandmed salvestatakse kaasajal tahhümeetriga ühendatud väliarvutisse, kust need kantakse elektroonilisel kujul edasi pikiprofiili joonestamiseks.

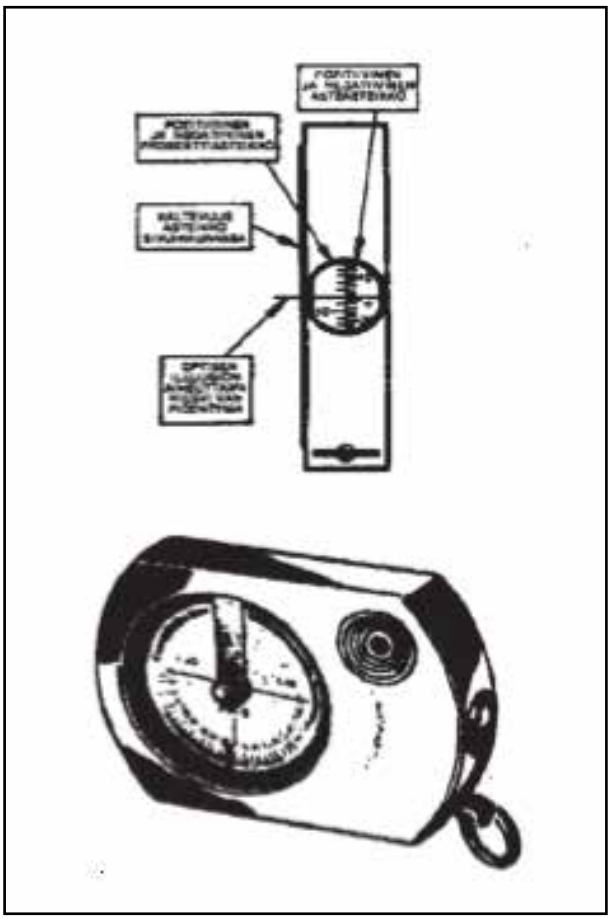
Joonis 86. Nivelleerimisel kasutatav tahhümeeter ja väliarvuti.

Nivelleerimine nivelliiriga
Nivelliir suunatakse teisaldatava lati mõõtejoonele ja märgitakse mõõdetud kõrgused üles. Nivelleerimisel tuleb pidada päevikut, kuhu kantakse nivelleerimisvahemiku ja kõrguste vahede andmed.



Joonis 87. Osa kaldemõõdikule ja nivelliirile sobivast nivelleerimisprotokollist.

Nivelleerimine kaldemõõdikuga
Seadmete maksumuse poolest kõige soodsam on kasutada nivelleerimisel kaldemõõdikut.



Joonis 88. Kaldemõõdik ja selle skaala kirjeldus.

Kaldemõõdikuid on astme-, uusastme- ja protsentjaotusega ning spetsiaalselt metsatöölistele mõeldud hüpsomeeter, mille kõrgus saadakse otse, lugedes näidu 15 m või 20 m skaalalt või nende kordajatelt, kui hüpsomeeter on mainitud vahemaade kaugusel mõõdetavast objektist. Nivelleerimiseks sobib kõige paremini protsendijaotusega kaldemõõdik, millelt saab kõrguse arvutuste teel, kuigi kõrguse nn. teisendustabel puudub. Järgnevalt vajalikud valemid protsentideks jaotatud kaldemõõdikuga nivelleerimiseks ja kõrguste arvutamiseks.

$$\text{Kõrgus (h)} = \frac{\text{kalle \%} \cdot \text{s}}{100}$$

$$\text{Kalle (\%)} = \frac{\text{h} \cdot 100}{\text{s}}$$

$$\text{Vahemaa (s)} = \frac{\text{h} \cdot 100}{\text{kalle \%}}$$

1 % kalle = 1 m kõrgusevahega saja meetri kohta.

Maastikul märgitakse kaldemõõdiku protokollis nivelleeritava punkti ja vaatluspunkti vaheline vahemaa ja sellele vastav kalle. Täpsuses ei jõuta sama täpsuseni nagu nivelliiri ja tahhümeetri kasutamisel.

Vaatluste tegemisel tuleb arvestada järgmisi asjaolusid:

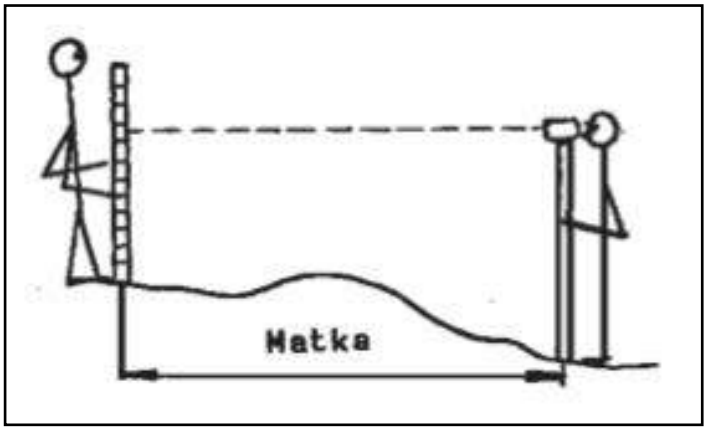
Kõige olulisem on, et vaatlus- ja sihtimispunkti vahekaugus maapinnast on sama. Seetõttu peavad mõlemas punktis olema sama pikkusega vaiad. Vaatluspunktis ja suunamispunktis tuleb kasutada vaia, mille ülemises otsas võiks olla värviline lint suunamise hõlbustamiseks.

Vaiade pikkus määratakse selliselt, et need on vaatluste teostaja silmade kõrgusel maapinnast.

Teine oluline seik on see, et vaatluspunkti ja sihtpunkti vaheline vahekaugus mõõdetakse horisontaal tasandis. Kui vahemaa mõõdetakse diagonaalis tulemuseks on viga nii vahemaas kui kõrguses .

Kolmanda seigana tuleb arvestada fakti, et vaatlusi teostav isik on liikumissuuna suhtes tagapool ja abistaja on eespool. Nii toimides saab kaldevaatluse esimese tähise õigesti protokolli kanda.

Joonis 89. Nivelleerimine kaldemõõdikuga.



Vaatluspunktist saab teha piiramatul arvul vaatlusi, kui abiline liigub.

Kaldemõõdikuga saab lisaks mõõta nt juhtmete vahekaugust maast puuni, et selgitada välja puu langetamiskõrgus vms kõrgusnäit.

Valmis juhtmete ja juhtide ning seda kaudu mastide kõrguse mõõtmiseks võib kasutada ka ultrahelimõõteseadmeid.

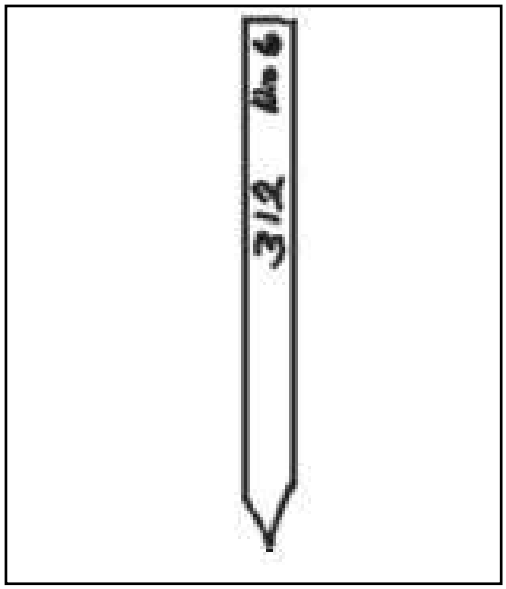
7.7. Masti- ja tõmmitsakohtade tähistamine

Madalpingeliinidel ja osaliselt ka 20 kV liinidel märgitakse masti- ja tõmmitsakohad maastikus trassi mahamärkimise ja mõõtmise käigus.

Nendel juhtudel, kus mastikohtade ja tõmmitsate määratlemine toimub maastikul tehtud mõõtmiste alusel, märgitakse need maastikule ettevalmistustöö käigus.

Mastikoha tähistamine:

Masti asukoht määratakse kasutatava liinikonstruktsiooni alusel. Kui kasutada on liinikaart, mõõdetakse masti asukoht välja maastikumärkide (kraavid, piirid, piiripostid, teed, ristuvad liinid, põllumaa ja metsa piirid) abil ning kasutades mõõtmise käigus paigaldatud vaiu. Kui liinikaarti ei ole, tuleb mastide asukohtade määratlemist alustada nurga- ja teistest kindlaks määratud kohtadest ning jagada muu liinilõik liini konstruktsioonist tuleneva visangu pikkuse alusel.
Masti asukohavai paigutatakse nurgas täpselt nurga tippu ja sirgel lõigul selle keskele.



Joonis 90. Masti- ja tõmmitsavai.

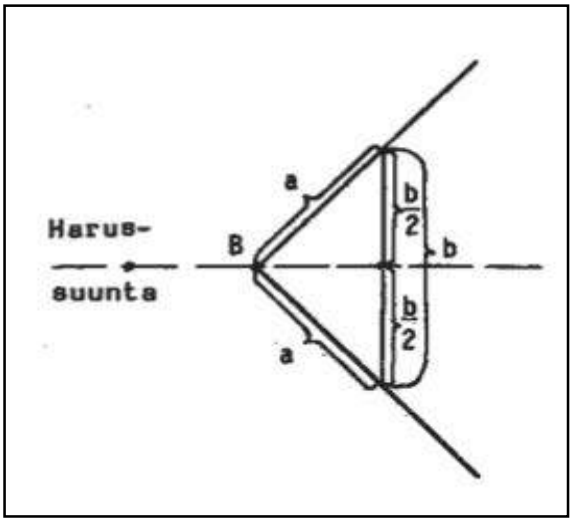
Masti asukohatähisena võib kasutada näiteks u 1 m pikkust ühest otsast teritatud puidust vaia, mis lüüakse tugevasti maasse.

Vaiale tuleb kanda vähemalt järgmised andmed: masti number, pikkus ja mastitüüp, nurgamasti puhul ka nurga suurus.

Tõmmitsa asukoha märkimine
Tõmmitsaankru asukoht määratakse nurga- ja hargnemismasti vahel. Erijuhtudel määratakse tõmmitsaankru asukoht asendiplaanil. Tavaliselt on kasutusel üldreegel, et hargnemismastis tuleb tõmmits vastu hargnevat liini ja nurgamastis nurga poolitajale.
Tõmmitsaankru kauguse mastist määravad ära nurga suurus, liini raskus ja tõmmitsa paigaldamiseks kasutada olev ruum. Sellega seoses tuleb tagada, et tõmmits paigutatakse õigesse suunda. Tõmmitsaankru kaugus mastist on enamasti antud asendiplaanil.

Tõmmitsa suuna määramine nurgamastiga peab alati põhinema mõõtmistulemustel. Mõõdulindiga saab teha mõõtmise liininurga poolitamiseks järgmiselt:

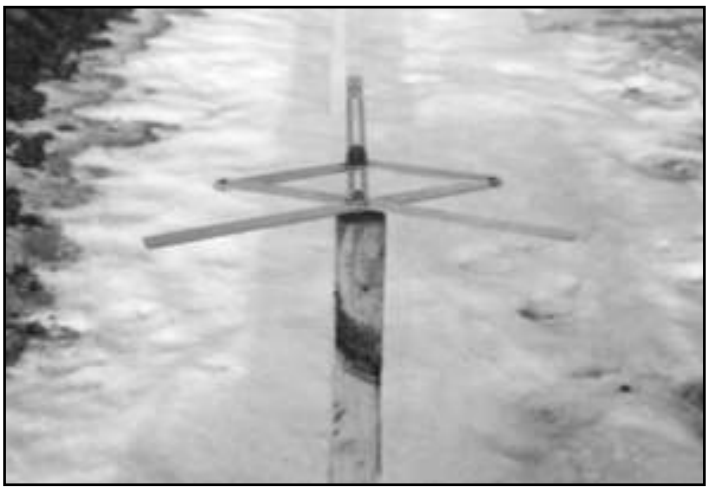
1. Esmalt mõõdetakse nurgamastist vahemaa kummaski liinisuunas ja tähistatakse vaiaga.
2. Seejärel mõõdetakse vaiade vahe sisenurga poolelt ja poolitatakse arvutuste teel ning paigutatakse poolitatud nurga kohale trassi mahamärkimise vai.
3. Välisnurga poolele paigutatakse trassi mahamärkimise vai samale joonele poolitava vaia ja nurgavaia vahele. Tõmmitsaankur tuleb paigutada sellele sirgele.



Joonis 91. Tõmmitsasuuna mõõtmise põhimõte.

Eespool toodud mõõtmist on hõlbus teostada kasutades joonisel kujutatud tõmmitsanurkade määratlemise seadet. Seade kinnitatakse nurgamasti kohal oleva vaia külge ning suunatakse liinisuundades, reguleerides seadme sihikuid, et seadmest saaks sihtmärgi suuna tõmmitsasuunale.

Tõmmitsaankru koht märgitakse puust vaiaga, mille märgitakse vähemalt järgmised andmed:
Tõmmits ja kasutatud ankur.



Joonis 92. Tõmmitsasuuna määramise seade.

Tõmmitsa suunda ei tohi kunagi määrata „mulle tundub" –põhimõtte järgi. Näiteks 20 kV õhuliini konstruktsioonid on kaasajal nii rasked, et ka minimaalne viga tõmmitsa suuna määramisel võib mingil hetkel masti ja selle konstruktsioonid viltu kallutada. Halvimal juhul võib see viga põhjustada traaversi väändumist ja rikkeid liini töös.

8. TÖÖPROJEKT

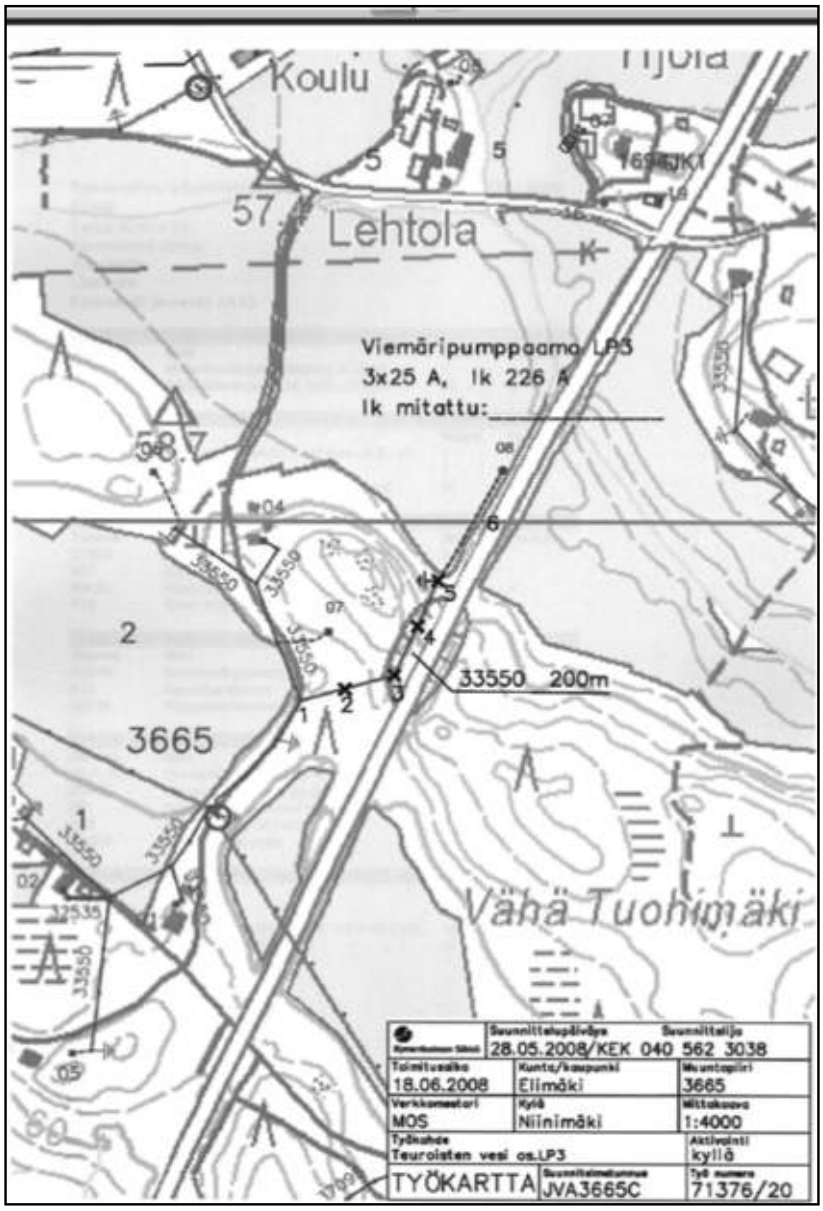
8.1. Üldist

Selles peatükis käsitletakse teatud õhuliini ehitustöö kulgu maastikuplaneerija koostatud asendiplaani töölõigupõhise konstruktsiooniloetelu ja tarvikute loetelu koostamiseni ja sealt edasi brigaadide tööülesannete koostamiseni.

Esitletud viis on võimaliku tegevusviisi näide, sest eri elektriettevõtjate vahel on suured erinevused. Paljudes ettevõtetes kasutatakse tarvikute loetelu koostamisel arvutiprogramme. Vajadusel saab loetelud koostada ka käsitsi.

8.2. Asendiplaan

Asendiplaan koostatakse liini maastikuplaneerimise käigus. Mastid, tõmmitsad, jaotuskilbid, jaotusalajaamad ja muud vastavad objektid märgitakse asendiplaanile tingmärgi kõrvale vastava töölõigu numbriga.
Asendiplaani koostamisel kasutatakse üldkasutatavaid tingmärke, mida on kirjeldatud eespool punktis 2. Asendiplaanid - tööjoonised.
Asendiplaan koostatakse näiteks X-power-süsteemi abil.



Joonis 93. Näidistöö asendiplaan (Kymenlaakson Sähkö).

8.3. Konstruktsioonide loetelu

Jaotusvõrgu ehitamiseks kasutatakse üldiselt HeadPower-standardkonstruktsioone. Töölõigupõhine konstruktsioonide loetelu tekib igasse töölõiku sobiva konstruktsiooni valimisega ja sisestades konstruktsiooni koodi standardsete konstruktsioonide andmebaasi.

Näidistöö konstruktsioonide loetelu:

Konstruktsioonide loetelu töölõikude kaupa NN
Teostaja NN
Projekti valmimisaeg
Töö valmimisaeg
Lisateave
Ekvivalentne visangu pikkus 48,82

Töölõik 1	(Nurk/konstruktsioon –visangu pikkus järgmiseni:44,00)		
Kood	**Nimi**	**Kogus**	**Ühik**
A42	Mutrikonksuga otsakonstruktsioon 50 mm2	1	
AM 35	Rippkeerdkaabel AL 3x35+50mm2	45	m
Töölõik 2	(Nurk/konstruktsioon –visangu pikkus järgmiseni:49,00)		
Kood	**Nimi**	**Kogus**	**Ühik**
210KR	Kreosoodiga immutatud puidust mast LK 2/10	1	
A11	Kandekonstruktsioon	1	
AM 35	Rippkeerdkaabel AL 3x35+50mm2	50	m
Töölõik 3	(Nurk/konstruktsioon –visangu pikkus järgmiseni:53,00)		
Kood	**Nimi**	**Kogus**	**Ühik**
210KR	Kreosoodiga immutatud puidust mast LK 2/10	2	
A21	Nurgakonstruktsioon	1	
AM 35	Rippkeerdkaabel AL 3x35+50mm2	55	m
P12	Kerge A-mast 1		
Töölõik 4	(Nurk/konstruktsioon –visangu pikkus järgmiseni: 48,00)		
Kood	**Nimi**	**Kogus**	**Ühik**
210KR	Kreosoodiga immutatud puidust mast LK 2/10	1	
A11	Kandekonstruktsioon	1	
AM 35	Rippkeerdkaabel AL 3x35+50mm2	50	m
Töölõik 5	(Nurk/konstruktsioon –visangu pikkus järgmiseni: -)		
Kood	**Nimi**	**Kogus**	**Ühik**
1531_025	Madalpingekaabli lõpumast AX 4x25	1	
210KR	Kreosoodiga immutatud puidust mast LK 2/10	1	
661	Tõmmitsa pinnaseankur HL43	1	
A32	Otsakonstruktsioon 50 mm2	1	
C1509	Madalpingemaandus, vertikaalne	1	
Töölõik	(Nurk/konstruktsioon –visangu pikkus järgmiseni: -)		
Kood	**Nimi**	**Kogus**	**Ühik**
AMC 25	Madalpingeühenduskaabel AMCMK 3x25+16mm2	130	m
CU25	Maandusjuht, vasest Cu-25	25	m

8.4. Tarvikute loetelu

Tarvikute loetelu lao, töövõtja või oma ehitusbrigaadi jaoks koostatakse sama süsteemiga, millega koostati ka eespool nimetatud töölõigupõhine konstruktsioonide loetelu.
Kasutatavad tarvikukomplektid valitakse tarnija järgi. Antud näites on selleks SLO.

Näidistöö tarvikute loetelu:

Tarvikute loetelu NN
Kasutatud tarvikutekomplekt SLO
Teostaja NN
Projekti valmimisaeg
Töö valmimisaeg
Lisateave
Ekvivalentne visangu pikkus 48,82

Tootekood	Nimi	Kogus	Ühik
0655513	AMKA 3x35+50mm2 1kV	210	m
1343420	Keermelatt M20	2,3	m
1344020	Kuuskantmutter M20	8	tk
1344107	Nelinurkne seib M20 KS,60x60x7mm	8	tk
1373147	Kaablivitsad BT4LH-TLO 7,0x378	4	tk
5021027	Tõmmitsa ankur SFS2648 HL 43	1	tk
5021066	LS20 Tõmmitsa ankru varras KS (SH81)	1	tk
5021456	Trossisilm 15 mm trossile	2	tk
5022081	Mastikate EPH 19, Plast	5	tk
5025002	Kandekonks RKKP KS	2	tk
5025011	Kandekonks RKKS240 SOT90.2	2	tk
5025045	Mutterkonks PD 2.2 M20	1	tk
5025096	Distantsnael EKK6	10	tk
5025108	Riputushoidik SO 214	3	tk
5025162	SDE5115005R spiraalotsak 50 mm2	2	tk
5049210	Puidust mast, LK 2 Mast 210	5	tk
5055926	Puidukatteplaat 2-poolne galvan.130x130mm	4	tk
5232012	Harundussektsioon 4x4-50mm2 1 kV	1	tk
5260011	KASU-35, 35x2300, KS	1	tk
AMC25	Madalpinge ühenduskaabel AMCMK3x25+16mm	130	m
C1509	Madalpingemaandus, vertikaalne	1	tk
CU25	Maandusjuht, vasest Cu-25	25	m

8.5. Töömahtude loetelu

Kui suurem osa võrguehitustöödest tehakse kaasajal elektritööettevõtjate poolt, on tehtavad tööd jagatud hinnakirjaga töölõikudeks. Töö kohta koostatakse töömahuloetelu enamasti andmebaasi kaudu. Meie näites on kasutaud Liinose materjalihalduse programmi.

Näidistöö töömahtude loetelu:

Pos	Tarvik	Kogus
1	Töö loomise ühik 02100 Üldine	1,00 TK
2	AMKA-kandekonstruktsiooni paigaldamine 11011 Madalpingeõhuliinid	2,00 TK
3	AMKA-nurgakonstruktsiooni paigaldamine 11021 Madalpingeõhuliinid	1,00 TK
4	AMKA-otsakonstruktsiooni paigaldamine 11031 Madalpingeõhuliinid	2,00 TK
5	AMKA 3x35+50-AMKA 3x50+70 vedamine 11112 Madalpingeõhuliinid	200,00 m
6	Madalpingemaakaabli A25 paigaldus kraavi 15111 Madalpingemaakaablid	130,00 m
7	Madalpingemaakaabli mastiotste 4x16 paigaldus 15310 Madalpingemaakaablid	1,00 TK
8	Puitmasti klass 2 9-10 m püstitamine 61210 Puidust mastid	5,00 TK
9	A-masti või kerge A-masti ehitamine 62010 Puidust mastid	1,00 TK
10	Tõmmitsa 1x25, tõmmitsaankru HL43 ja tõmmitsaraua paigaldus 65110 Tõmmitsad	1,00 TK
11	PEN-juhi maanduse ehitamine 85110 Maandused	1,00 Tk

9. TELLIMINE JA TEOSTUS

9.1. Üldist

Jaotusvõrgu haldaja tellib võrgu ehitustööd enamasti vastava spetsialiseerumisega elektritööettevõtjalt. Tellimise ja teostamise võimaldamiseks on vaja piisavalt dokumente, mille alusel saab esitada tellimuse, koostada hinnakirja ja töö teostada. Energiateollisuus ry võrgusoovitustes, mis käsitlevad võrgutöövõtte, on sätestatud võrgutöövõtu teostamiseks vajalikud eeskirjad.
Neis dokumentides kasutatakse elektritööettevõtja kohta nimetust töövõtja ja tööde tellija kohta nimetust tellija. Üldise töökirjelduse alusel sisaldavad projekteerimisdokumendid tööobjekti jooniseid, koguste loetelusid, töö seletuskirja ning muid töö teostamist suunavaid juhiseid.

9.2. Tellimine

9.2.1. Pakkumiskutse sisu

Tellija koostab näidispõhjale pakkumiskutse milles küsitakse pakkumist objekti ehitamiseks näiteks tervikliku töövõtuna ja ühikuhindade alusel. Pakkumiskutse lisas on pakkumiskutse dokumendid ja pakkumuse blankett.

Pakkumiskutse dokumendid:
- pakkumiskutse
- töövõtuprogramm ja ohutusdokument
- tellija juhis „kasutusmeetmed”
- töö seletuskiri
- joonised jooniste loetelu alusel
- koguste ja ühikuhindade loetelu
- üldine töökirjeldus võrgusoovitus RU B3:08

9.2.2. Töö seletuskiri

Töö seletuskirja kohta on antud juhised võrgusoovituses RU B1:01. Töö seletuskirjas käsitletakse ainult konkreetse tööga seotud küsimusi. Selles saab lisada täiendusi töö üldisele seletuskirjale.
Võimalik objekti eriprojekteerimine ja projekteerija nimi ning kontaktandmed antakse töö seletuskirjas.
20 kV õhuliinipaigaldiste kohta on antud näiteks järgmised andmed:
- 20 kV õhuliinid paigaldatakse jooniste alusel, arvestades, et Niemi ja Lahti vahelisel lõigul vahetatakse olemasolev Sparrow tross Pigeon –trossi vastu
- mastide kohad on märgitud maastikule
- kohaliku Kujala tee kohal tuleb tellija kontrollima liini kõrgust ja ületusmastide pikkusi pärast liinikoridori puhastamist. Trassi puhastamise valmimisest tuleb teatada maastikuplaneerijale 2 päeva enne töö valmimist.
- vanad mastid eemaldatakse ka metsastelt lõikudelt täielikult. Eemaldatud mastide kogumispunkt on aadressil Mäkitie 1.
- muu lammutatav võrgumaterjal tuleb toimetada sorteeritult tellija lattu aadressil Mäkitie 4

0,4 kV õhuliinipaigaldiste kohta on sätestatud muuhulgas, et:
- töö käigus järgitakse projektijooniseid
- tellija on maastikul tähistanud mastide asukohad
- ehitatavad maandused on märgitud projektijoonistele
- vanad mastid eemaldatakse ka metsastelt lõikudelt täielikult. Eemaldatud mastide kogumispunkt on aadressil Mäkitie 1.
- muu lammutatav võrgumaterjal tuleb toimetada sorteeritult tellija lattu aadressil Mäkitie 4

9.2.3. Koguste loetelu

Koguste loetelu on võrgutöövõtu dokument, mille tellija koostab projekteerimise etapis paralleelselt töö seletuskirjaga. Koguste loetelu sisaldab tarvikute loetelu ja lisaks töösooritusi, näiteks kaablikraavide kaevamispikkused, liinikoridori puhastamise andmeid jms.
Pakkumiskutse lisas olev koguste loetelu on kohustav dokument.

Koguste loetelu koostamisel tuleb järgida järgmisi põhimõtteid (lühendatult võrgusoovituse RU A6a:01 alusel):
- Võrgu standardsed konstruktsioonikoodid märgitakse töölõigupõhiselt, töölõigu all mõeldakse masti, jaotusalajaama, liitumiskohta või muud numbrikoodiga tähistatud lõiku.
- Standardsete konstruktsioonide kohta koostatakse andmebaasis kokkuvõte (koguste loetelu), milles on toodud iga standardse konstruktsiooni kogumaht. Töölõigupõhist koguste loetelu on vaja tarvikute igasse töölõiku vedamiseks.
- Kaabli- ja liinipikkused, kaablikraavide pikkused ja muud tarvikud või sooritused, mis ei sisaldu standardsete konstruktsioonide hulgas, lisatakse koguste loetelusse.
- Kaabli- ja liinipikkused antakse horisontaalse pikkusega. Töövõtja peab lisama pikkusele mastide osad, rippest ja pinnase ebatasasusest tingitud lisapikkused, vajalikud ühenduspikkused jaotusalajaamade tarvis ning õhuliinide paigaldamise töövõtetest tulenevad lisapikkused.
- Puhastatava ja/või langetatavate puudega liinilõigu pikkus, laius ja langetatavate puude arv.

9.2.4. Tarvikute hankimine

Tellija määratleb tarvikute hankija ja seda nimetakse koguste loetelus. Võrgutöövõttu puudutavates võrgusoovitustes on üldlevinud põhimõte, et tarvikud hangib töövõtja.
Tarvikud võib hankida ka tellija:
- Tellija võib hankida põhikomponendid, näiteks kioskalajaama ja trafo ja enamasti aparaadid, millel on pikk tarneaeg.
- Tellija võib hankida kõik tarvikud.

Koguste loetelust puuduvad väiketarvikud tuleb üheselt määratleda näiteks selliselt, et tarnest puuduvad õhuliinide klemmid, kaablite kinnitustarvikud ning kõik puidu- ja metallikruvid ning kaablivitsad.

9.2.5. Pakkumuse parimaks tunnistamine

Pakkumuste võrdlemine toimub tellija antud koguste loetelu ja töövõtja pakkumuses antud ühikuhindade alusel. Valiku võib teha ka majanduslikult soodsaim pakkumuse või kõige odavama hinnaga pakkumuse alusel.
Töövõtuleping sõlmitakse lepingu tellija ja töövõtja poolt allkirjastamise hetkel.

9.3. Teostamine

9.3.1. Üldist

Võrgutöövõtu teostamisel järgitakse üldisi lepingutingimusi YSE 1998 (RT 16-10660). Töövõtja on kohustatud järgima tellija antud projektdokumentatsiooni ja muid juhiseid.
Tellija annab töövõtja kasutusse kaks komplekti projektdokumentatsiooni töösoorituse tarvis ja ühe komplekti jooniste kontrollimiseks.
Töövõtja on kohustatud järgima Soome elektriohutuse seaduse (sähköturvallisuslaki (
410/1996)) ja elektriohutuse määruse (sähköturvallisuusasetus (498/1996)) nõudeid ning nende põhjal välja antud Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi (kauppa- ja teollisuusministeriö, KTM) otsuseid ja tellija töö seletuskirjas antud võimalikku keskkonnaprogrammi.
Töövõtja on kohustatud järgima järgmisi standardeid:
- SFS 6000 pienjännitesähköasennukset
- SFS 6001 suurjännitesähköasennukset
- SFS 6002 sähkötyöturvallisuus

- SFS 6003 pienjänniteilmajohdot
- SFS-EN 50341-1 vaihtovirtajohdot yli 45 kV
- SFS-EN 50423-1 vaihtovirtailmajohdot yli 1 kV ja korkeintaan 45 kV
- SFS-EN 50341-3-7 vaihtosähköilmajohdot yli 45 kV kansallisesti velvoittavat määrittely

Standardite järgimisel tuleb arvestada lubatud üleminekuperioode, mille ajal on lubatud kasutada kõiki kehtivaid määrusi ja standardeid.
Turvatekniikan keskus kinnitab juhises TUKES S 10 kehtivad elektriseadmete ohutust ja elektritööde ohutust reguleerivad standardid ja väljaanded.

Töövõtja on kohustatud järgima ka:
- Sähkötarkastuskeskuse väljaannet Vahvavirtailmajohtomääräykset A4-93
- Energiateollisuus ry võrgusoovitusi
- Tellija poolt viidatud teisi standardeid või juhiseid
- Tarvikute tootjate juhiseid

Töövõtja on kohustatud kaasama töövõtu teostamiseks kvalifitseeritud tööjõudu.

Töövõtt tuleb lõpetada laitmatus kasutuskorras töövõtudokumentide ja projektdokumentides toodud head paigaldusviisi järgides ja seda ka siis, kui mõnd detaili ei ole projektdokumentatsioonis mainitud.

9.3.2. Jaotusvõrgu käidutoimingud võrgutöövõtu ajal

Võrgutöövõtu käidutoiminguid käsitlev tellija koostatud dokument ”Käidutoimingud”, mis on koostatud võrgusoovituse RU B1 käit:01 alusel, lisatakse iga võrgutöövõtu dokumentidesse.
Käidutoimingud teostatakse kõikides situatsioonides turvaliselt ja selliselt, et elektritarbijad saavad vajaliku elektri võimalikult väheste ja lühikeste katkestustega.
Erandlikes rikke- ja käidusituatsioonides võib käidutegevus segada võrgutöövõtu toiminguid . Võimalike käidutoimingute tõttu töövõtule tekkinud ebameeldivuste ja kulude osas toimuvad eraldi läbirääkimised.

Võrgu haldaja annab töövõtja ehitusobjekti käidujuhi kontaktisiku nime ja kontaktandmed.

Töövõtu teostamise ajal vajalikud võrgulülitused kavandab tellija koostöös töövõtjaga. Kõrgepingelülituste kohta koostatakse kirjalik lülitusplaan, mille käidujuht ja töövõtja elektritööde juht või nende poolt volitatud isikud kinnitavad oma allkirjadega.

Lülitused teostatakse järgmiselt:
- Kõrgepingevõrgu lülitused teostab võrgu haldaja käidujuht või tema poolt nimetatud isik.
- Madalpingevõrgu lülitused teostab töövõtja, kes kooskõlastab lülitused käidujuhiga enne lülituste teostamist.
- Töövõtupiirkonnas teostatavad sellised lülitused, mis ei seostu elektrijaotusega, teostab töövõtja. Ka nendest lülitustest tuleb teavitada käidujuhti võimalike käidus esinevate erandlike olukordade osas.
- Käidujuht teavitab töövõtjat tööpiirkonnas kavandatud lülituse muutmisest või muudetud lülitusest.

Töövõtt tuleb teostada selliselt, et elektrijaotuse käidukatkestusi tekiks võimalikult vähe. Töövõtja on kohustatud kooskõlastama kõik vajalikud käidukatkestused tellija käidujuhiga. Vajalikes käidukatkestustes tuleb läbi rääkida juba töövõtuläbirääkimiste käigus. Katkestuste tellimiseks tuleb jätta piisavalt aega klientide teavitamiseks.

Siinkohal on oluline meeles pidada, et pingealuse tööna teostatud töödeega saab võrgutöövõttudes katkestuste vajadust oluliselt vähendada.

Elektrivõrgus töövõttu teostamisel tuleb arvestada, et elektritarbija ei pruugi teada maastikus ja liinidel tehtavatest töödest ja kes töid teeb. Kõiki elektriliinide juures tegutsevaid inimesi peetakse reeglina elektriettevõtte töötajateks, seega:

- kõikidel töövõtja ja tellija töötajatel peab olema tööandja logoga varustatud nimekaart. Vajadusel esitatakse nimekaart kontrolliks eriti siis, kui töö käigus tuleb liikuda teiste isikute omandis olevatel maa-aladel või hoonetes. Töörõivastuses isikut aitab identifitseerida selge ettevõtte logo.
- iga töövõtja või tellija esindaja peab tutvustama ennast koheselt eriti hoonetesse või nende territooriumile sisenedes ning selgitada, milliste ülesannete tõttu ta seal viibib.
- elektritarbijaid ja teisi tööajal kohtavaid isikuid tuleb kohelda ja teenindada nõuetekohaselt.
- elektritarne ja –käiduga seotud küsimuste kohta antakse piisavalt teavet ja antakse juhiseid, kust saab lisateavet.

9.3.3. Jaotusvõrgu ehitamise ettevalmistamine

Ehitatavat elektrivõrku kirjeldatakse projektdokumentatsioonis, mis põhinevad Energiateollisuus ry võrgusoovitustel ja tellija koostatud võrgu konstruktsioonijuhistel. Töövõtupõhises projektdokumentatsioonis, näiteks töö seletuskirjas, joonistes ja koguste loetelus antakse töövõtu kohta vajalikud andmed.

Töövõtja on enne pakkumuse esitamist hankinud piisavad andmed ehitusobjekti ja seal valitsevate tingimuste kohta.

Töövõtudokumentatsioonis kirjeldatakse maastikus mastide ja tõmmitsate asukoha tarvis tehtud tähistusi.
Kaevamistööde teostamisel tuleb hoiduda piiripostide vigastamisest. Kui piiripost on töö käigus nihkunud, kaldunud või kadunud, vastutab töövõtja kahjustuste kõrvaldamise ja selle tõttu tekkivate kulude katmise eest.

Töövõtupiirkonna asendiplaanid, load ja näidistööd.
Tellija annab töövõtjale:
- projekteerimisetapis tööpiirkonna kohta hangitud maa-aluste kaablite ja seadmete asukohaandmed.
- taotluse alusel tema hallata olevate liinide kehtivate andmetega asukoha plaani.

Töövõtja:
- hangib maaomanikult load tööaegseks liikluseks ja ladustamiseks.
- hangib omavalitsuse või muu teehooldaja nõutud tööload.
- avaldab vajalikud teadaanded liiklusühenduste katkestamise ja liikluspiirangute kohta.

9.3.4. Jaotusvõrgu ehitamine

Töövõtja langetab liinikoridoris puud ja puhastab liinikoridori ning veab metsamaterjali tellija poolt näidatud kohta. Puude töötlemine ja puhastatava liinikoridoriga seotud eritingimused sätestatakse töö seletuskirjas. Puude langetustöö maht märgitakse koguste loetellu.

Ehitustöödes kasutatava materjali tarnib lepingu alusel kas töövõtja või tellija. Lammutatud materjali taaskasutus otsustatakse projektdokumentatsioonis.
Tarvikute pakendid ja muud töö käigus tekkivad jäätmed tuleb sorteerida omavalitsuse üldisi eeskirju järgides ja kõrvaldada ehitusobjektilt.

Madalpingeõhuliinide paigaldised
Mastid:
- järgitakse standardit SFS 2662
- mastide tüübinõuded peavad vastama standardile 1,50 m tüvest mõõdetud diameetri alusel.
- mastide omadused on antud projektdokumentatsioonis.
- eemaldatavad mastid eemaldatakse kruntidelt ja tänavaalalt tervikuna.
- metsaselt lõikudelt eemaldatavate mastide osas järgitakse töö seletuskirja.

Tõmmitsad:
- kasutatakse SFS standardile vastavaid tõmmitsatrosse ja tarvikuid.
- tõmmitsate asukohad ja paigaldussuunad on märgitud joonistele ja kogused koguste loetellu.

- tõmmitsate paigaldamisel järgitakse võrgusoovitusi.
- tõmmitsa ühendamisel AMKA kandetrossiga järgitakse võrgusoovitust RJ 31 ja tellija antud juhiseid.
- eemaldatavat tõmmitsad kaevatakse põldudelt ning tee- ja tänavaaladelt täielikult välja.
- metsastel lõikudel vajutatakse tõmmitsavaiad ohutuse tagamiseks täielikult maasse.

Õhuliinid:
- kasutatakse standardile SFS 2200 vastavaid AMKA-juhtmeid.
- kasutatakse SFS standarditele vastavaid kandureid, ühendusi ja klambreid.
- madalpingevõrgu maanduselektroodide asukohad ja konstruktsioonid on toodud projektdokumentatsioonis.

Keskpingeõhuliinide paigaldised 20 kV
Liini konstruktsioonides järgitakse SFS-standardeid nt SFS 4380 tugitraaversid, SFS 2993 nurgatraaversid jne.
Tagatakse valmidus pingealuseks tööks:
- hargnemismastide konstruktsioonid valitakse selliselt, et hargneva juhtme ühendamine on võimalik pingealuse tööna.
- maakaabli lõpumasti konstruktsioon valitakse selliselt, et maakaabli ühendamine õhuliiniga on võimalik pingealuse tööna.

Masti lahklülitid maandatakse järgmiselt:
- maandus ehitatakse võrgusoovituse RJ 19:06 alusel.
- konstruktsiooni kirjeldataks projektdokumentatsioonis.

Mastid:
- järgitakse standardit SFS 2662.
- mastide tüübinõuded peavad vastama standardile 1,50 m kõrgusel jalamist mõõdetud tüve diameetri alusel.
- mastide omadused on antud projektdokumentatsioonis.
- eemaldatavad mastid eemaldatakse kruntidelt ja tänavaalalt tervikuna.
- metsasteltlõikudelt demonteeritavate mastide osas järgitakse töö seletuskirja.

Tõmmitsad
- kasutatakse SFS standardile vastavaid tõmmitsatrosse ja tarvikuid.
- tõmmitsate asukohad ja paigaldussuunad on märgitud joonistele ja kogused koguste loetellu.
- eemaldatavad tõmmitsad kaevatakse põldudelt ning tee- ja tänavaaladelt täielikult välja.
- metsastel lõikudel vajutatakse tõmmitsavaiad ohutuse tagamiseks täielikult maasse.

9.3.5. Valmis jaotusvõrgu kasutuselevõtt

Töövõtja teavitab tellijat, kui paigaldis on kasutuselevõtuks valmis. Töövõtja ja tellija lepivad kokku kasutuselevõtu menetlusviisides.

Töövõtja teostab SFS 6000 ja SFS 6001 vastavad maandustakistuste mõõtmised ja edastab mõõtmisprotokollid tellijale.

Faasijärjestust kontrollitakse keskpingepaigaldistes alati enne paigaldust ja veel kord näiteks pingeindikaatoriga enne uue paigaldise praeguse süsteemiga ühendamist.
Madalpingeliitumises, -kilpides ja 3-faasilistes pistikupesades kontrollitakse faasijärjestust/pöörlemissuunda enne paigaldise kasutuselevõttu.

Töövõtja on kohustatud teostama igale kasutusele võetavale töövõtule või selle osale Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsuses (KTMp) 517/96 sätestatud vastuvõtuülevaatuse. Ülevaatusprotokollid antakse tellijale üle enne töövõtu vastuvõttu või vastavalt töö kulule.

10. ÕHULIINIVÕRGU EHITUSTÖÖDE ETTEVALMISTAMINE

10.1. Isikukaitsevahendid ehitustöödel

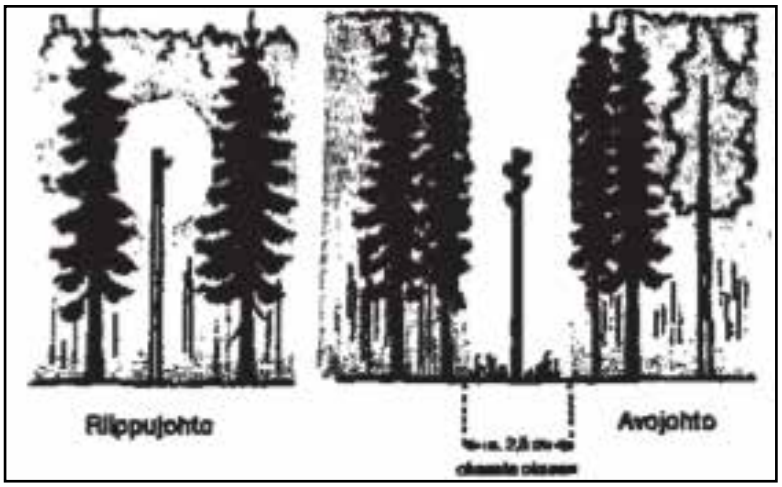
Õhuliinivõrgu ehitamine on võrdsustatud ehitustöödega ehitusobjektil, mistõttu selle kohta kehtivad samad ohutusjuhised ja -eeskirjad.
Soome riiginõukogu määrus (Valtioneuvoston asetus) 205/2009 ja selle § 71
Isikukaitsevahendite vajadus ehitustöödel eeldab, et ehitustöödel tuleb töötaja nähtavuse tagamiseks kasutada helkurmaterjaliga hoiatusrõivastust.
Samas paragrahvis on lisaks sätestatud, et ehitustöödel tuleb kasutada kaitsekiivrit. Vajadusel tuleb kiivrit kasutada koos kiivrialuse mütsiga.
Eespool nimetatud isikukaitsevahendid on õhuliinivõrgu ehitustööl peamisteks kaitsevahenditeks. Vastavalt tööülesannetele tuleb kasutada ka teisi isikukaitsevahendeid.

Joonis 94. Kasutusel on hästinähtav töörõivastus ja kaitsekiiver (Empower).

10.2. Liinikoridori dimensioneerimine

Selles lõigus käsitletakse liinidele vajalikku ruumi metsasel lõigu. Liini teiste vahekauguste nõudeid on käsitletud liini paigaldamise peatükis.

AMKA-
Metsas peab AMKA-le jätma selge liinikoridori, kus liini all ei kasva puid. Sageli vajavad ka ehitustöödel kasutatavad masinad liinikoridoris oma liikumistrassi. Kui tegemist on pargitaolise metsaga, piisab liinikoridori avamiseks vähestest pingutustest. Näiteks VIM-i vahekauguste nõudes on mainitud, et AMKA tuleb paigutada selliselt, et püstiolevate puude oksad või tüvi kaablit ei kahjustaks.

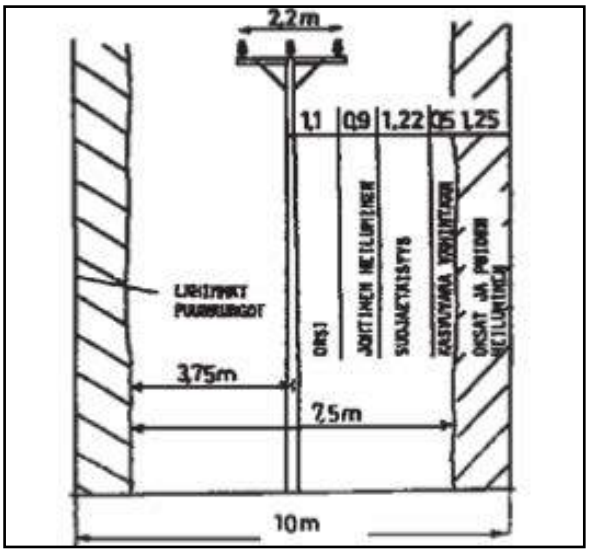


Joonis 95. Madalpingeliini koridor metsas

Nõude täitmiseks on soovitatav, et oksad eemaldataks liinist umbes 0,5 – 1,5 m kauguselt ja puutüved liinist u 0,3 – 1,0 m kauguselt. Liini ümbert eemaldatakse oksad ja vajadusel ka üksikud puud selliselt, et oksad ja tüvi ei saaks liini vigastada.

Kui oksad eemaldatakse ainult liini paigalduskõrguselt, on liini tõstmine mastide peale raskendatud.

20 kV õhuliinid
Õhuliini liinikoridori puudest puhastatud ruum on enamasti 7,5 m. Tüvest tüveni mõõdetud liinikoridor on sellisel juhul 10 m lai. Sellesse liinikoridori võib paigutada 20 kV tugiisolaatoritega liini, mille äärmiste faasijuhtmete horisontaalne vahekaugus (traaversi laius) on kuni 2,2 m (rõhttraavers) ja visangu pikkus kuni 80 m. Kui äärmiste faasijuhtmete horisontaalne vahekaugus on 1,2 m (tavaline kolmnurktraavers), võib visangu pikkus olla kuni 100 m.



Joonis 96. 7,5/10 m liinikoridori määratlemine metsas.

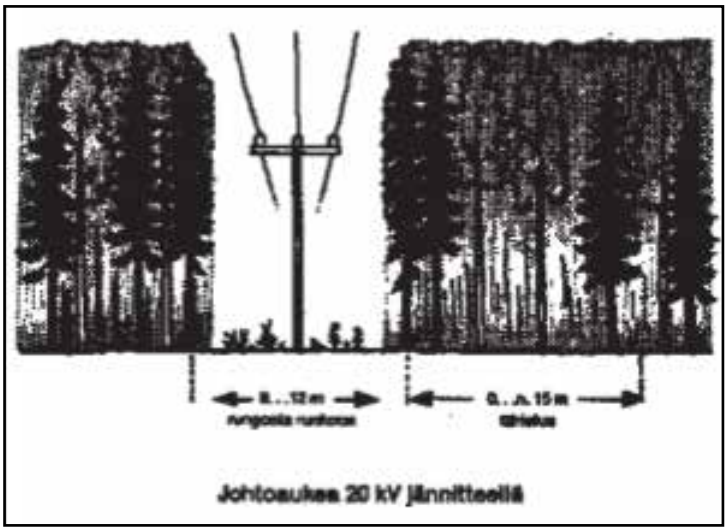
Tõmmitsad võivad ulatuda ka üle liinikoridori piiri. Tõmmitsate paigaldamises tuleb enne nende ehitamist maaomanikuga kokku leppida, kuna liinikoridori leping tõmmitsaid ei käsitle.

10.3. Liinikoridori puhastamine

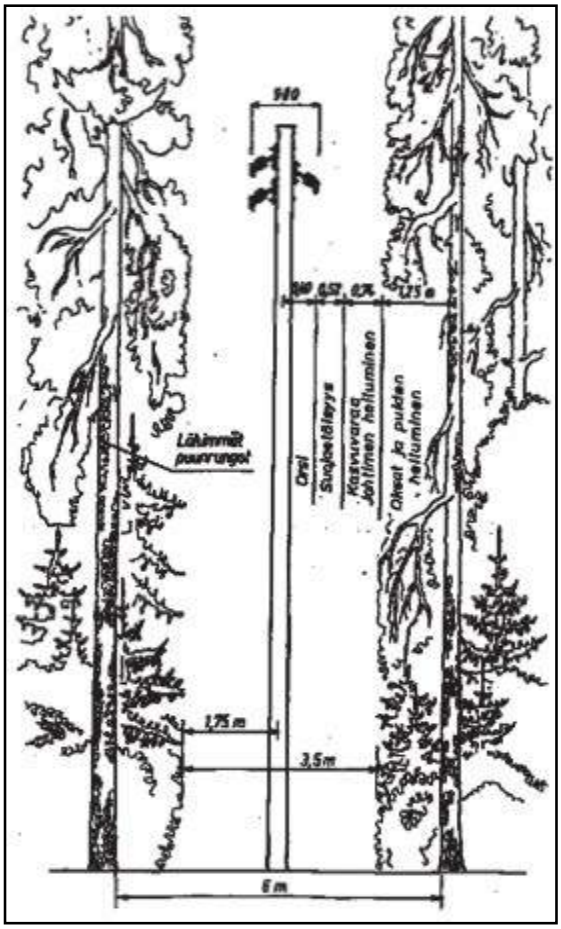
Uue liinikoridori kujundamine
Liinikoridor puhastatakse tavaliselt enne ehitustööde alustamist ja sageli teeb seda maaomanik ise, sest temale kuulub lepingu alusel liinikoridorist kõrvaldatav metsamaterjal. Liinikoridorist langetatakse jämedad puud ja ala puhastatakse vajadusel väiksematest puudest ja põõsastest. Vahel tuleb puudelt ka oksi eemaldada.

Metsatööde teostamisel peab meeles pidama, et kadakate langetamine on keelatud, kuna kadakas on kaitsealune liik ja kasvav kadakas takistab teiste puude kasvu.

45 kV ja 110 kV kõrgepingeliinide liinikoridorid kujundatakse „puukindlaks", mis tähendab, et puud ei saa ühelgi juhul liinidele kukkuda. See tähendab, et liinikoridori lähedalt langetatakse puhastamise käigus ka need puud, mis kukkudes võiksid liini peale ulatuda.

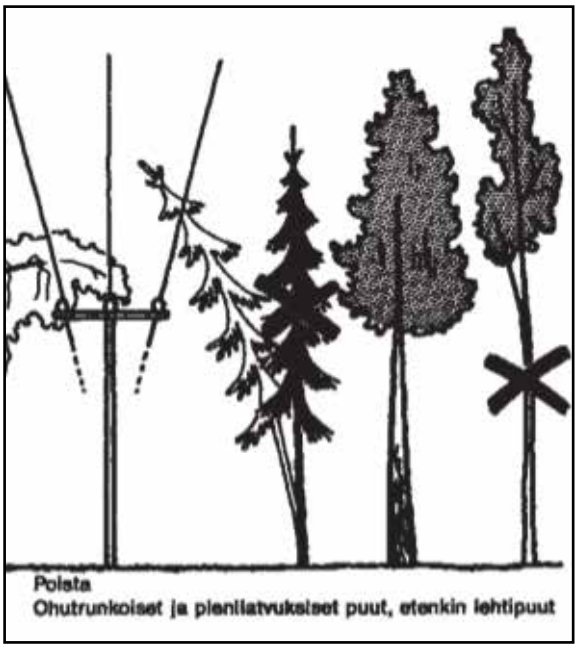


Joonis 97. 20 kV-õhuliini liinikoridori ja lähipiirkond.



Joonis 98. PAS-juhtme liinikoridori.

Tavalistele jaotusvõrgu liinidele suurte kulude tõttu sellist liinikoridori ei tehta, kuid uue liinikoridori rajamisel tuleks koostöös maaomanikuga tähistada langetamiseks ka liinikoridori vahetusse lähedusse jäävad peene tüve ja nõrga juurestikuga puud, mis võivad ebasoodsates ilmastikutingimustes liinidele vajudes probleeme põhjustada. Praegu on kokkuleppel maaomanikuga hakatud kõrvaldama ka 20 kV liinide kõrvale jäävaid liini poole kaldus puid. Metsamajanduskavades on hakatud arvestama liini vahetusse lähedusse jääva metsa hooldust sellisel viisil, et puud liinidele ohtlikuks ei saaks.



Joonis 99. Lähedal paiknevate puude kõrvaldamine.

Liinikoridori puhastamisel tuleb arvestada ka selliseid objekte, kus raie- ja puhastustöid saab teha ainult piiratud ulatuses. Sellisteks objektideks on näiteks õueala kõrghaljastus, pargid ja kaitsealused piirkonnad. Seal võib raie- ja puhastustöid teha alles pärast vastava loa saamist. Liiniehitustööde käigus peab kogu aeg meeles pidama, et tööd tehakse kellegi teise maal.
Puude langetamisel tuleb arvestada metsatööde kohta kehtestatud ohutusnõudeid ning läheduses paiknevatest liinidest raietöödele tulenevaid piiranguid.

Puudelt tuleb liinikoridori puhastamisel ka oksi eemaldada. Okste eemaldamiseks võib kasutada pikendatud varrega oksalõikureid ja oksasaage. Nende tööriistade abil saab oksi eemaldada maapinnalt ning ei teki elavate puude otsa ronimisega seotud probleeme: puude vigastamist ja ohtlikku tööviisi. Oksaeemaldustööriistade käepidemed on enamasti isoleer materjalist ning töö pingestatud liinide lähedal on seetõttu ohutu.

Joonis 100. Oksalõikuri ja oksasae kombinatsioon.

Liinikoridori korrashoid

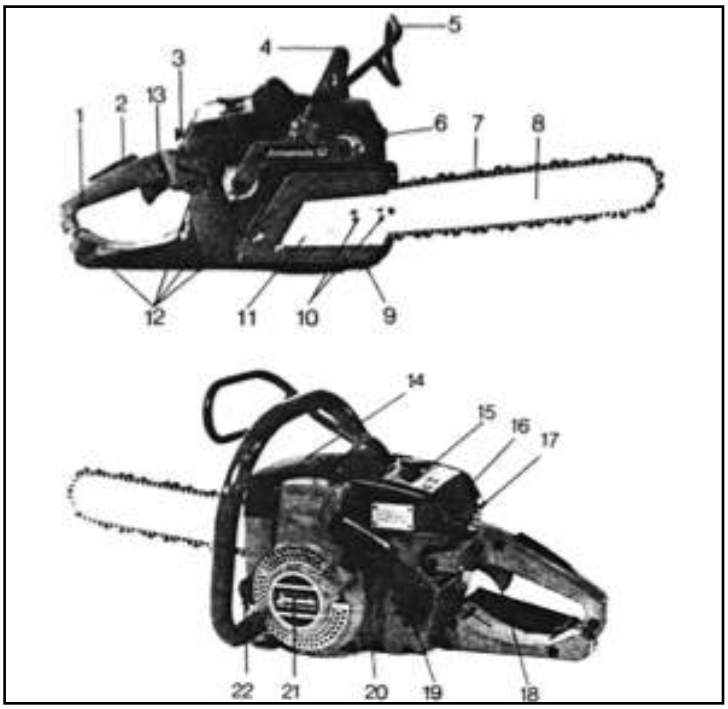
Liinikoridori korrashoidu on põhjalikumalt käsitletud raamatus Sähkölaitosasentajan ammattioppi 4, Verkoston käyttötehtävät. Tööviis ja vahendid on samad, kuid kasutusel olev võrk seab liinikoridori korrashoiutöödele omapoolsed nõuded.

10.4. Liinikoridori puhastamisel kasutatavad masinad

10.4.1. Üldist

Liiniehitustööd on suurel määral mehhaniseeritud. Varasemad rasked, inimtööjõuga tehtud tööd teevad nüüdseks ära masinad. Sellistest töölõikudest on kõige olulisem mastide mehhaaniline püstitamine, kus kaeve- ja tõstetööd teeb ära ekskavaator. Tõmmitsate ankurdamiseks kalju pinnasesse kasutatakse kaljupuurmasinat ja liinide vedamiseks mootoriga varustatud veomehhanisme. Liinikoridori puhastamisel on kasutusel mootorsaed ja trimmerid.

Mootoriga töövahendid kehtestavad kasutajale nõudeid töövahendi õige ja ohutu kasutamise tagamiseks. Mootoriga seadmeid, näiteks mootor- või võsatrimmeri võivad kasutada ainult vastava ettevalmistuse ja väljaõppe läbinud töötajad. Töölõigus korraldatud väljaõpe ja juhendamine tuleb dokumenteerida. Üldreegel on, et enne uue seadme kasutuselevõttu tuleb kindlasti tutvuda seadme kasutusjuhendiga.



10.4.2. Mootorsaag

Joonis 101. Mootorsaag.

Mootorsae osad:

1. Tagumine käepide
2. Päästiku kontroll (enne gaasilüliti liikumist on vaja käesurvet käepidemele)
3. Drosselklapi hoob (kütuse etteanne)
4. Eesmine käepide
5. Tagasilöögikaitse (sae tagasilöögil peatab kaitse keti liikumise)
6. Mürasummuti
7. Saekett
8. Saeplaat

Kütusesegu

Kütuseseguna kasutatakse bensiini ja õli segu. Bensiin peab olema pliivaba ja kasutada tuleb kahetaktilisele mootorile sobivat õli. Nüüd on saada ka vähese emissiooniga väikemasinate bensiini ja masinatele võib paigaldada katalüsaatorid.

Kütuseseguna kasutatakse igas seadmes 2,5...5 % kahetaktilise mootori segu.

Bensiin ja õli segatakse enne kütusepaaki lisamist hoolikalt. Täitmisel kasutatakse abivahendina filtriga lehtrit. Kasuta kütuse ja õli säilitamiseks ja segamiseks puhtaid, spetsiaalselt selleks ettenähtud kanistreid. Praegu on võimalik kasutada ka valmis bensiini-õlisegusid.

Saeketiõli

Saeketiõlina tuleb kasutada spetsiaalselt selleks ette nähtud sitkestatud spetsiaalseid õlisid.

Saetera määrimine toimub õlipumbaga automaatselt saagimise ajal.

Täitmisel tuleb jälgida, et õlimahutisse ei satuks prahti. Praht võib õlifiltri ummistada või rikkuda õlipumba. Täiteava ümbrus tuleb enne korgi avamist hoolikalt puhastada.

Mootorsae käivitamine

Kütusemahuti täidetakse eespool toodud kütusesegu ja puhtuse kohta antud juhiseid järgides.

Saeketiõli mahuti täidetakse (järgi puhtust täitmisel).

Tutvu põhjalikult mootorsae käivitamist käsitlevate kasutusjuhendiga.
Pane saag maha ja aseta parem jalalaba tagumise käepideme peale. Vajuta tagasilöögikaitset nii, et saekett lukustub. Kontrolli, et saeketi ees ei ole kive, oksi või muud prahti.
Reguleeri juhiste alusel gaasi. Käivita saag. Kui mootor on käivitunud, vajuta gaasilülitit.
Enne saagimise alustamist tõmba tagasilöögikaitse üles, et saekett saaks pöörelda. Kui tagasilöögikate on alla vajutatud, ära lase mootoril maksimumpööretel töötada.

Joonis 102. Pildiseeria mootorsae käivitamisest.

10.4.3. Saagimine mootorsaega

Enne saagimise alustamist tuleb hoolikalt tutvuda mootorsae käsitsemise ja hooldusega ning töös kasutatavate meetodite ja kaitsevahenditega.

Kaitsevahendid
Saagi käsitsedes tuleb kasutada kaitsekiivrit, mis kaitseb kasutaja pead löökide, kukkuvate esemete ja muude selliste esemete põhjustatud traumade eest.

Sae tekitatud 100 – 105 dB müra tõttu tuleb saagimisel alati kasutada kuulmiskaitseid. Kõige otstarbekamad on kaitsekiivri külge kinnitatavad kõrvaklapid, sest need on alati tööl kaasas ja liibuvad tihedalt kõrvadele.

Raietöödes tuleb kasutada ka visiiri, mis kaitseb nägu ja silmi puidukildude eest. Visiiril on metall- või nailonvõrk. Visiir on kinnitatud hingedega kaitsekiivri külge ning seda saab üles keerata.

Joonis 103. Kaitsevahendid mootorsaega töötamisel.

Eespool loetletud kaitsevahendid on saega töötamisel kohustuslikud. Mootorsaega töötades on soovitatav kasutada ka:
- kaitsekindaid
- turvajalatseid
- sisselõikekaitseid rõivastel.

Tagasilöök
Kõige ohtlikum saagimisel tekkiv õnnetus on tagasilöögist tekitatud trauma. Sae tagasilöök võib tekitada tõsiseid vigastusi ja lõppeda halvimal juhul surmaga.

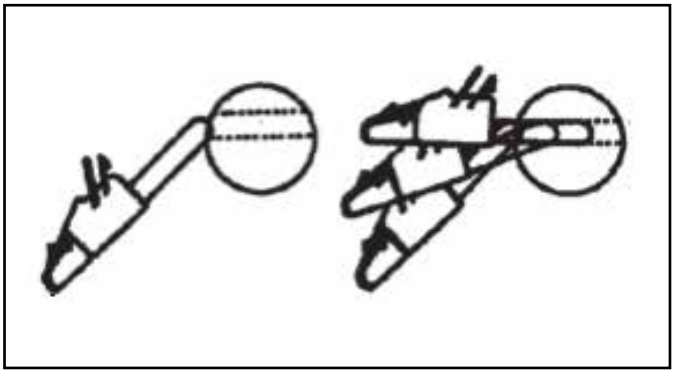
Joonis 104. Tagasilöögi tekkimine saagimisel.

Tagasilöök tekib enamasti terasplaadi tipu ülemise nurga kohal siis, kui ketiäärik põrkub saeketi madalal pöörlemiskiirusel vastu saetavad puud või välist takistust. Alusmaterjali tugevus muutub kokkupõrke hetkel nii suureks, et tera ei suuda seda lahti lõigata, vaid saeketi liikumisenergia viskab ääriku üles ja tahapoole. Tagasilöök võib tekkida murdosa (1/10) sekundi jooksul. Inimese reaktsioonikiirus ei ole mootorsae tagasilöögi peatamiseks piisav.

Kaasaegsetes mootorsaagides on tagasilöögikaitse, mis peatab tagasilöögi puhul saeketi enne, kui see jõuab võimalikke vigastusi tekitada. Tagasilöögi teket mõjutavad ka saekett ja selle seisukord. Turvalise saagimistehnikaga saab tagasilööke ja õnnetusohtu vältida.

Turvaline saagimistehnika:

1. Saetera tipuga saagimist tuleb vältida. Saetera tipuga saagimine tekitab tagasilöögiohu ja koormab ka saetera plaati.
2. Lükkavat lõikamist tuleb kindlasti vältida, see tekitab tagasilöögi võimaluse. Kui saetakse näiteks mahalangenud puu tüve alt, tuleb siiski ka lükkavalt lõigata ning sae liikumise kontrollimine on raskendatud. Joonisel 103 on kujutatud õiget sisselõiketehnikat, kui tuleb puu läbistada. Sisselõiget alustatakse tõmbava ketiga alt diagonaalselt ja saag tõstetakse saagimise käigus nõutavasse saagimisasendisse.
3. Õige haare saest. Saagi hoitakse tugevas haardes keha lähedal (vaata joonis 106).
4. Okste eemaldamisel tuleb töötada lühikeste tõmmetega, kui puu tüvi on osaliselt varjatud.



Joonis 105. Õige sisselõiketehnika tipu alumise osaga.

Joonis 106. Õige haare saest.

Puu langetamine

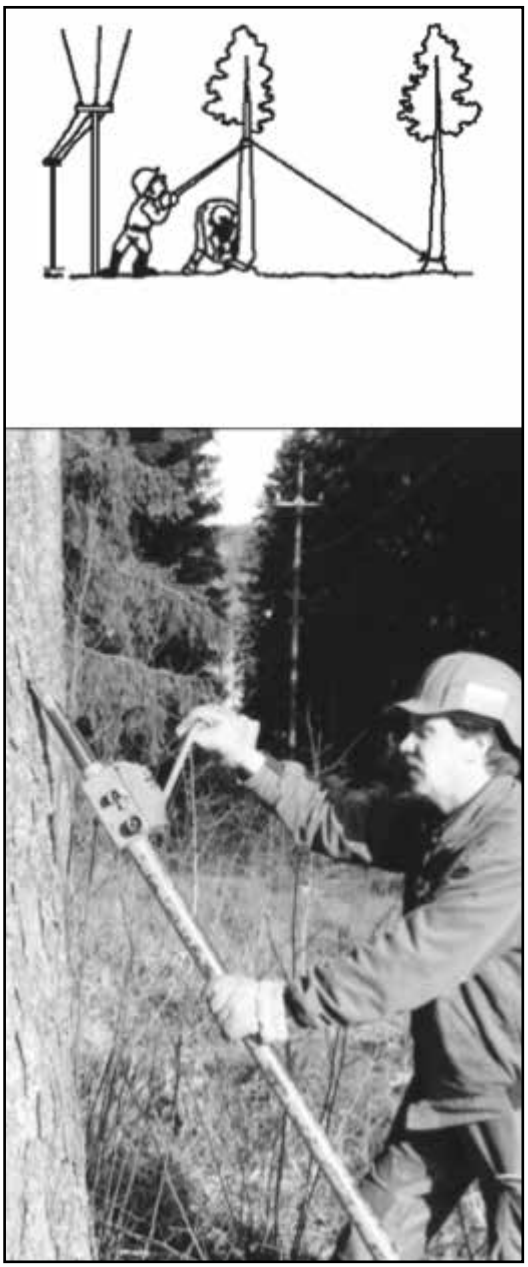
Puu tuleb alati langetada õiges suunas. Langetussuuna määravad liiniehitustöödes enamasti olemasolevad liinid ja metsas, kus liine ei ole, maastikuvormid ja teised puud. Enne langetamise alustamist tuleb koostada langetusplaan. Selle käigus valitakse langetussuunad ja veendutakse liinikoridori servades olevate puude osas, et need ei lange liinile. Kõige ohutum viis on kinnitada mastivintsi tross langetatava puu külge võimalikult kõrgele ja viia vints sobivasse kinnituskohta ja pinguldada trossi nii palju, et puu ei langeks liini peale. Vintsi asemel võib kasutada ka trossi, langetuslabidat või spetsiaalset langetustungrauda. Puu langetamisel tuleb arvestada ka ilmastikuolusid: tuult, lumekoormat puudel jne.

Langetamise tööjärjestus

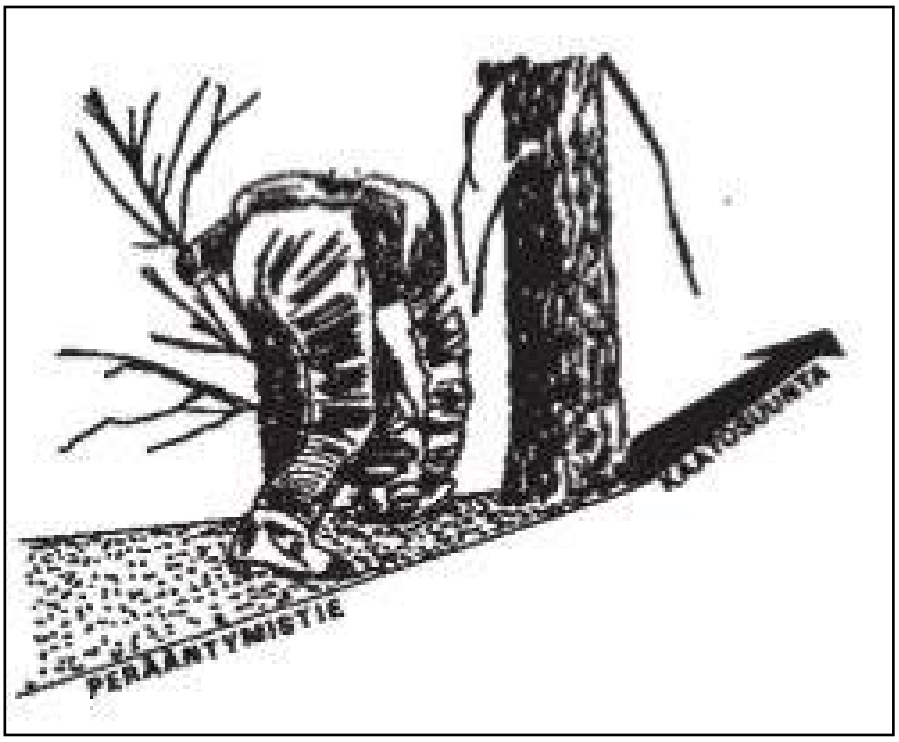
Tüve puhastamine

Langetamist segavad väikesed oksad ja võrsed eemaldatakse puu tüvelt. Samuti saetakse maha häirivad alumised oksad.

Tüve puhastamisel tuleb meeles pidada, et mootorsae juhtplaat ei tohi kunagi tõusta õlajoonest kõrgemale, sest siis ei ole enam piisavalt jõudu sae kontrollimiseks ning tera võib ka väikese tagasilöögikorral tabada kasutaja otsmikku või rangluud.



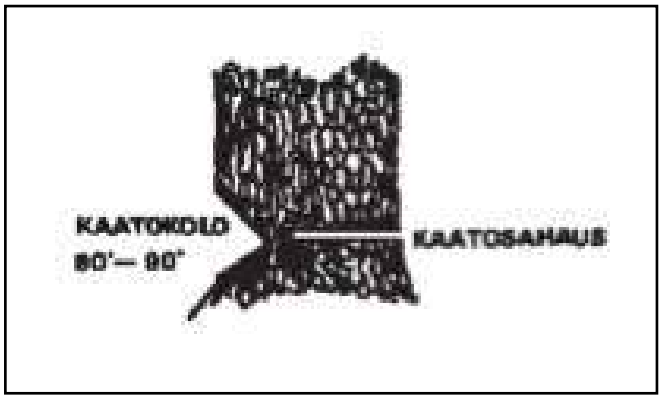
Joonis 107. Puu õige langetussuuna tagamine.

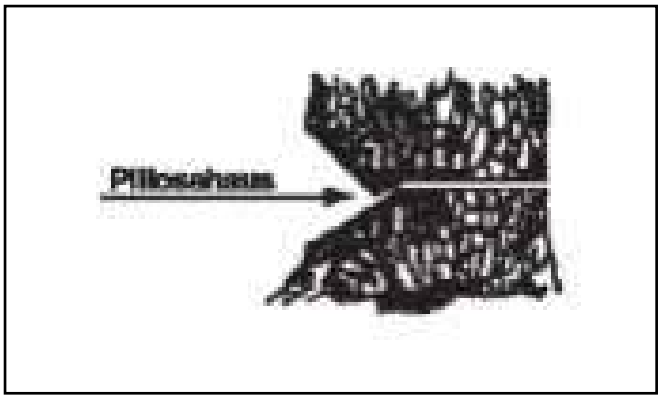


Joonis 108. Taganemistee puhastamine.

Tüve puhastamisel tuleb tagada endale ka taganemistee langetussuuna suhtes diagonaalselt. Sellega välditakse kokkupõrget tüvega, kui puu maha langeb.

Langetuslõige ja toetuskiht
Puu langetamisel tuleb õige langetamissuuna tagamiseks lõigata sisse nõuetekohane langetuslõige ning jätta piisavalt tüve püsti hoidvat puuosa ehk toetuskihti. Kui tüvi kohe läbi saetakse, võib kergesti juhtuda, et puu langeb vales suunas (liini peale).

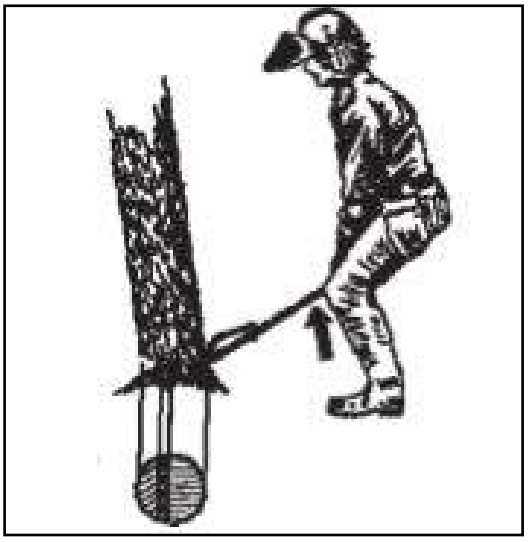




Joonis 110. Peitsisselõike teke.

Langetuslõike sügavus peab olema umbes 1/5 osa tüve paksusest. Langetuslõike avanemisulatus peab olema 60° – 90°.
Langetuslõige saetakse sisse kõigepealt ülaltpoolt, et vältida peitsisselõike teket, mis võib põhjustada puu saatuslike tagajärgedega kukkumise langetamise lõppfaasis. Langetuslõige peab olema alt saagides samuti diagonaalne. Langetuslõike saagimisjälje peavad lõike põhjas kokku saama. Langetussaagimise sisselõige peab tabama lange-

tuslõigu põhja või jääma sellest veidi kõrgemale. Langetussaagimise ja langetuslõike vahele peab jääma piisavalt toetuskihti, mis suunaks puu langemist soovitud suunas.
Langetamise lõppfaasis võib kasutada spetsiaalseid langetuskange, kiile või patju, mis tagaks õigeks suunas langemise.



Joonis 111. Langetuslabida kasutamine tagab langemise õiges suunas.

Joonis 112. Tööasend tüve puhastamisel.

Tüve puhastamine
Tüved puhastatakse kaasajal mootorsae abil. Tüve puhastamisel peale langetamist peaks puutüvi jääma umbes põlvekõrgusele, siis on see õiges tööasendis.

Juhised tüve puhastamiseks
Hoia saagi tüvel. Ära hoia saagi käte jõul.
Hoia saagi võimalikult keha lähedal. Liigu ettepoole ainult siis, kui saag on tüve vastaspoolel.
Ära upita tüve tagantpoolt puhastades liiga kaugele.

10.4.4. Mootorsae hooldus

Masinapõhised hooldusjuhised on sae tarnepaketis. Iga kasutaja peab oskama vähemalt igapäevast hooldust teostada.

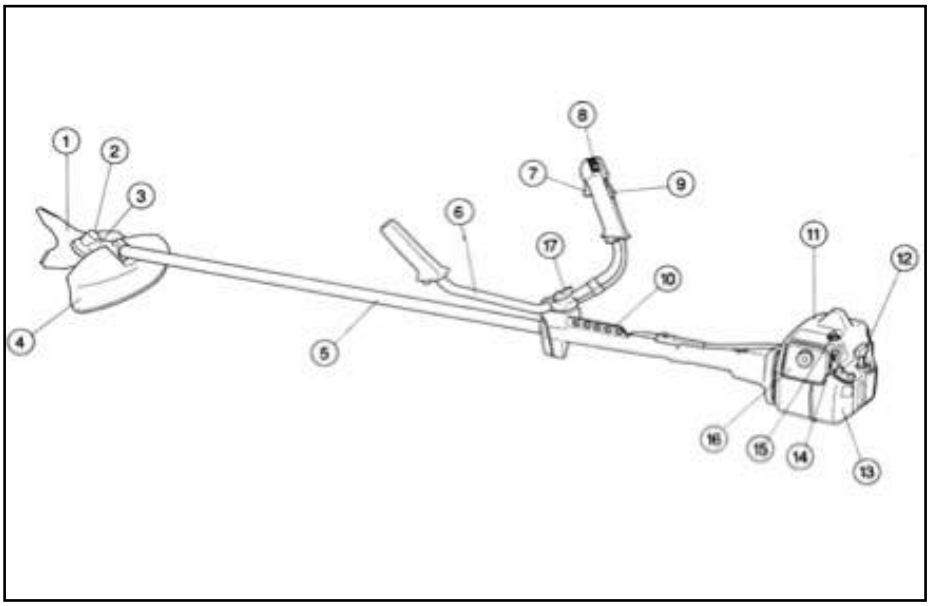
Hooldus tankimise käigus
Hooldust tankimise käigus tehakse saagimise alustamisel ja iga kord, kui kütust lisatakse.

Tankimishoolduse alla kuulub:
- kütuse lisamine
- saeketiõli lisamine
- sae juhtplaadi ääriku määrimine
- saeketi pingutuse kontrollimine
- saeketi teritamine viiliga (vajadusel)
- üldpuhastus.

Joonis 113. Saeketi pinguldamine.

10.4.5. Võsatrimmer

Liinikoridori puhastamiseks võsast ja väikestest puudest kasutatakse võsatrimmerit.



Trimmeril peavad olema järgmised osad, millega peab tutvuma kasutuskoolitusel ja vastavalt kasutusjuhendile.

- Käiviti
- Õhufilter
- Kütusemahuti
- Kandetrakside kinnitus ja seiskamisnupp
- Reguleeritav käepide
- Gaasihoob
- Vars
- Nurgavaheti
- Terakaitse
- Saetera
- Transpordikate

Sae lisavarustusse kuuluvad kandetraksid, mille külge saag töötamise ajal kinnitatakse.

Kütus
Trimmeril on kahetaktiline mootor, mis kasutab bensiini ja kahetaktilise mootori õli segu. Enamasti kasutatakse valmis segu. Trimmeri kütusepaagi täitmisel tuleb mootor seisata.

Käivitamine
Käivitamine toimub vastavalt kasutusjuhendile. Enne käivitamist tuleb veenduda, et trimmeri käivitamine on ohutu.

10.4.6. Trimmeri kasutamine liinikoridori puhastamisel

Mootoril lastakse enne saagimise alustamist tühikäigul soojeneda. Kasutaja paneb peale kandetraksid ja kinnitab trimmeri trakside külge.

Joonis 115. Tööasend trimmeriga saagimisel.

Trimmeri lõiketera pöörleb vastupäeva, seega on töösuund paremalt vasakule. Mootori ja lõiketera pöörded tuleb töö ajal ühtlaselt kõrgel hoida. Töö käigus tuleb tähelepanu keskendada konkreetsele lõikamisliigustusele. Kui tegemist on väikeste puude, läbimõõt kuni 3 cm, langetamisega, kasutatakse aeglast niitmisliigutust. Kui tegemist on suuremate puudega, langetakse need kindlate liigutustega üks korraga. Väldi saagimist tera kella 12-13 asendis.

Joonis 116. Terakaitse saagimise ajal toena kasutamine.

Saagimisel tuleb toena kasutada terakaitset, siis ei teki külgmisi lööke, ühtlasi vähendab see püsti jäänud puude vigastamisohtu.

Ohutusjuhised:

1. Võsatrimmeri kasutaja peab hoolitsema selle eest, et kõrvalised isikud oleksid töö ajal trimmerist vähemalt 5 m kaugusel. Kui trimmer käes ja mootor töötab, ei tohi pöörata, kui läheduses on teisi inimesi. Puude langetamisel ei tohi kasutada abimeest näiteks puude pikali lükkamiseks.
2. Saagimisel tuleb kasutada turvavarustust. Kaitsekiivrit, kaitseprille, kuulmiskaitseid ja töökindaid.
3. Enne saagimise alustamist tuleb veenduda, et lõiketera on õigesti valitud ja korralikult kinni.
4. Trimmerit ei tohi käivitada kütusemahuti täitmiskohas - tulekahjuoht.
5. Trimmeri tera tuleb transpordi ajaks või kui trimmerit ei kasutata, maha monteerida või katta kaitsekattega.

Igapäevane hooldus
Trimmer puhastatakse mustusest.
Puhastatakse õhufilter ja silindri jahutussõrestik.
Kontrollitakse kõikide kruvide pinguldust.
Kontrollitakse, et trimmeril ei ole kütte- ja määrdeainelekkeid.
Kontrollitakse süüteküünla seisukorda ja elektroodide vahet.

11. TRANSPORT JA TÕSTED

11.1. Transport

11.1.1. Nõuded juhtimisõigusele

11.1.1.1. Üldist

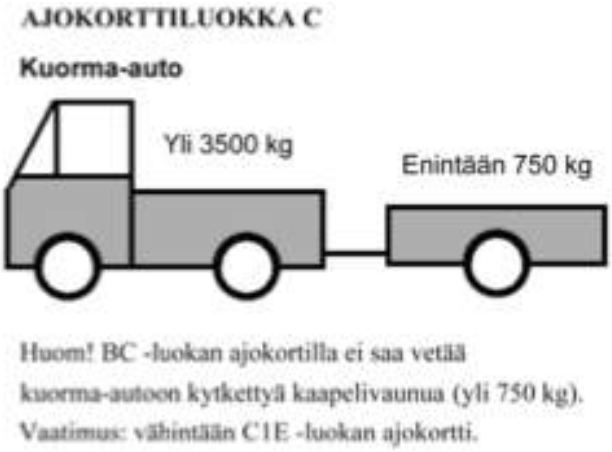
Võrgutööde käigus kasutatakse erinevaid sõidukeid ja nendega ühendatud haagiseid ning pukseeritavaid seadmeid, nt korvtõstukeid, kaablivedamiskärusid jne. Autojuht peab enne sõidu alustamist alati teadma, millise kategooria lube teatud sõiduki või autorongi juhtimine nõuab. Juhiloanõudele vastavad täismassid on toodud auto tehnilises passis punktis F. Pukseeritavate seadmete, näiteks kaablikärude, generaatorite vms puhul, millel tehnilist passi pole, tuleb mass määrata arvutuste või mõõtmise teel.

11.1.1.2. Näiteid juhiloakategooria kohta kehtivatest nõuetest

B -kategooria juhiluba:
- Sõiduauto või kaubik, täismass kuni 3500 kg.
- Sõidukiga võib ühendada kuni 750 kg kaaluva haagise. Sellisel juhul võib autorongi täismass olla maksimaalselt 3500 + 750 = 4250 kg.
- Sõidukiga võib ühendada ka üle 750 kg haagise, kuid siis kehtivad järgmised piirangud: autorongi täismass võib olla 3500 kg ja haagise täismass ei tohi ületada vedukauto massi.

C -kategooria juhiluba:
- Veoautod ja muud sõidukid, mille täismass on üle 3500 kg ja kus on lisaks juhile kuni kaheksa kohta.
- Autorong, mille veduk kuulub sellesse kategooriasse ja milles pukseeritava sõiduki täismass on kuni 750 kg.

Oluline on teada, et C -kategooria juhiluba ei anna õigust vedada veoautoga nt kaablikäru, mille mass on üle 750 kg. Selleks on nõutav BC1E-kategooria juhiluba.



Joonis 117. Näide C- -kategooria juhiloaga lubatud autorongist (HeadPower Ohje T8-50-1).

C1E -kategooria juhiluba:
- Veoauto tühimass kuni 7500 kg.
- Autorong, mille täismass on kuni 12000 kg. Haagise täismass ei tohi ületada veduki tühimassi.

CE -kategooria juhiluba:
- Veoauto tühimass üle 3500 kg
- Pukseeritava haagise tühimass üle 750 kg.

11.1.2. Inimeste transport

Veoks kasutatakse tavaliselt brigaadi autosid, mis väljuvad hommikul ettevõtte asukohast ja naasevad õhtul samasse kohta. Auto võib olla varustatud lõunapausiks vajalike lisaseadmetega või kasutatakse töökoha läheduses olevaid lepingulisi söögikohti. Vahel on kasutusel ka teisaldatav soojak, kus saab kaasavõetud lõunat süüa ja vajadusel märgi tööriideid kuivatada.

11.1.3. Materjalide transport

11.1.3.1. Üldist

Kõikide materjalivedude puhul tuleb alati tagada koorma paigalpüsimine transpordi ajal. Rasked kaablitrumlid ja töömasinad lahtiselt veoauto kastis või vaid tõstuki noolega kinnitatult on alati risk, kui sõidukijuht on sunnitud liiklustakistuse tõttu järsult pidurdama. Seadmete ja esemete paigalpüsimine tagatakse usaldusväärse kinnitusega. Kinnitamiseks kasutatakse piisavalt tugevaid koormakinnituslinte ja nende kinnituskohti.
Kõik veokasti piire ületavad esemed nii taga kui ees tuleb valgel ajal tähistada lintidega ja pimedal ajal tuledega.

Koorma eest vastutab alati sõidukijuht.

11.1.3.2. Mastide vedamine brigaadiautoga

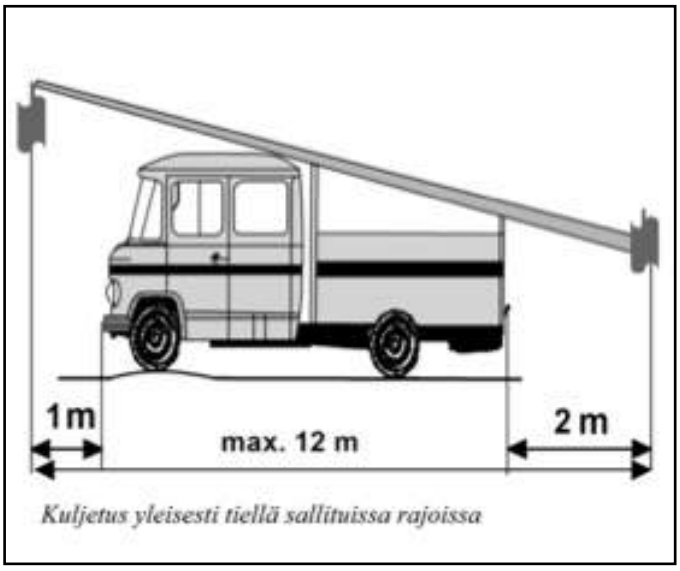
Väikest arvu maste veetakse samas brigaadiautos, milles veetakse ka muid tarvikuid ja brigaadi. Veoks kasutatakse erinevaid veoautosid, kuid on muid variante mastide vedamiseks, näiteks sõiduauto/kaubikuga. Veoautodes on mastide vedamiseks spetsiaalne transpordialus, mastipink. Mastipingi eesmise osa moodustab kasti esiosa või spetsiaalne kasti ees paiknev pingiosa. Mastipingi tagumine osa on kasti tagumise luugi kohal. Mastipingile esitatakse järgmised nõuded:

- Libisemistakistus, mis hoiab ära mastide edasi liikumise veo ajal
- Servatõke, mis hoiab ära mastide pöörlemise
- Konksud või silmused mastide kinnitamiseks

Mastide lastimisel peab osalema vähemalt kaks töölist, kui tõstukit ei kasutata, sest süvaimmutatuid mast kaalub olenevalt suurusest mitusada kilogrammi.

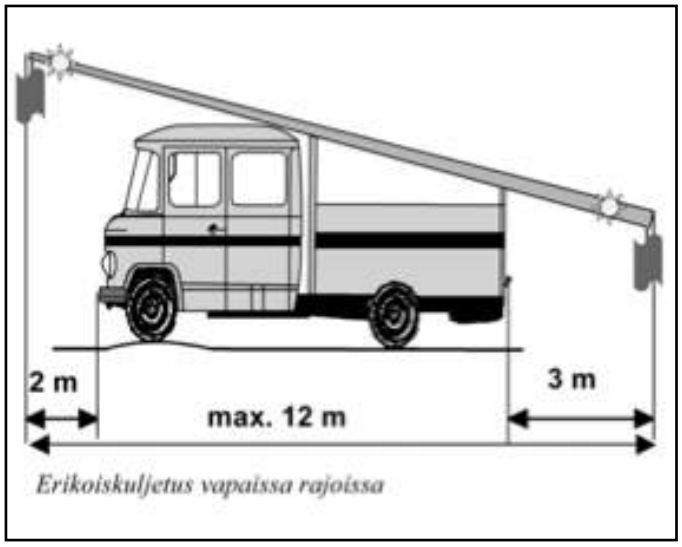
Joonis 118. Mastide transpordialuste, mastipinkidega, varustatud veoauto (Empower).

Transport avalikel teedel lubatud piirides
Mastide vedamisel võib mast ületada auto pikkuse eest 1 m ja tagant 2 m võrra. Veetava masti maksimaalne pikkus on 12 m. Kui koorem ulatub üle auto välisgabariidi või tagant üle ühe meetri üle välisgabariidi, tuleb koorma väljaulatuv osa selgesti nähtavalt tähistada. Tähistamiseks kasutatakse punast või kollase-punasetriibulist tähistust suurusega vähemalt 300 x 300 mm. Pimedal ja hämaral ajal tuleb veoauto kastist väljaulatuv osa tähistada ees valge tule või helkuriga ja taga punase tule või helkuriga. Koormast väljaulatuva osa tähistamise eest vastutab sõidukijuht. Tähistamiseeskirjad tulenevad sõiduki teedel kasutamise eeskirjadest (asetus ajoneuvon käytöstä tiellä (1257/1992)).



Joonis 119. Masti vedamine avalikul teel lubatud piires (HeadPower Ohje T8-20-1).

Eritransport vabades piirides
Soome transpordiministeeriumi eritranspordi ja eritranspordiks kasutatavate sõidukite kohta tehtud otsuses (Liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoiskuljetusajoneuvoista (1715/1992)) sätestatud nõuete kohaselt võib mast ulatuda üle sõiduki välisgabariidi ees 2 m võrra ja taga 3 m võrra, kuid suurimat transpordipikkust, 12 m, ei tohi ületada. Koorma tähistamiseks tuleb sellisel juhul kasutada spetsiaalvalgusteid. Valgustid tuleb paigaldada selliselt, et need oleksid koorma välisgabariidist kuni 1 m kaugusel.



Joonis 120. Masti eritransport vabades piirides (HeadPower Ohje T8-20-1).

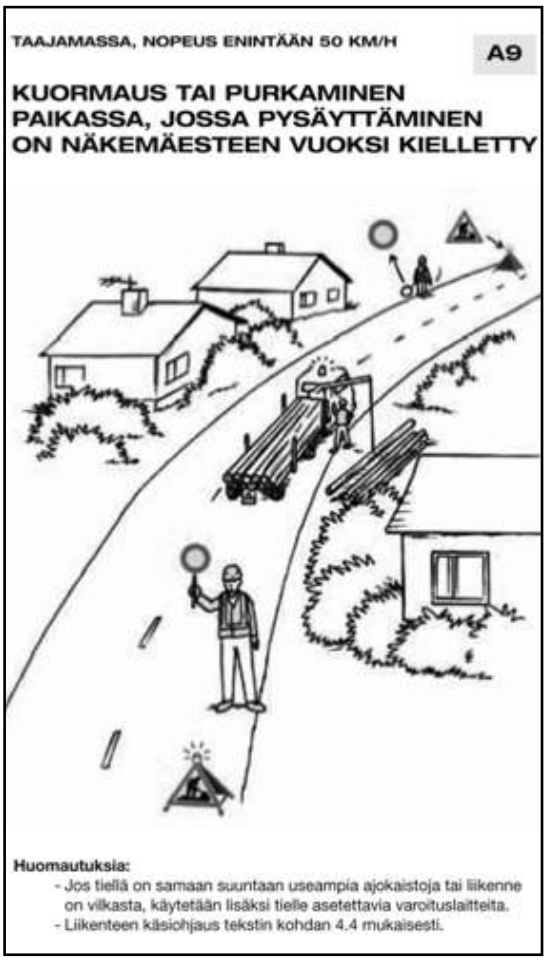
Veetavate mastide kogused
Maste võib lastida veokisse vaid ühe kihina. Sellisel juhul piirdub veetavate mastide arv kasutatava auto tüübist ja mastide suurusest olenevalt 2 – 6 mastiga. Koorma laadimisel tuleb kindlasti arvestada sõiduki kandevõimet ja lubatud teljekoormust.

Koorma kinnitamine
Mastid seotakse ja sidemed pinguldatakse ees ja taga paiknevate kinnituspunktide külge. Sidumiseks kasutatakse pinguldatavaid sidumisvöösid. Koorma sidumise eest vastutab autojuht, kes peab veenduma koorma kindlas püsimises enne sõidu alustamist ning pinguldama koormasidemeid vajadusel ka teekonna ajal.

11.1.3.3. Mastide vedamine erisõidukitega

Suurt kogust maste veetakse transpordifirmade erisõidukitega maantee äärde kokkulepitud kohta, kust algab maastikus vedamise liikumistee. Kui liin on ehitatud maantee äärde, võib mastid jätta otse mastide püstitamiskoha lähedusse. See eeldab mastide õiges järjestuses maha laadimist.

Koorma maantee servas mahalaadimisel ja pealelaadimisel tuleb arvestada liikluseeskirju. Kui nähtavus on piiratud, peab teisi teekasutajaid vastavate märkidega koorma mahalaadimiskoha eest hoiatama või korraldama valve mõlemale poole laadimiskohta. Pimedal ajal tuleb hoiatustähistena kasutada kasutusloa saanud helkuritega varustatud hoiatuskolmnurki või vilkureid.



Joonis 121. Mastikoorma peale või maha laadimine maantee ääres (Liikennejärjestelyt verkostotöissä, joonis A9).

Maste ei tohi mingil juhul jätta sõidutee serva selliselt, et need võivad liiklust ohustada.

Mastid laaditakse maha vahelattu, kus need viiakse edasi püstitamiskohta. Laoplatsi jaoks tuleb alati saada maaomaniku luba ja see tuleks hankida juba projekteerimisfaasis.

11.1.3.4. Mastide vedamine püstitamiskohale.

Mastid veetakse püstitamiskohale maastikul sõiduks sobivate traktorite, maasturite, ekskavaatorite ja ATV-dega. Mastid kinnitatakse kettidega mastipinkide külge. Traktor võib vedada korraga 2 – 5 masti ning roomikutega maastur või maastur 1 – 3 masti.

Lumistes oludes saab mastid vedada kohale ka suuremõõtmelise mootorkelgu või ATV-ga. Rasketes tingimustes kasutatakse abivahendina lohistit, millega mastid veetakse kohale traktori või auto vintsi abil. Kui veoteekond on pikk, tuleb mastist mahakulunud osa enne püstitamist eemaldada.

Joonis 122. Mastide teisaldamine püstituskohta.

Joonis 123. Masti paigutamine vaiale tõstukiga tõstmisel.

Püstituskohas paigutatakse mast selliselt, et seda ei pea püstitamisel tarbetult teisaldama või keerama. Tuleb siiski kontrollida, et mast mastiaukude kaevamisel ette ei jääks.

Kui mastid tõstetakse masinasse tõstmiseks postidele, tuleb jälgida mastide tõstesuunda, sest masti keeramine enne tõstmist aeglustab tööd.

Masinaga tõstmisel viiakse mast posti juurde selliselt, et tüvi on umbes 3 m postist möödas ja osutab tõstuki liikumissuunas ja masti keskpunkti kaugus postist on umbes 2 meetrit.

11.1.3.5. Juhtmematerjali vedu

Juhtmematerjali vedamisel tuleb arvestada kavandatud juhtmetevedamise viisi. Juhtmetrumlid laaditakse maha autotee äärde selliselt, et vahemaa maastikul paiknevate trumlikohtadeni oleks võimalikult lühike.

Juhtmetrumleid ei tohi auto kastist lihtsalt maha visata, vaid laaditakse ettevaatlikult tõstuki abil maha. Trumlite laudadest konstruktsioone või kaitsepappi ei tohi enne vedamise alustamist eemaldada.

Juhtmetrumlid veetakse trumlitele mõeldud kohtadesse näiteks traktori järelkäru, maastikuauto, traktoriga ühendatud lohisti või talvisel ajal suure lumekelgu või roomikutega maasturi abil.

11.1.3.6. Muu materjali vedamine

Kogu materjal, mida vajatakse ühe töölõiguna teostatava liiniehitustöö ajal, peab olema ehituskohal enne töö alustamist. Materjali ei tohi samas töölõigule liiga varakult valmis vedada, sest on olemas oht, et materjal võib enne paigaldamist kahjustuda või kaduda, näiteks talvel lume alla jäädes.

Juba liini maastikuplaneerimise etapis vaadatakse välja tarvikutele sobivad mahalaadimis- ja ladustamiskohad. Tarvikud tuuakse kohale nii suurtes partiides ja jagatakse maastikutranspordiks sobiva sõiduvahendiga edasi mastide asukohtadesse. Kui tarvikud on mastide järgi nummerdatud ja paigutatakse lattu nõuetekohases järjestuses, suudab ka vähem asjaga kursis olev töötaja need maastikul õigetesse kohtadesse vedada. Tarvikud tuleb paigutada töökohal õiges järjestuses selliselt, et tarvikud püsiks alles ja ei jääks üheski tööfaasis teistele töödele ette.

Teatud ettevõtetes tarnib hulgimüüja ehitusmaterjali otse maastikule, kasutades selleks erinevaid võrk- ja konteinerpakendeid.

Väikeste tööde puhul veetakse materjal töökohale alles koos brigaadiga. Kui brigaadiautode veovõimsus on kasvanud, saab väiksema, 1- 4 masti liiniosa tarvikud vedada brigaadi autos otse ehituskohale. Brigaadi autode kastikonstruktsioone on täiendatud selliselt, et neis olevates kastides on brigaadi töö- ja isikukaitsevahendid alati kaasas.

Joonis 124. Hulgimüügifirma tarvikute konteiner täidab maastikul lao aset.

11.2. Tõstetööd

11.2.1. Üldist

Enamikul elektritöö brigaadide veoautodel on ka tõstuk. Tõstukit kasutatakse auto peale võrgutöös vajalike ehitustarvikute, kaablitrumlite, tarvikupakkide ja vahel ka mastide peale ja koorma maha laadimiseks. Tõstukit kasutatakse samuti konstruktsioonide mastide otsa tõstmisel ning korvtõstukina, kui töötatakse kõrgel asuvates paigalduskohtades.

Tõstukit võivad kasutada ainult vastava ettevalmistuse saanud töötajad. Vale või hoolimatu tõstukikasutus on ohtlik nii kasutajale endale kui ka teistele töökohal viibivatele inimestele. Inimeste tõstmine kehtestab erinõudeid tõstukikasutajale ja tõstukikorvis töötavatele töötajatele. Kõikides tõstetöödes tuleb alati kasutada kaitsekiivrit.

11.2.2. Tõstuki kasutamine võrgus ehitustööde tegemisel

Võrgus ehitustööde puhul tuleb arvestada, et:
- tõstetööd on eelnevalt planeeritud ja selgitatud välja, et kasutatav tõsteteekond on ohutu
- on välja selgitatud tõstetava eseme kaal, tüüp, raskuspunkt, kaitsekonstruktsioonid ja võimalikud tõstekohad või muud kinnitusvõimalused
- kui lähedale tõstekohale on võimalik autoga tõstmise ajaks sõita ja selle põhjal veendutakse et tõstuk suudab seda koormat tõsta
- auto tuleb parkida nii, et see ei takista muud liiklust ja autol on kollane vilkur katusel
- auto tuleb enne tõstmist alati tugijalgadega toestada ning veenduda, et pinnas tugijalgade all on piisava kandevõimega ja tasane. Vajadusel kasutatakse tugijalgade all lisaplaate
- tõstmise ajal peab tõstuki kasutaja jälgima tõstuki noole ja koormuse liikumist või nende liikumist jälgiva abimehe antud juhiseid
- tõstetööde käigus tuleb veenduda, et kasutatavaid tõsteabivahendeid on lubatud selles töös kasutada ja need on kontrollitud
- eriti ettevaatlik tuleb olla töötades elektriliinide läheduses ja järgida kindlasti turvalisi vahekaugusi
- tõstuki kasutamisel peab igal töös osaleval töötajal olema kaitsekiiver.

Tõsteabivahendite aastaülevaatuse teostamine märgitakse vahenditele värvikoodiga, mille abil on kerge veenduda, et töövahend on turvaline:

Tabel 20. Tõsteabivahendite ülevaatuste värvikoodid.

Aasta	Värvikood
2010	Kollane
2011	Valge
2012	Roheline
2013	Oranž
2014	Sinine

2015. aastal algab ülevaatusel kasutatud värvikoodide ringlus otsast peale. 2015. aasta värvikood on kollane jne. Samu kontrollvärve kasutatakse ka mõõtevahendite kalibreerimisel.

Joonis 125. Tõstuk tõstetöös (Empower).

11.2.3. Inimeste tõstmine tõstukiga

Inimeste tõstmisel tuleb järgida Soome riiginõukogu otsuses (Valtioneuvoston päätos (793/1999)) toodud juhiseid ja eeskirju.
Tõstukiga saab tõsta ka inimesi, kui järgitakse järgmisi nõudeid:

- tõstetööde järelevalvespetsialistil peab olema piisav tehniline pädevus ja kogemused tõstuki kasutamisest inimeste tõstmiseks. Enamasti teostab tõstetööde järelevalvet selle töölõigu eest vastutav brigadir
- tõsteseadme kasutajal peab olema vähemalt 12 kuud kogemust kasutatava tõstuki juhina ning läbitud inimeste tõstmise koolitus
- tõstuki tõstekorvis võib tõsta ainult vähemalt 18-aastast isikut, kellel ei ole sellist haigust või puuet, mis võiks tööohutuse tagamist takistada
- tõstukikoolituse ja inimeste tõstmiseks korraldatud väljaõppe kohta tuleb pidada koolitusregistrit
- inimeste tõstmiseks mõeldud tõstekorvile ja tõstukile tuleb teostada kasutuselevõtuülevaatus. Kasutuselevõtuülevaatuse teostab volitatud hooldusfirma ja ülevaatuse kohta koostatakse protokoll
- enne tõstetööde alustamist peab tõstetööde järelevalve eest vastutav töötaja fikseerima, kas kasutuselevõtuülevaatus on tehtud ja tõsteseade on visuaalselt hinnates nõuetekohases korras
- enne tõstetööde alustamist peab tõsteseadme operaator teostama igapäevase ülevaatuse, mille käigus kontrollitakse visuaalselt tõstuki ja korvi kinnitusdetailide seisukorda ning testitakse tõstuki ja turvaseadmete toimimist.

Joonis 126. Võrgutööks sobiva tõstuki inimeste tõstmise korv (Empower).

Tõstukikorvis inimeste tõstmisel tuleb järgida järgimisi põhimõtteid:

1. Inimeste tõstmine on lubatud ainult siis, kui nähtavus on hea ja tõstmisolukord selline, et ilmastikutingimused, näiteks tuul, ei ohusta töö turvalist teostamist.
2. Tõstukijuht ja korvis töötav töötaja peavad kõikides tööolukordades omavahel piisavalt sidet pidama. Kui neil ei ole silmsidet, tuleb kontaktihoidmine tagada raadiotelefoni või vastava meetodi abil.
3. Inimeste tõstmiseks mõeldud korvi ei ole lubatud kasutada esemete tõstmiseks ning tõstukiga ei tohi inimeste tõstmise ajal tõsta muid koormaid. Korvis peavad siiski olema tööks vajalikud tarvikud ja töövahendid, kui korvi suurimat lubatud tõstejõudu ei ületata ja korvi stabiilsust ei vähendata. Tuleb hoolitseda selle eest, et töövahendid ja esemed ei ulatuks üle korvi servade ega tekita sellega õnnetusohtu.
4. Tõstukikorvi viimist maapinnal töötavate inimeste kohale tuleb vältida ning korvi alla jääv piirkond tuleb piiritleda tõhusalt võimalike alla kukkuvate esemete tõttu.
5. Tõsteseadme operaator peab pidevalt jälgima korvi liikumist ning ta ei tohi lahkuda tõstuki juhtimisseadmete vahetust lähedusest inimeste tõstmise ajal ei saa.
6. Inimeste tõstmiseks ettenähtud korvis töötaja peab alati kasutama turvavööd , mille turvatropp peab alati olema kinnitatud korvi külge.

7. Korvis peab olema avariilüliti korvi liikumise seiskamiseks. Avariiolukorras korvist lahkumiseks peab korvis olema nt laskumisköis.
8. Tõstetööde järelevalvet teostav töötaja peab vajadusel inimeste tõstmise ajal viibima tööobjektil.

11.2.4. Inimeste tõstmine tõstukikorviga võrgus töötamise ajal

Võrgus töötades kasutatakse sageli pukseeritavaid teleskoopnoolega tõstukeid. Tõstukid töötavad elektritoitel ja/ või sisepõlemismootoriga. Tõstmist saab juhtida tõstekorvist, siis ei ole eraldi tõsteseadme operaatorit vaja.
Inimeste tõstmiseks kasutatava tõstuki operaatoril peab olema piisav kasutuskogemus sellise tõsteseadme kasutamiseks ja tal peab olema väljaõppe läbimisel viitav märge koolitusregistris. Tõstuki operaatoril peab olema tööandja poolt väljastatud kirjalik luba tõstuki kasutamiseks inimeste tõstmiseks.
Tõstukiga inimeste tõstmiseks kehtivad samad ohutusnõuded nagu eespool tõstekorvi kohta. Kukkumiskaitset tuleb kasutada igas tõsteolukorras. Rikke tekkel peab olema võimalik korv alla lasta.

Joonis 127. Kukkumiskaitse inimeste tõstmise korvis (Empower).

12. LIIKLUSKORRALDUSED

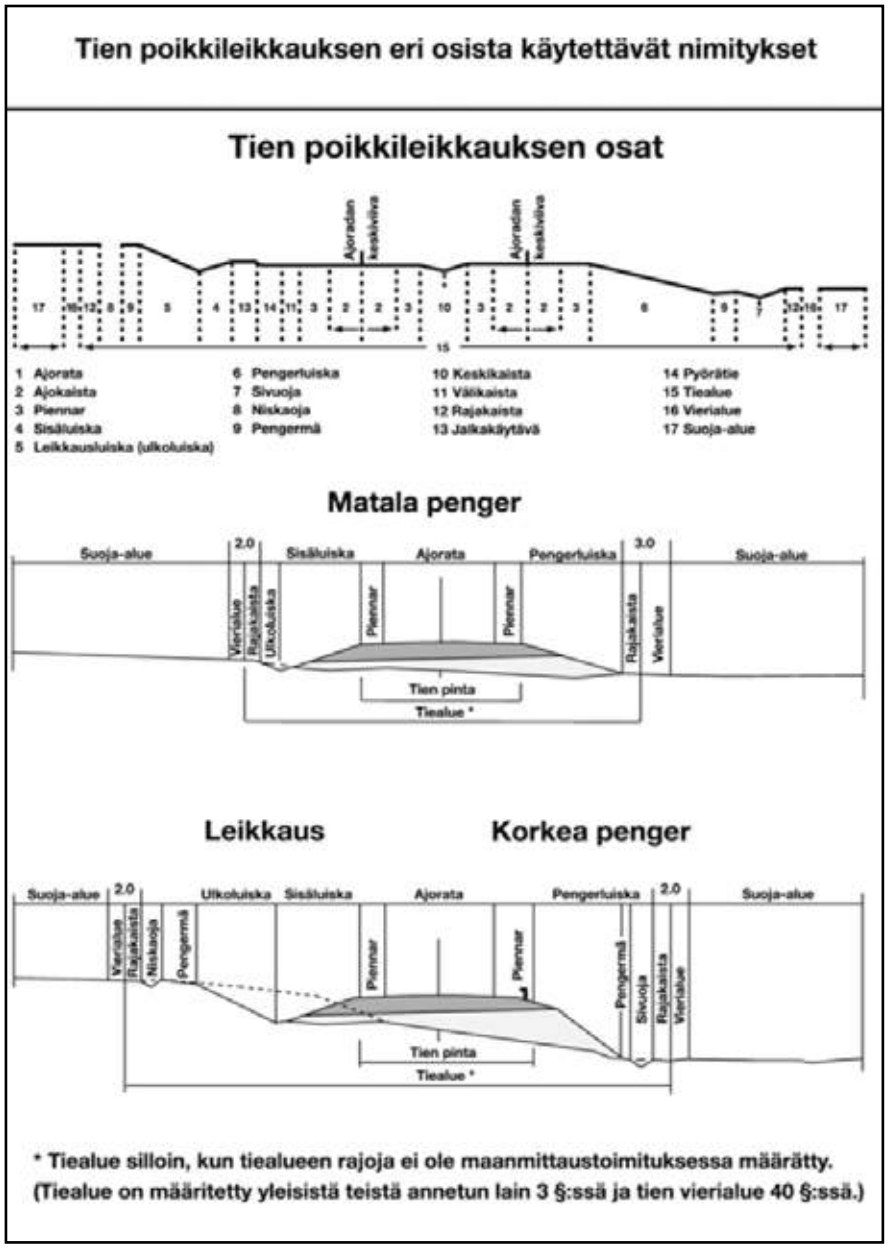
12.1 Üldist

Työturvallisuuskeskus on avaldanud Sähköalojen työalatoimikunta algatusel juhised Liikennejärjestelyt Verkostotöissä (Liikluskorraldus võrgutöödel), milles on toodud põhjalikud juhised ka õhuliinidega seotud tööde kohta ja millel põhineb ka käesoleva raamatu järgnev tekst.

Tee-, tänava- või muu liiklusalal või selle läheduses tehtavad tööd tuleb teostada selliselt, et need ei ohustaks töötajaid ega liiklust. Teel tehtav töö ei tohi ka liiklust tarbetult häirida. Liiklusaladel tehtavad tööd liigitatakse tööohutusseadusandluses ohtlike tööde hulka, mis tuleb eelnevalt hoolikalt planeerida.

Tee defineeritakse Soome maanteeliikluse seaduses (Tieliikennelaki (267/1981)) § 2 alusel üldnimetusena avaliku või eratee, tänava, planeeringujärgse ühenduse, väljaku või muu liiklusele avatud või liikluseks kasutatava alana. Edaspidi on tekstis kasutatud termineid tee või tänav nimetatud liiklusühenduse või ala tähenduses.

Maanteeseadus 503/2005 (Maantielaki, MaantL)
Maantee on selline tee, mis on avatud üldiseks liikluseks ja mille haldamise tagab riik. Liiklusalase jaotuse põhjal liigitatakse maanteed põhimaanteedeks, tugimaanteedeks, kohalikeks teedeks või ühendusteedeks.



Joonisel 128 on loetletud maanteede erinevad osad.

Maantee juurde kuuluvad:

1) Sõidurada teepeenraga ja muud liikluse kasutusse mõeldud alad, kõnnitee ja jalgrattatee, eritranspordile mõeldud tee, parkimiskoht või –ala, ühistransporti ja selle kasutajaid teenindav ala või puhke-, ladustamis- või lastimisala;
2) Eespool punktis 1 nimetatud alade säilimise ja kasutamise tarvis püsivalt vajalikud ja nendega otseselt seotud konstruktsioonid, rajatised ja seadmed;
3) Liikluse suunamise seadmed ja muud teekasutajate juhendamiseks vajalikud konstruktsioonid, rajatised ja seadmed ning
4) Muud teehoiu või liikluse ja sellest tulenevate ebameeldivuste ennetamiseks vajalikud alad, konstruktsioonid, rajatised ja seadmed nagu müratõke ja ulukiaed.

Maantee juurde kuulub parkimisala, mis on teega ühendatud ning ala, mida on vaja riigipiiri ületava maanteeliikluse toimingute teostamiseks.

Eespool lõikes 1 ja 2 nimetatud ala moodustab maanteeala. Teeala, mille piire ei ole maamõõtmisel määratletud, ulatub kahe meetri kaugusele kraavist või, kus kraavi ei ole, teenõlva või lõike välisservast.

Joonis 128. Maantee erinevate osade nimetused

12.2. Teealale suunatud töö ning rajatiste ja seadmete paigutamine teealale (Soome maanteeliikluse seadus § 43)

Teealale suunatud tööd ning rajatiste, liinide ja muude seadmete paigutamine teealale eeldab teehoiuettevõtte luba. Luba võib väljastada, kui toiming ei põhjusta kahju või häireid teehoiule. Loa saaja on kohustatud teostama rajatise või seadme ja hoidma selle korras teehoiuasutusest antud juhiseid järgides. Kui rajatise või seadme kasutamine põhjustab liiklusele kahju või takistusi teehoiule, on loa saaja kohustatud oma kulul tegema teehoiuettevõtte nõutud vajalikud muudatused või teisaldama või eemaldama rajatise või seadme.

Kui muust seadusest sätestatust olenevalt ei ole luba vajalik, tuleb aegsasti enne toimingu alustamist teavitada kavatsusest teehoiuasutust.

12.3. Teehooldaja vastutus

Vastutus hoida tee liikluseks vajalikuks seisukorras on tee hoidjal, kes on avalikel teedel Tiehallinto. Mujal on tee hoidjaks kas omavalitsus, erateed haldav kogukond või tee omanik. Tee hoidjal on õigus paigaldada liiklusmärke (maanteeliikluse seaduse (TLL) § 51 ja maanteeliikluse määruse (TLA) § 49) ja kohustus hoiatada liiklust, ning kui tingimused seda nõuavad, sulgeda tee osaliselt või tervikuna teel tehtava töö tõttu (maanteeliikluse määruse (TLA) § 50).

Ka politsei on (maanteeliikluse seaduse (TLL) § 54 ja maanteeliikluse määruse (TLA) § 51) alusel õigus tee ajutiselt sulgeda võistluse või muu ürituse tõttu või kiireloomulist reageerimist nõudvas olukorras.

12.4 Vajalikud load

Luba kavandatud tööks
Kõik tee- või tänavaala puudutavad või neil tehtavad kolmandatele isikutele vajalikud töö eeldavad maanteeseaduse või omavalitsuse ehituseeskirja alusel loa hankimist. Loataotlus tuleb esitada kirjalikult ning aegsasti lube väljastavasse asutusse menetlemiseks.

Kui tegemist on tee- või tänavaalale paigutatava seadme või rajatisega, näiteks maakaabli või õhuliiniga, kuulub tööluba enamasti teehooldaja ja seadme haldaja vahelisse lepingusse. Lepingupooled sätestavad detailsed kohustused paigaldustööde teostamiseks ja hilisemaks korrashoiuks. Lepingus on sellisel juhul ka tööaegsete liikuskor-

raldustööde nõuded.

Loataotluses esitatakse töö ja töömeetodi ning töö teostamise aja ja kohaga seotud andmed ning taotluse esitaja kontaktandmed. Taotlus avalike teede kohta koostatakse Tiehallinto blanketil.

Luba sisaldab tööd puudutavaid tingimusi, näiteks:
- tööd ei tohi alustada enne, kui teehaldaja esindaja on kinnitanud liikluskorralduskava, teekonstruktsiooniga seotud kaevetöödes on läbi viidud esmane ülevaatus enne töö alustamist ning töö lõppedes lõpliku ülevaatuse
- muude tööde, välja arvatud eespool nimetatud, tuleb töö alustamisest ja valmimisest teatada teehaldaja esindajale või liikluskeskusesse, tel 0200-2100
- kui tööga seostub liikluskorraldusi peatumismärguandega, tuleb veenduda liikluse reguleerijal vajaliku kvalifikatsiooni olemasolus. Liiklusreguleerijate nimed tule edastada teehaldajale ja saada temalt nimetatud isikute rakendamiseks nõusolek (maanteeliikluse määruse (TLA) § 2 lg 3)
- liikluskorraldustes või muudes liikluse üldise ohutusega seotud nõuete rikkumises võib teehaldaja jätta endale õiguse kõrvaldada puudused loa saaja kulul, kui loa saaja ei kõrvalda puudusi teehaldaja poolt antud tähtaja jooksul.
- tõsistes liiklusohutust ohustavates olukordades on teehaldaja esindajal õigus töö katkestada, kuni liikluskorralduses esinevad puudused on kõrvaldatud.

Lepingus võib sätestada ka otseselt liikluskorraldusega seotud teatud näidiskorralduste kasutamist võrgu kontrollimisel ja hooldusega seotud töödes. Tänavavõrgus erinevate trasside kaevamiseks vajalikku luba nimetatakse kaeveloaks.

Luba tööaegseteks liikluskorraldusteks
Tööaegsed liikluskorraldused on üks loatingimus Tiehallintolt saadud tööloa väljastamiseks. Eraldi luba liikluskorralduste jaoks ei ole vaja. Omavalitsustes on lubade väljastamise ja luba väljastavate ametnikega seotud toimingud erinevad. Eratee liikluskorraldustes lepitakse kokku teehooldaja, teostaja või tee omanikuga.

Otsus kiiruspiirangu kehtestamiseks
Avalikul teel tehtav töö eeldab peaaegu alati kiiruse piiramist võrreldes kehtiva piiranguga. Töö jaoks kinnitatud liikluskorraldusprogrammis on kirjeldatud objektil vajalikke kiiruspiiranguid. Kolmanda isiku õiguskaitse tagamine eeldab, et töö teostaja koostab kiiruspiirangute tase ja kehtivusala puudutava dokumentatsiooni nii, et kehtinud piiranguid saab tuvastada ka peale töö lõppu. Tingimused on toodud tööloas.

12.5. Tööohutusega seotud toimingud

Tööohutusseadusandluse nõuded
Soome riiginõukogu otsust ehitustööde ohutuse (Valtioneuvoston päätös rakennustyön turvallisuudesta (VNp 205/2009)) kohta rakendatakse ka võrgus töötamisel. Iga ehitusprojekti osapool peab objektil hoolitsema selle eest, et töö ei põhjustaks ohtu ehitusobjektil töötajatele ega teistele isikutele, kes viibivad töö mõjualas.

Võrgus töötamisel tuleb vajadusel arvestada ka liikluse tõttu töötajatele tekitatud ohte ning teisalt võrgus töötamisest liiklusele tulenevad ohte.

Töö tellija
Töö tellija või teine isik, kes suunab projekti kulgu ja ettevalmistusi või teostab järelevalvet, on kohustatud hoolitsema selle eest, et võrguprojekti korralduslik pool kavandaks selliselt, et töö saab tehtud turvaliselt töö teostajatele või tee kasutajale ohtu põhjustamata. Ohutusega seotud küsimuste kohta tuleb pakkumiskutsele lisada eraldi ülevaade, ohutusdokument. Iga ehitustöö tellija on kohustatud nimetama ehitusobjektile turvalisuskoordinaatori. Turvalisuskoordinaator on alati töö tellija poolt nimetatud isik, kelle ülesandeks on hoolitseda töö tellijale kehtestatud nõuete täitmise eest.

Peateostaja
Peateostaja (VNp 629/94 § 2) mõeldakse peatöövõtjat või tema puudumisel tellijat või teist isikut, kes suunab nt võrgutööd või teostab selle järelevalvet. Peateostaja on kohustatud nimetama projektile pädeva vastutava isiku. Peateostaja koostab töö teostamiseks ohutusplaani.

Töövõtja
Kõik ehitusobjektil töötavad töövõtjad töötavad peateostaja alluvuses. Töövõtja nimetab töövõtule pädeva vastutava isiku. Kõikide teel tehtavate tööde jaoks kavandab töövõtja tööandjana eelnevalt tööks vajalikud turvameetmed, mis tulenevad tööga seotud riskide hindamisel. Selle alusel valib töövõtja kaitsetoimingud ja tööülesannete täitmiseks vajalikud isikukaitsevahendid.

Liiklusohutusega seotud ülesanded
Teealal või selle läheduses tehtavatest töödest tulenevad liikluskorralduslike meetmete teostamise eest kokkulepitud viisil vastutab töövõtja. Igale ehitusobjektile tuleb nimetada isik, kes vastutab tee liigeldavuse, liikluskorralduse, liiklusmärkide paigaldamise või teiste ohutusmeetmete tagamise eest. Liikluskorralduste kontrollimine kuulub iganädalase turvakontrolli ülesannete hulka.

Olenemata töö ulatusest või kestusest peab töövõtja järgima tehtavas töös nt liikluse suunamise plaani või –seadmeid puudutavaid nõudeid. Eesmärgiks on ohusituatsioonide ennetamine ja ohutuse tagamine ning hoolitsemine liikluse sujuvuse eest.

Kiiret reageerimist nõudvates avarii- või kahjustusolukordades tuleb viivitamatult võtta ühendust politseiga, et tagada oludes vajalik kiire abi liikluse korraldamiseks (Soome maanteeliikluseseadus, tieliikennelaki TLL § 54). Selles küsimuses tuleb võtta ühendust lube väljastava ametiasutusega ning avalike teedega seotud küsimustes Tiehallinto liikennekeskusega (telefon 0200 2100).

Avalikel teedel toimuvates erivedudes tuleb järgida transpordiministeeriumi otsust erivedude ja erisõidukite kohta (liikenneministeriön päätös erikoiskuljetuksista ja erikoisajoneuvoista (1715/92, muudetud 958/98)).

Läbipääsunõuded teel tehtavas töös
Avalikel teedel töötavate masinajuhtide ja töötajate pädevusnõue on Tiehallinto poolt välja töötatud tööohutuse ja liikluskorralduskoolituse koolitusprogrammi Tieturva alusel omandatud Tieturva 1 –kvalifikatsioon või vastav kõrge riskiga töö ohutuskoolituse positiivne sooritamine.

Hoiatusrõivastus
Teel tehtavate tööde käigus tuleb kasutada standardile SFS - EN 471 vastavat hästinähtavat hoiatusrõivastust. Kui lepingu- või loatingimustes ei ole teisiti sätestatud, peab avalikul teel töötades järgima Tielaitose koostatud riskikaardistust, mille alusel on hoiatusrõivastuse kaitseklass töö käigus 2 ja liikluse reguleerijatel 3.

12.6. Liikluskorralduste teostamine

Üldised põhimõtted
Soome maanteeliikluse määruse (Tieliikenneasetus, TLA) § 50 on sätestatud: "Liiklust ohustava töö teostamisel tuleb tee või teelõik, kus tööd tehakse, varustada nõuetekohaste liiklusmärkidega. Kui tingimused seda nõuavad, tuleb see tee või teeosa liiklusele osaliselt või täielikult sulgeda ning töö teostaja on kohustatud varustama tee või teeosa eeskirjadele ja nõuetele vastavate sulgurseadmete ja signaallampidega".

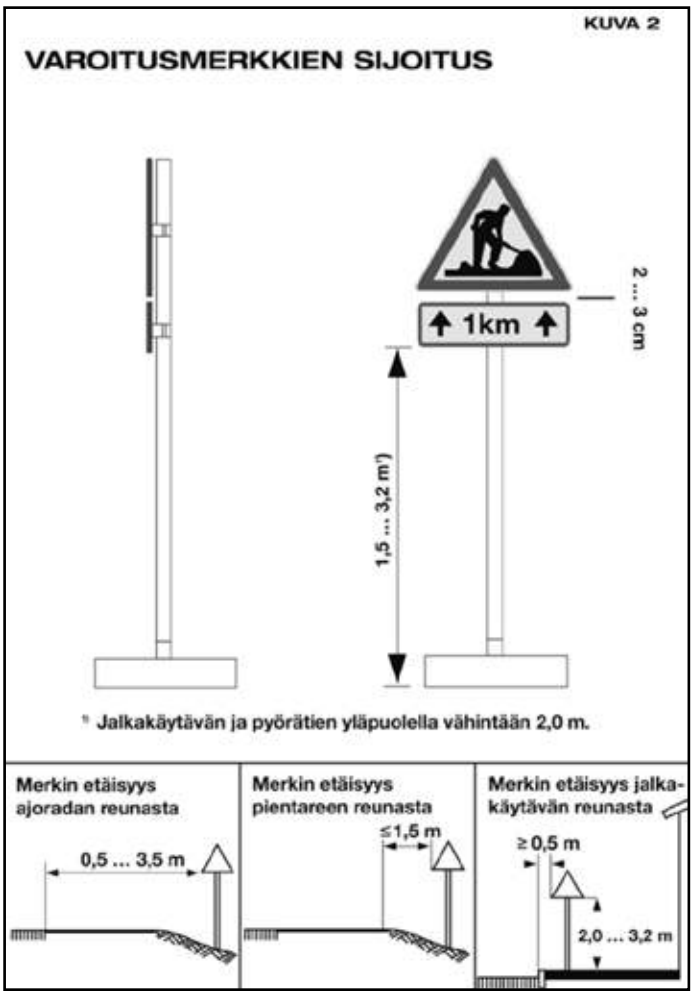
Liikluskorraldused tuleb planeerida ja teostada hoolikalt. Liikluse suunamine peab olema efektiivne, selge ja sihipärane. Liikluskorraldused peavad sujuvalt vastavalt töö edenemisele selliselt, et need vastaksid sel hetkel kehtivale olukorrale tööobjektil. Töö tuleb püüda teha nii, et see liiklust võimalikult vähe takistaks.

Liikluskorralduses tuleb lisaks mootorsõidukite liiklusele arvestada ka kergliiklust ja lisaks ka liikumispiirangute-

ga liiklejaid. Hoiatusmärke kasutatakse ka kergliiklusteedel tehtavates töödes.

Liiklusmärgid
Liikluse korraldamiseks kasutatakse Soome maanteeliikluse määruse 3. peatükis sätestatud liiklusmärke. Märgid peavad vastama liiklusmärkidele kehtestatud kvaliteedinõuetele.

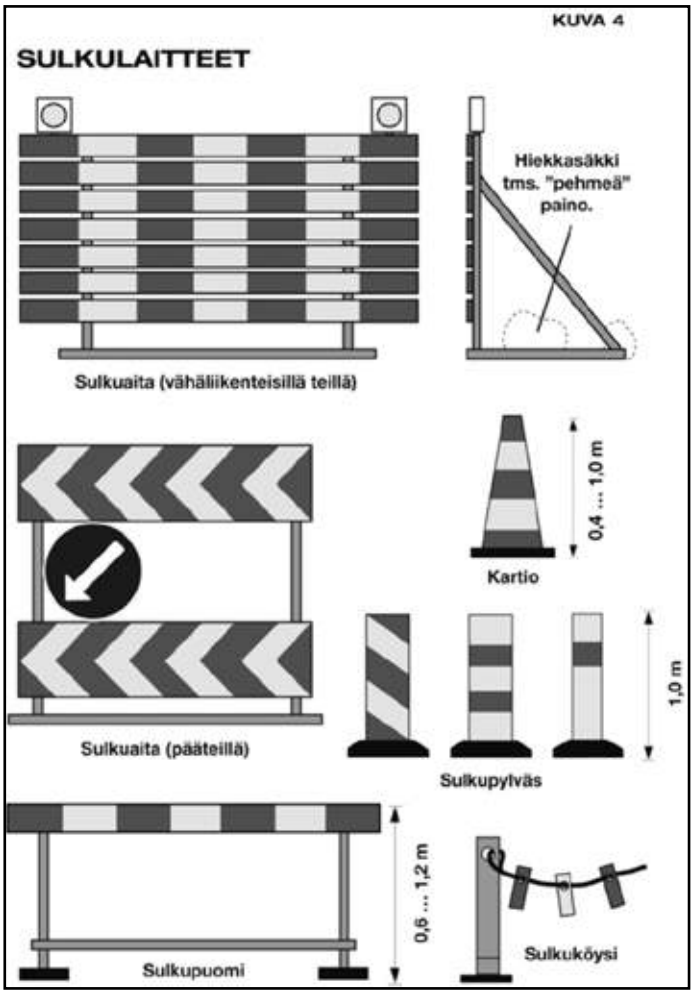
Tööaegse hoiatusmärgi koos alusega võib paigutada ka teepeenrale. Teepeenrale paigatud märgi minimaalne kaugus sõidutee servast on 0,5 meetrit. Märk ei tohi olla takistuseks kergliiklusele või tee korrashoiutöödele. Liiklusmärkide paigutamist erinevatele objektidele on käsitletud allpool toodud näidete raames.



Joonis 129. Liiklusmärkide paigutamine. (Liikennejärjestelyt verkostotöissä Joonis 2)

Mittevajalikud märgid eemaldatakse viivitamatult. Töö katkestamisel, ka õhtuti ja nädalavahetusel, tuleb märgid ajutiselt eemaldada või kinni katta.

Sulgur- ja hoiatusseadmed ning nende kasutamine
Võrgutöö objektiks oleva piirkonna tähistamiseks eraldamiseks üldisest liiklusele reserveeritud ruumist kasutatakse joonisel 125 kujutatud sulgurpiirdeid, tõkkepuid või sulgemiskoonuseid. Sulgurseadme värvilahendus peab sisaldama võrdsel määral ja vaheldumisi punast ja kollast ning pind peab olema peegelduvast materjalist või varustatud punaste ja kollaste helkuritega.
Sulgurseadmetele peab saama kinnitada vajalikud hoiatustuled ja liiklusmärgid.



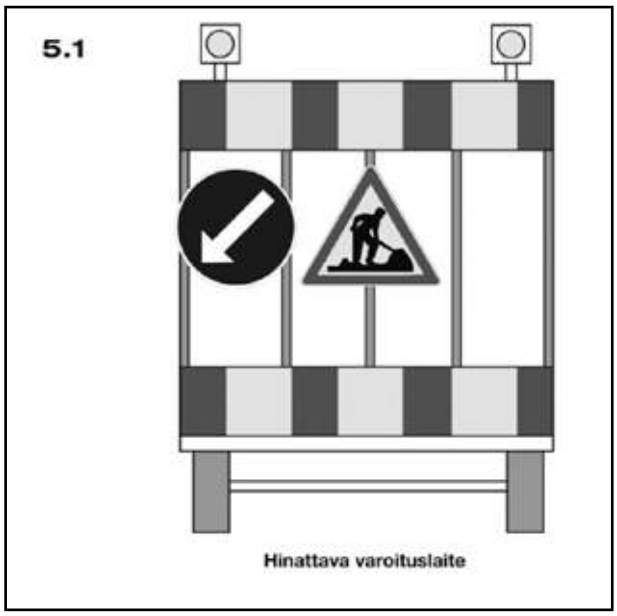
Joonis 130. Teesulud. (Liikennejärjestelyt verkostotöissä Joonis 4)

Liikluse reguleerija tegevus
Liikluse reguleerijateks (maanteeliikluse seaduse (TLL) § 49, maanteeliikluse määruse (TLA) § lg 3) nimetatud isikud peavad olema vähemalt 18-aastased ning neil peab olema autojuhiluba või muu vastav tõend liikluse tundmise kohta. Neile tuleb korraldada enne töö alustamist väljaõpe näiteks töö kohta koostatud koolitusmaterjali põhjal (Ttk Liikennejärjestelyt verkostotöissä käsiraamatu lisa A juhised ja Tiehallintolt saadav pp-esitlus).
Liiklusreguleerijad peavad teel töötades kandma kaitseklassile 3 vastavat hoiatusrõivastust.
Tee hoidjat teavitatakse liiklusreguleerijateks nimetatud isikutest neile ülesannete täitmiseks nõusoleku saamiseks.

Lühiajalised tööd

Enamasti mõeldakse lühiajalise töö alla kuni pool päeva (4 tundi) kestvat tööd. Selliste tööde puhul võib teisi liiklejaid hoiatada teele paigaldatava või pukseeritava hoiatusseadmega, millel on hoiatusvilkur. Teele paigaldatava hoiatusseadme kasutamine on soovitatav ka siis, kui tööobjektist hoiatatakse ainult sõidukis või töömasina küljes olevate vilkuritega. Hoiatusseadme võib paigaldada sõidutee paremasse serva või ühesuunalisel teel ehitusobjektiga samale sõidutee poolele.

Joonis 131. Teele paigaldatav hoiatusseade. (Liikennejärjestelyt verkostotöissä, Joonis 5.2)



Joonis 132. Pukseeritav hoiatusseade. (Liikennejärjestelyt verkostotöissä Joonis 5.1)

Tee lühiajaline sulgemine liikluseks

Kui veetakse õhuliini või tehakse muid lühiajalise töid, peatatakse liiklus mõlemas sõidusuunas. Liikluskorraldus ja peatumiskohad tuleb korraldada selliselt, et liiklejat märkaksid kummaski suletud lõigu otsas reguleerijat. Tee sulgemisest tuleb teavitada liikluskeskust (tel. 0200 2100)

Liiklus ehitusobjektidel

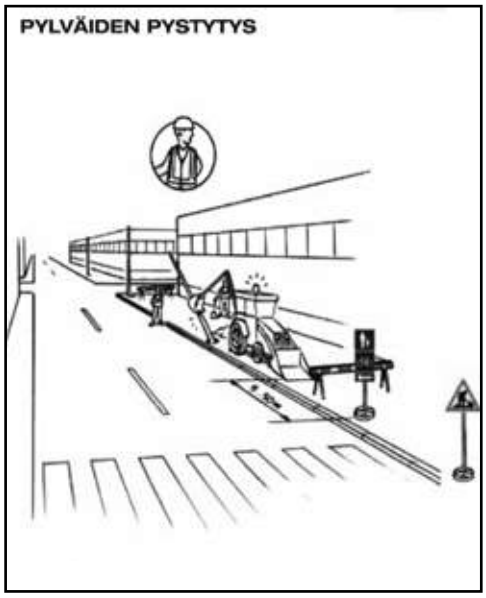
Ehitusobjekti eest vastutav isik teostab ehitusobjektil liikuvate sõidukite järelevalvet selliselt, et need ohustaks või häiriks põhjusetult teisi liiklejaid. Tööobjektil tuleb nii maanteeliikluse seaduse erandlike sätetega reguleeritud olukordades kui ka töömasinates kasutada alati hoiatustulesid.

Ehitusobjekti kaitsvad konstruktsioonid ja takistused

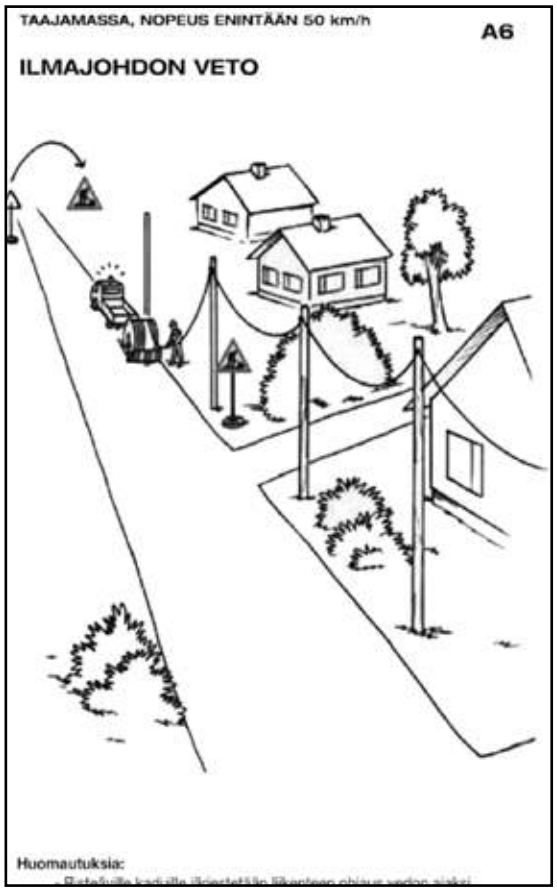
Tee pikisuunas paikneva tööobjekti kaitsmiseks võib kasutada piirdest või betoonist takistusi. Sõidureaga risti olev ohtlik kaevis kaitstakse lisaks teesulgudele ka kaevise ees oleva turvavahemaa ja põrkekaitsega (liivahunnik, autorehvide virn) sõiduki või töömasinaga tehtavad liikuvad tööd soovitatakse kaitsta suure liiklusintensiivsusega teel hoiatussõidukiga.

12.7. Näiteid liikluskorraldusest

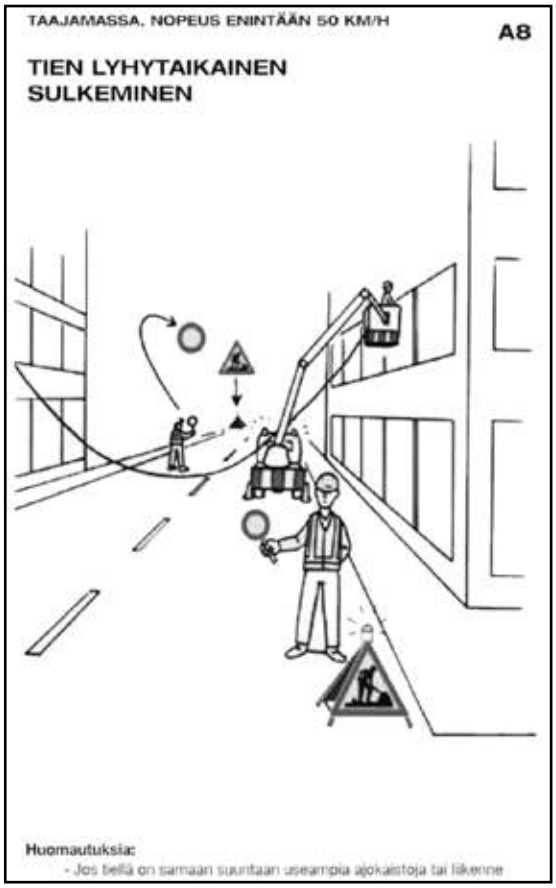
Työturvallisuuskeskuse väljaandes Liikennejärjestelyt Verkostotöissä (Liikluskorraldus võrguehitustöödes) on toodud näidispilte liikluskorraldustöödest erinevatel tööobjektidel. Alljärgnevalt mõned näidisjoonise õhuliini ehitustöödest.



Joonis 133. Mastide püstitamine asulas, kiiruspiirang kuni 50 km/h. (Liikennejärjestelyt verkostotöissä Näide. A5)



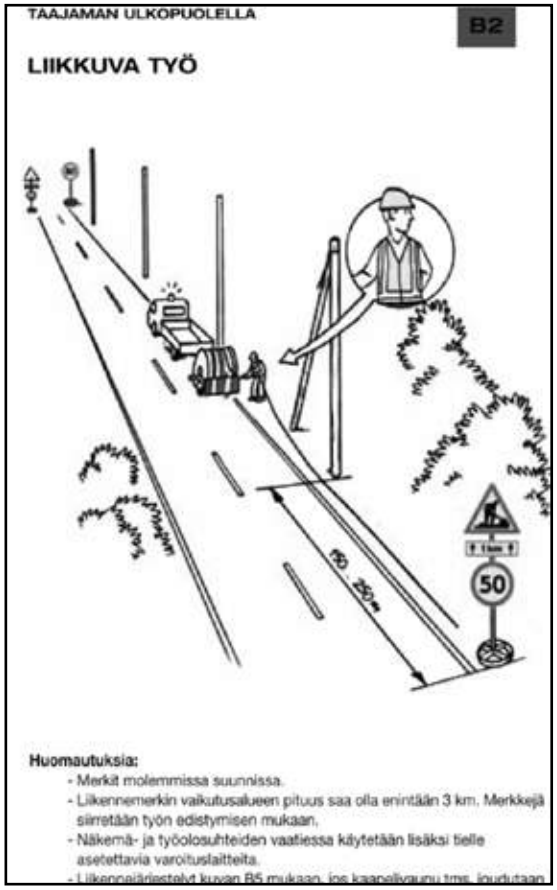
Joonis 134. Õhuliini vedamine asulas, kiiruspiirang kuni 50 km/h.
(Liikennejärjestelyt verkostotöissä Näide. A6)



Joonis 135. Tee lühiajaline sulgemine asulas. Kiiruspiirang kuni 50 km/h.
(Liikennejärjestelyt verkostotöissä Näide A8)

Joonis 136. Töö ja töösõiduk väljaspool sõidurada
(Liikennejärjestelyt verkostotöissä Näide. B1)

Joonis 137. Tee lühiajaline sulgemine väljaspool asulat.
(Liikennejärjestelyt verkostotöissä Näide. B7)



Joonis 138. Õhuliinitöö väljaspool asulat, liikuv töö. (Liikennejärjestelyt verkostotöissä Näide. B2)

13. INFOVAHETUS

13.1. Üldist

Elektrivõrgu ehitamise ja hoolduse infovahetuses kasutatakse kaasajal katvat mobiiltelefonivõrku.
Igal brigadiril ja montööril on kaasajal taskus telefon, mille abil võib temaga mistahes objektil ühendust saada.
Kuigi mobiilivõrk katab kogu maa, on siiski endiselt vaja elektriettevõtjate endi sidevõrke, et tagada tegevus kõikidel ettevõtete tegevuspiirkondades.

13.2. Raadiotelefonivõrk

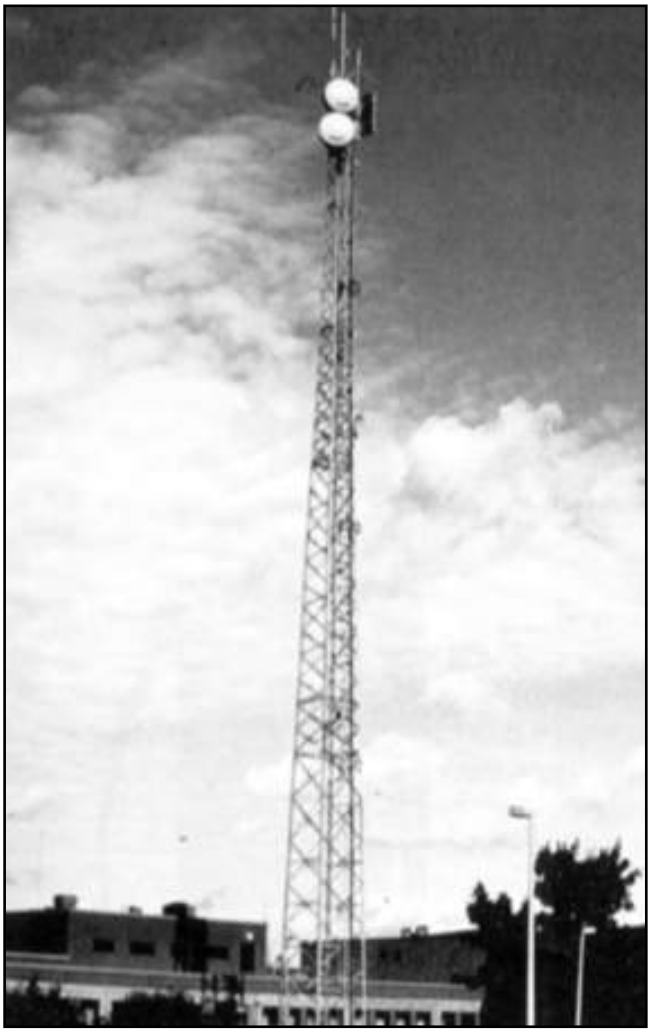
Elektriettevõtte raadiotelefonivõrk järgib tavaliselt piirkondlikku organisatsioonilist jaotust.

Ühes keskuses on tugijaam, mille kuuldavusala katab selle piirkonna ja mõnede naaberpiirkondade tugijaamad. Keskuses on hulk raadiotelefonidega varustatud mootorsõidukeid, töömasinaid jne. Brigaadidel on kantavad raadiotelefonid.

Praegu on paljudes elektriettevõtetes ehitatud raadiotelefonivõrk linkide abil selliselt välja, et raadioühendused on tagatud kogu ettevõtte tegevuspiirkonnas. Sideühendusi täiendavad veel üldise sidevõrgu seadmed, nt GSM-telefonid.

13.2.1. Raadiotelefoniside

Kõige levinum sidepidamisviis on Simplex-side, kus info edastatakse kordamööda mõlemas suunas näiteks käsitsi lülitamise abil.



Joonis 139. Alajaama raadiotelefoni antennimast on sidevõrgu kõige silmatorkavam osa.

Häireteta side saavutamine ja sidepidamist aeglustavate tegurite kõrvaldamine eeldab sidepidamisele reeglite kehtestamist, raadiotelefoni kasutusloas sätestatud loatingimuste ja sidepidamist puudutatavate üldiste eeskirjade järgimist.

Seadmed ja side on allutatud Telehallintokeskuse järelevalvele.
Raadioluba hoitakse raadiotelefoni hoiukohas.
Raadiotelefoni kasutaja räägib lühidalt ja selgelt.

Konfidentsiaalsuskohustus
Raadioseadme kasutajal on järgmine konfidentsiaalsuskohustus: kui ta võtab vastu teisele isikule suunatud raadioseansi, mis ei ole mõeldud avalikuks teabeks, ei tohi ta seda salvestada ega avalikustada ega selle sisu või teavet selle olemasolust enda huvides kasutada.

Järelevalve
Raadiosaatja valdamiseks ja kasutamiseks tuleb hankida luba.
Loa väljastab Telehallintokeskus.
Telehallintokeskuse poolt volitatud inspektorid teostavad järelevalvet raadioseadmete ja nende kasutamist reguleerivate eeskirjade järgimise üle ning korrigeerivad häireid raadiosides. Inspektoritel on Telehallintokeskuse poolt välja antud fotoga varustatud töötõend.

Raadiojaama kood
Raadiojaama õige koodi kasutamine tagab sujuva side ja on raadio kasutusjuhendi alusel ka kohustuslik.

Raadiojaama koodiks on üks alljärgnevatest:
- jaama nimi
- jaama asukoha nimi
- jaama kasutaja nimi
- jaama ametlik registreerimiskood
- mõni muu kergesti äratuntav jaamale iseloomulik tähis.

Kuna raadiotelefoni saatja saavutab täieliku võimsuse alles veidi aega peale saatmisnupu vajutamist, tuleb alguses pidada väike paus ja alustada soovitatavalt sõnast tähelepanu.

Näide kutsungist
TÄHELEPANU KAUKO KETTUNEN, TÄHELEPANU KAUKO KETTUNEN, OTSO KARHUNEN KUTSUB KANALIL KAKS, VASTUVÕTT.
Näide vastusest
TÄHELEPANU OTSO KARHUNEN, KAUKO KETTUNEN ON KUULDEL, VASTUVÕTT.

Peab meeles pidama, et kanalil võib samaaegselt olla ka muid sideühendusi, mida kutsungi saatja ei kuule, kuid vastuvõtja kuuleb. Sellisel juhul kostub vastuvõtja seadmetest kahe jaama üheaegne kõne, millest kummastki ta õigupoolest aru saa. Seetõttu tuleb kutsungit kannatlikult mõistliku aja möödudes uuendada.

Sideseansi lõppedes tuleb anda selge märk vestluspartnerile side lõpetamise ja kanali vabastamise kohta, öeldes „side lõpp".

13.2.2. Raadiotelefoni kasutamine ja hooldus

Üldist
Kaasaegsete raadiotelefoniseadmete kasutusseadmed on lihtsa tööpõhimõttega. Kantavad raadiotelefonid on mõõtmetelt väikesed, mahtudes isegi taskusse. Raadiotehnika tundmist eeldavad seadistused toimuvad automaatika abil. Kasutaja ülesandeks jääb ühenduse avamine ja sulgemine, raadiokanali valik ning helitugevuse ja kohina summutamise seadistused.

Kasutaja peab lisaks käsitsema mikrofoni, antenni ja vahetama vooluallikat.

Joonis 140. Kantav raadiotelefon.

13.3. Mobiiltelefoniside

Peamine sidepidamisviis võrguehituse ja jaotusvõrgu käidu puhul on mobiiltelefoniside. Telefoniühendus toimib kahe telefoni vahel ja siis ei kuulda kasutusolukorras mingit muud sideühendust vastupidiselt raadiotelefonide kasutamisele.
Kasutuskeskustesse helistades saab lepingulise telefoniga ühenduse kasutuskeskuse telefonisidega ja saab kuulata toimuvat sideseanssi.

Mobiiltelefoni kasutaja kõige tähtsam kohustus on veenduda, et tööülesannet täitma minnes on akus piisavalt voolu. Vajadusel tuleb kaasa võtta varuaku

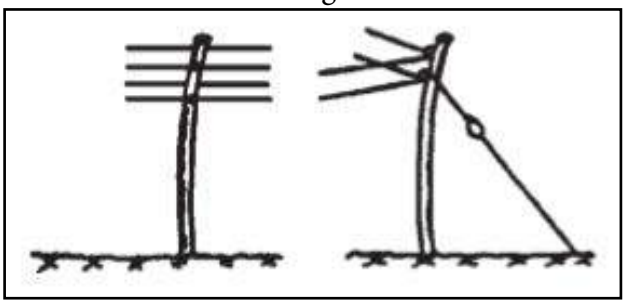
14. MASTIDE KOMPLEKTEERIMINE

14.1. Komplekteerimise ajastamine

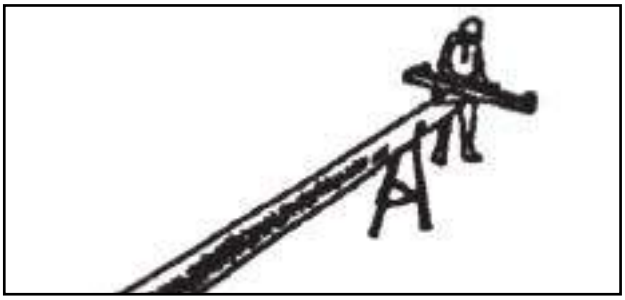
Mastide külge monteeritakse kaablite ja juhtmete kanduriteks traaverseid, kandekonkse vms. Tavaliselt on otstarbekohane komplekteerida mast enne püstitamist, siis on kõik vajalikud tarvikud juba püstitamise eel masti küljes. Juba püstitatud masti komplekteerimine võib toimuda olukorras, kus näiteks vana võrgu tõttu ei ole masti võimalik enne püstitamist komplekteerida.

14.2. Komplekteerimise üldpõhimõtted

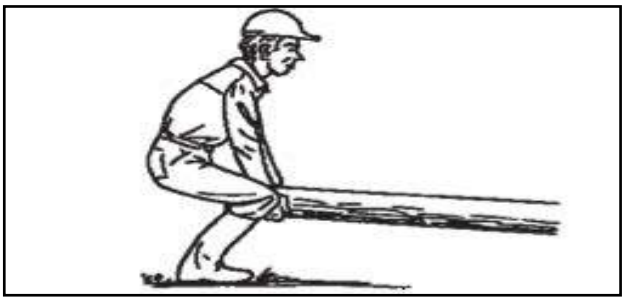
Masti komplekteerimisel tuleb arvestada asjaolu, et mast võib olla kaardus. Mast tuleb paigutada sirgele liinilõigule selliselt, et suurim kaar oleks liini suunas. Nurga- ja lõpumastid tuleb paigutada selliselt, et kaablite põhjustatud tõmme kaardus masti sirgeks tõmbaks.



Joonis 141. Kaardunud masti paigaldamine.



Joonis 142. Komplekteerimine maapinnal.



Joonis 143. Õige tõsteasend masti tõstmisel.

14.3. Komplekteerimine enne püstitamist

Et masti tippu komplekteerimiseks vajalikul määral veidi üles tõsta, kasutatakse näiteks kerget montaažipukki või kõrgemat kohta maastikus, kivi, puud või muud sellist.

Otsast kergitatud masti kontrollitakse kaare olemasolu osas, vaadeldes masti tipust tüve poole, vaatluse alusel valitakse masti paigaldussuund. Vajadusel võib masti keerata spetsiaalse väänderaua või kirve abil, mis lüüakse kinni masti tippu ja masti keeratakse kirvevart keerates.

Kandekonksude jms tarvis puuritakse masti mastijoonisel kujutatud augud. Puurimisjärjestuse määravad ära masti paigaldatavad lisaseadmed. Ühele küljele tulevate konksude augud puuritakse kõigepealt ja paigaldatakse konksud. Seejärel keeratakse masti nii, et saab puurida masti teisele küljele jäävad augud, kuhu külge kinnitatakse masti juurde kuuluvad konstruktsioonid.

Konstruktsioonide jaoks auke puurides peab hoolikalt jälgima, et masti samale poolele tulevad konstruktsioonid on ühel sirgel ja liini suhtes täisnurga all.

Konstruktsioonide hoolikas paigaldamine tagab liini ja masti kombinatsiooni esteetiliselt ilusa välisilme.

Traaversi kinnitamiseks masti külge tuleb masti puurida läbivad augud. Traaversi ehituse tõttu tuleb masti pinda vahel enne traaversi paigaldamist selle kinnituskoha alt kirvega tasandada.

Kinnituspoldid pinguldatakse sobivate võtmetega. Pinguldamise ajal tuleb kontrollida, et alusseibid jääksid sirgelt.

Viimasena kinnitatakse masti tippu tipukaitse ehk mastimüts.

Mastide komplekteerimise käigus on vaja maste vahel ilma masinate abita tõsta või teisaldada. Sellise tõstmise juures on oluline kasutada õiget tõstmisviisi. Vale tõstmine põhjustab seljatraumasid.

Õiges tõsteasendis hoitakse mast võimalikult keha ligidal ja selg on sirge, tõstmiseks kasutatakse jalalihaseid. Tõstmise ajal pingutatakse kõhulihaseid ja hoitakse hinge kinni, see vähendab lülisambale langevat koormust.

Tõstmisel tuleb arvestada, et:
- jalatsid ei tohi olla libiseva tallaga
- on tagatud õige tõsteasend
- tõstmine peab toimuma võimalikult palju reielihastega
- selga ei tohi keerata, pööre peab lähtuma jalgadest
- tõste ei tohi toimuda rebides või ettevalmistuseta.

Tõstehaare on kindlam, kui tõste- ja teisaldusabivahendina kasutatakse näiteks palgitange.

14.4. Komplekteerimine pärast püstitamist

Komplekteerimine pärast püstitamist tuleb kõne alla enamasti siis, kui vanu maste välja vahetatakse või vanale liinile tehakse täiendusi või muudatusi.

Elektrimontöör võtab vajalikud töövahendid ja tarvikud masti otsa kaasa. Töövahendite ja tarvikute jaoks peaks vöö küljes olema eraldi tasku või kott. Paljude konstruktsioonidega objektil võib koti ka alla jätta ning pärast puurimist kinnitusköie abil masti otsa tõmmata..

Joonis 144. Komplekteerimine masti otsas.

Puurimiseks tuleb kasutada kvaliteetseid ja heas korras puidupuure.

Keerulisemates paigaldustöödes peab osalema kaks montööri, siis hoiab üks traaversit paigal, kui teine seda kinnitab. Töö hõlbustamiseks võib paigaldada masti tippu taliga ratta, millega saab köie või vintsi abil traaversit või muid konstruktsioone üles tõmmata ja alla lasta. Sageli on võimalik abivahendina ka tõstukit kasutada.

14.5. Komplekteerimise töövahendid

Puidupuure on vaja aukude puurimiseks nagu eespool kirjeldatud. Puuriterasid tuleb hoida nii, et need teiste tööriistade vastu ei hõõrduks ja nüriks ei läheks.

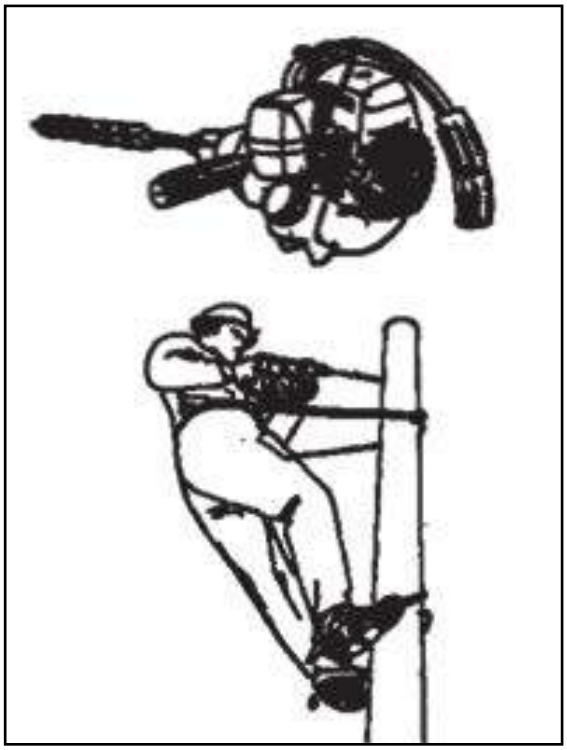
Komplekteerimisel tuleb montööri puuriterade valikusse lisada järgmised suurused: 13, 16, 19, 22, (26 ja 30) mm.

Puurimiseks kasutatakse sisepõlemismootoriga või akuga töötavaid puurmasinaid.

14.6 Ronimine masti otsa ja seal töötamine

Suur osa õhuliinivõrgutööde paigaldustöödest toimub masti otsas. Osa töödest tehakse erinevatest tõstekorvidest, aga matsi otsas töötamise kogemusi on alati vaja.

Mastitöö ohutuse tagavad nõuetekohased ronimisrauad ja turvavöö, mille korrasoleku eest vastutab iga montöör ise.



Joonis 145. Sisepõlemismootoriga puurmasin ja puurimine masti otsas.

Joonis 147. Ronimisrauad kinnitatakse tugevasti jalatsite külge, jalatsid peavad olema piisavalt tugevad. Vajadusel kasutatakse vöö külge kinnitatavaid trakse või alusvesti.

Joonis 146. Ronimisraudade ja turvavöö seisukorda kontrollikse iga päev.

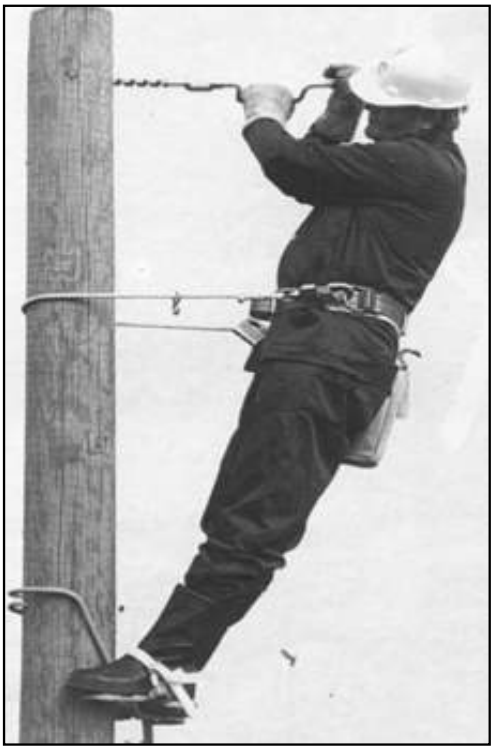
Joonis 148. Turvavöö turvatropp kinnitatakse ümber masti ja lukustatakse, seejärel algab tõus. Praegu soovitatakse mastitöös kahte turvatroppi kasutada.

Joonis 149. Paari sammu järel proovitakse tugevasti vööle toetudes vöö õiget kinnitust ja pidavust.

Joonis 150. Tõusu jätkatakse lühikeste sammudega, selg sirge, põlved hästi masti lähedal.

Joonis 151. Ühe käega hoitakse tõusu ajal turvavöö troppi.

Joonis 152. Kui masti tõusmise ajal peab turvatroppi üle takistuse nihutama, nihutatakse esmalt turvatropp üle takistuse ja kinnitatakse turvavöö külge ja alles seejärel võetakse teine turvatropp takistusest altpoolt lahti. Vahetuse ajal tuleb tugevasti ronimisraudadele toetuda.



Joonis 153. Tööasend masti otsas peab olema selline, et mõlemad käed on tööks vabad. Turvatropp tuleks juba maa peal töö jaoks sobivaks reguleerida.

Joonis 154. Mastist laskumine peab toimuma lühikeste sammudega.

Joonis 155. Turvatropp võetakse lahti alles maapinnal olles.

Joonis 156. Järgmise masti juurde liikudes tuleb ronimisrauad jalatsite küljest lahti võtta, sest kõndimine ronimisrauad jalas on ohtlik ning raudade rihmad venivad välja.

15. MASTIDE PÜSTITAMINE

15.1. Mastide püstitamine masinatega

15.1.1. Masti süvistamissügavus

Masinaga püstitamisel saavutatakse masti piisav toetamine käsitsi kaevamisest sügavama süvistussügavuse saavutamisega.
Kui soovitaks vältida mastiaukude ükshaaval ülemõõtmist, võib kasutada paari standardset sügavust, millele on kehtestatud kasutuspiirid:

Tabel 21. Üldjuhis masinaga kaevamiseks (RJ 18:94).

Pinnasetüüp	Masti pikkus kuni	Kaevesügavus
Kõva pinnas	15 m	2 m
Keskmise kõvadusega pinnas	12 m	2 m
Keskmise kõvadusega pinnas	15 m	2,5 m
Pehme pinnas	14 m	2,5 m

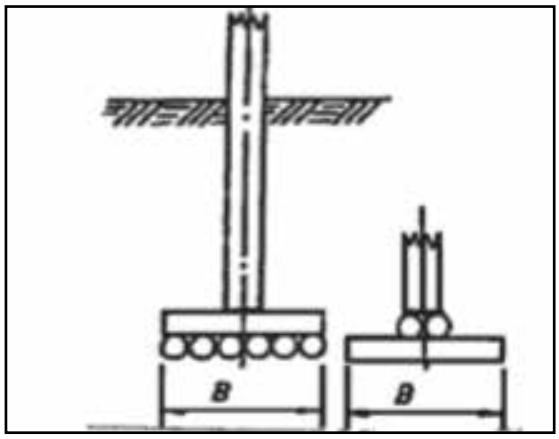
Augu sügavus tuleb täpsemalt määrata, kui
- mast on pikem kui ülaltoodud mõõtmed
- ülaltoodud sügavusi ei ole võimalik vastu tuleva kaljumassiivi tõttu saavutada
- mast on jäme (mastiklass 4 või topeltmast).

15.1.2. Masti riiglid

Vundamendita püstitatud mastid võivad vähehaaval algsest sügavamale pinnasesse vajuda. Selle takistamiseks kasutatakse masti all konstruktsioone, riigleid, mis jagavad mastist tekkiva koormuse suuremale pinnale. Masti-riigleid on olenevalt pinnaseliigist vaja eeskätt nurgamastidel ja lõpumastidel.

Riigli konstruktsioonid:
Kasutuskõlblikud riigli konstruktsioonid on näiteks sellised:

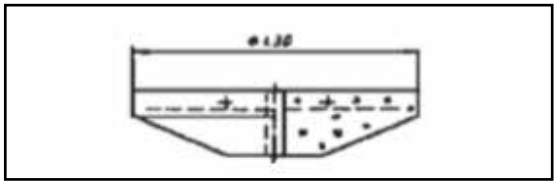
1. Ankruplaat tõmmitsale HL 43 (SFS 2648) pannakse mastiauku tasane pool ülespoole. Pindala on umbes 0,15 m2.



Joonis 157. Ankruplaat tõmmitsale HL 43.

2. Ankruplaat HL 60 või betoonplaat 700x700 mm.

3. Puidust riigel, mis on valmistatud mastipuu juppidest. Mõõt B (600...1600 mm). Väga niisketes kohtades hõlbustab masti paigaldamist riigli kinnitamine enne masti püstitamist selle alumise osa külge.



Joonis 158. Puidust riigel, mis on valmistatud mastipuu juppidest.

Riigli kasutamine
Riigli suurus valitakse pinnaseliigi ja mastile suunatud vertikaalse

jõu alusel. Kasutuskõlblik mõõt vertikaalsele jõule on masti küljes olevate tõmmitsatrosside ristlõigete kokkuliidetud pindala (või 25 mm2 Fe tõmmitsatrosside arv).

Riiglid valitakse järgmise tabeli alusel:

Tõmmitsad		Riiglitüüp ja puidust riigli küljepikkus (B) mm			
Kokku mm^2	25 mm^2 Fe kpl	Kõva pinnas	Keskmise kõvaduseg a pinnas	Pehme pinnas	Väga pehme pinnas
Kande-mast	0	riiglit ei kasutata	riiglit ei kasutata	(HL 43)	600
25	1	"	"	HL 43	600
50	2	"	"	600	1000
75	3	"	HL 43	800	1300
100	4	HL 43	HL 43	800	1300
125	5	HL 43	HL 43	1000	1600
150	6	HL 43	HL 43	1000	1600

Märkused:

- Kandemastil kasutatakse riiglit ka pehmes pinnases vaid siis, kui masti vajumine võib probleeme põhjustada (nt masti tipp jääb kõrvalolevate mastide tipust kõrgemale, kui vajumine ripet suurel määral suurendab)
- Tõmmitsate ristlõikeks ja arvuks ei valita selliseid tõmmitsaid, millele suunatud koormus on väike.
- Väga pehmes pinnases on tihti riigli asemel või sellele lisaks vaja ka muid konstruktsioone, näiteks soomasti.

15.1.3. Masti püstitamine ekskavaatoriga

Ekskavaatoribrigaadi võib kuuluda kaks meest, kellest üks on masina operaator ja teine mastide komplekteerija. Kui mastid on juba eelnevalt komplekteeritud, saab mastide püstitamisega hakkama ka üks mees.

Ekskavaatorina kasutatakse roomik- või ratasekskavaatoreid. Ekskavaatori kopp on varustatud tõstehaaratsiga, millega saab masti tõstmiseks haarata. Mõnedel ekskavaatoritel kasutatakse ka lisaseadet, mis hoiab masti augu täitmise ajal püsti.

Joonis 160. Ekskavaatori liikumissuund liini all.

Joonis 159. Mastide püstitamise ekskavaator

Ekskavaator liigub liini maste püstitades esiosaga liikumissuunas. Masti asukohale viitava märgi juures juhib juht ekskavaatorit nii, et augu kaevamine ja masti püstitamine võivad toimuda masinat kohalt nihutamata. Masina keskjoon on liini keskjoonel. See nõue eeldab, et mastid on õiges asendis kohale veetud.

Mastiaugu kaevamist alustakse nii, et mastipost viiakse keskjoonelt umbes 1 m kaugusele keskjoone suunas ja masinast eemale.

Väljakaevatud pinnas viiakse võimalikult augu lähedale masti vastaspoolele. Kui august tuleb kive välja, paigutatakse need pinnasest eraldi. Lumistes tingimustes tuleb pinnas esmalt augu ja sealt välja tõstetava pinnase jaoks välja puhastada. Auk kaevatakse võimalikult väikese ristlõikega.

Augu sügavus valitakse eespool toodud tabeli alusel.

Augu sügavuse mõõtmiseks peaks ekskavaatori noole küljes mõõteskaala olema. Väga kõvade pinnaste puhul võib lubada 10% võrra madalama ja pehme pinnase puhul 10% võrra sügavama augu kaevamist. Suuremaid hälbeid ei ole masti konstruktsiooni projekteerimise seisukohalt võimalik lubada.

Joonis 161. Mastiaugu sügavuse kontrollimine.

Püstitatav mast komplekteeritakse kas kaevamise ajal või enne seda maas valmis, siis tõstetaks kõik vajalikud konstruktsioonid koos mastiga püsti.

Kontrollitakse mastiaugu sügavust ja valmistutakse tõstmiseks. Ekskavaatori tõstehaaratsiga haaratakse mastist ja tõstetakse see auku.

Joonis 162. Ekskavaatori haarats haarab masti.

Kui mast on mastiauku õigesti paika saadud, algab augu täitmine. Ekskavaator toetab masti abikopaga, siis saab kogu täitmise masinaga ära teha. Kui mast juba ilma toeta püsti püsib, vabastatakse abikopp masti küljest.

Joonis 163. Masti toestamine mastiaugu täitmise ajal.

Pärast mastiaugu esmast täitmist tuleb kontrollida, kas masti konstruktsioonid on õiges suunas ja kas masti tuleb vajadusel mastitangidega pöörata. Augu täitmine ja tihendamine tehakse ekskavaatori kopaga. Väljakaevatud kivid paigutatakse kas augu alumisse ossa masti toetama või maapinna lähedale.

Joonis 164. Kogu väljakaevatud pinnas tihendatakse tagasi auku.

Joonis 165. Masti ümbruse viimistlemine.

Ekskavaator silub kopa küljeosaga pinnase auguni siledaks ja tõstab vajadusel pinnast kopaga ka teisele poole auku.

Tiheduse parendamiseks lõhutakse ekskavaatori kopaga augu ülemisi servasid, siis saab kopaga pinnase ulatuslikumalt tihedaks vajutada.
Kontrollitakse masti püstist asendit. Vajalikud tõmmitsad kinnitatakse ja paigaldatakse kohale.

Tööala puhastatakse, masti komplekteerimisel tekkinud paberijäätmed toimetatakse sorteeritult taastöötlemisse. Kõik metallijäätmed tuleb paigalduskohalt ära vedada, sest pinnasesse süvistatud vanametall võib hiljem näiteks põllutööde käigus pinnale kerkida.

Plastijääke ei tohi maastikku jätta.

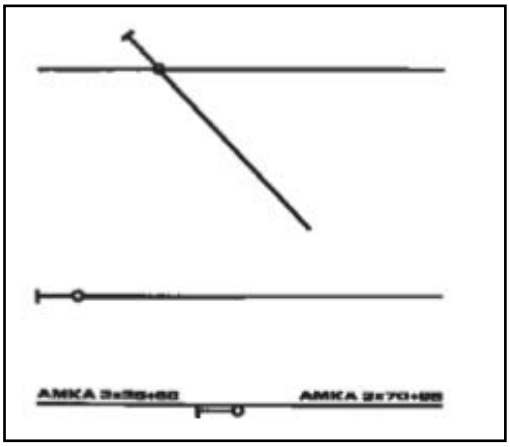
Mastide püstitamist käsitsi on kirjeldatud punktis 28. TÖÖD VANA LIINIGA.

16. MASTIDE TÕMMITSATE PAIGALDAMINE

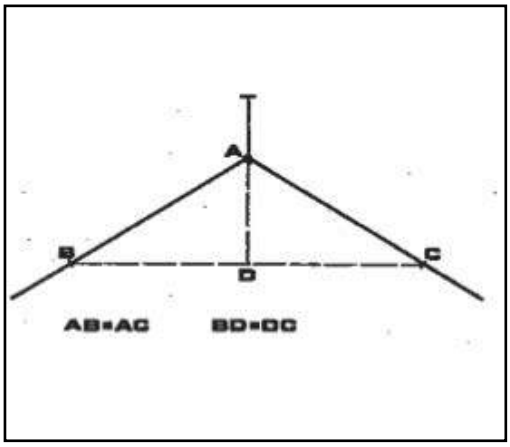
16.1. Tõmmitsate paigaldamise alused

16.1.1. Tõmmitsa suuna määramine

Masti külge kinnitatud liinide masti kallutavaid jõude vähendatakse tõmmitsatega. Siis muutub masti kallutav jõud tõmmitsaid tõmbavaks ja masti pigistavaks jõuks. Hargnemis- ja lõpumastidel on tõmmitsa suund liiniga vastupidine. Pingutusmastil on tõmmits vastu raskemat liini.



Joonis 166. Tõmmitsa paigutus hargnemis-, lõpu- või pingutusmastil.

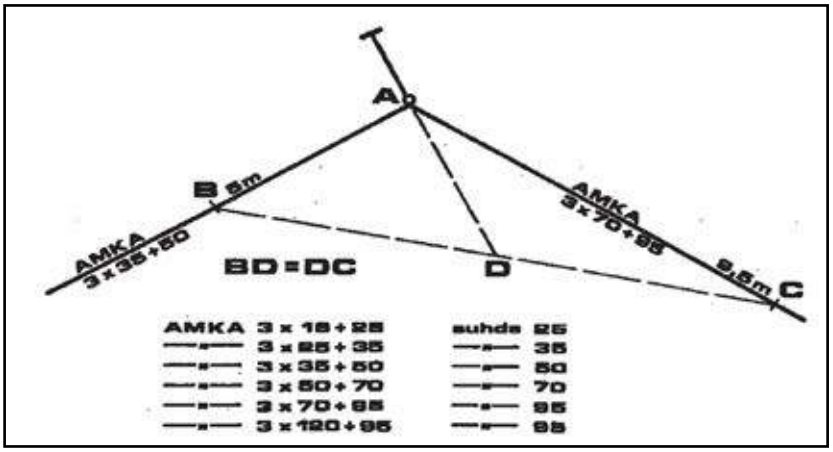


Joonis 167. Tõmmitsa asukoht nurgamastil, kus liini juhtme ristlõige ei muutu.

Nurgamastil võib tõmmitsa suuna määrata mõõtmise teel.
Meetod sobib hästi maastikul kasutamiseks.

Nurgamasti tõmmitsa suuna määramiseks nurgast kummagi liini suunas mõõdetakse sama vahemaa AB = AC. Seejärel lõik BC jagatakse kaheks, tekib punkt D. Sirge DA on tõmmitsa suund.

Liini isoleeritud juhtmete ristlõike pindala muutudes tuleb nurgamastis vahekaugustena AB ja AC kasutada kandetrossile mõjuvaid jääkoorma jõudude suhteid. AMKA-liinidel võib mõõtmete valikul ligikaudse meetodina kasutada ka kandetrosside ristlõigete suhteid.



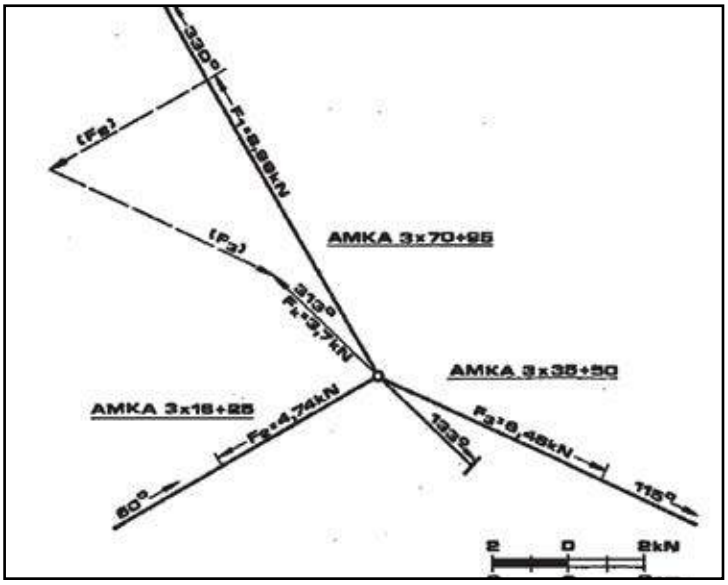
Joonis 168. AMKA-liini tõmmitsa suuna määramine nurgamastis, kui liini juhtmete ristlõige muutub.

Kui sama masti külge kinnitatakse samale kõrgusele mitu kaablit, tuleb tõmmitsa suuna määramiseks kasutada kaablite suundi ja jääkoormast trossile põhjustatud jõude.

Tõmmitsa suuna määramisel on raskendavaks asjaoluks paigaldustrossidest tuleneva jõu ja jääkoorma põhjustatud trossijõudude resultantide suunavahe. See tuleb esile hargnemismastidel ja nurgamastidel, kui ristlõike pindala muutub. Eriti selgelt väljendub see vahe AMKA-liinide puhul, kuid kergemal kujul ka paljas-juhtmega õhuliinidel.

Näiteks joonisel kujutatud hargnemismasti tõmmitsa suund on jääkoormate alusel mõõdetuna 133°, aga paigaldusjõudude alusel 154°. Sellisel juhul põhjustab u 20° vahe tõmmitsa suunas masti kaldumise ja liinide ebaühtlase koormuse kas paigaldamise käigus või jääkoormaga, olenevalt sellest, kumma olukorra järgi tõmmitsa suund

määratakse. Masti kaldumist võib takistada kasutades kahte tõmmitsat kuid see on sageli problemaatiline nii kasutada oleva ruumi kui ka mastide välimuse seisukohalt.



Joonis 169. Kallutava jõu ja tõmmitsa suuna määramine nurgahargnemismastil.

Tõmmitsasuuna määramiseks joonestamise teel on vaja teada liini suundasid kompassi lugemina või nurga suurust kraadides. Liini suundasid saab määrata ka täppiskompassi, nivelliiri või reduktsioontahhümeetriga. Maastikutingimustes võib nurga suuruse määrata pikkusmõõtmisel põhineva meetodi abil, mida on tutvustatud maastikuplaneerimise peatükis.

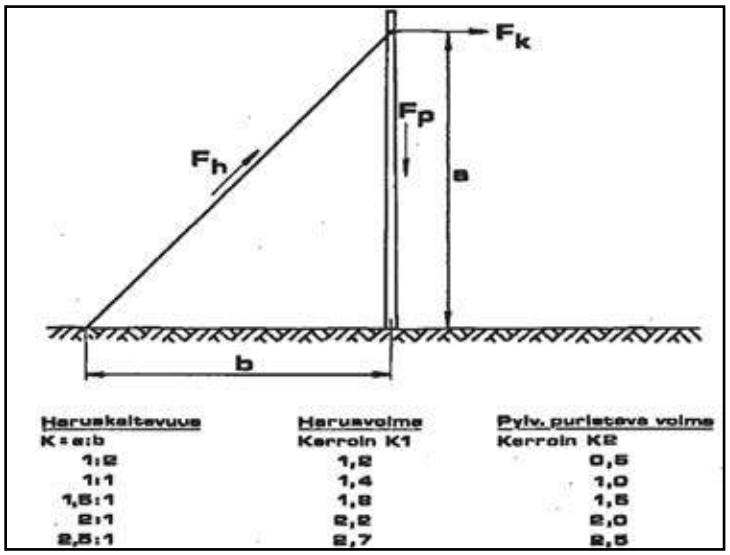
Kõrgepingemastidel (traaversi ehitus) tuleb nurgahargnemismastis tõmmitsad kinnitada nurga tekitatud jõu ja hargneva liini tekitatud jõu tõttu eraldi, kuna liinide kinnituskohad on eri kõrgustel. Ka madalpingeliini nurga- ja hargnev liin varustatakse tõmmitsatega eraldi.

16.1.2. Tõmmitsa kalle ja tekkiv nurk

Tõmmitsa kalde mõju
Tõmmitsa kalde järsumaks muutmine suurendab tõmmitsale ja mastile mõjuvat jõudu. Tõmmitsa soovitatav kalle on 1:1, siis on kallutav jõud ja mastile suruv jõud võrdsed. Tõmmitsat mõjutav jõud kaldega 1:1 on umbes 1,4 x kallutav jõud.

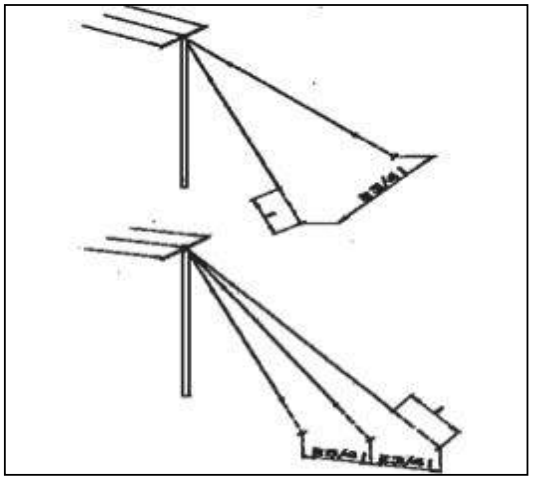
Tõmmitsa kalle K = a/b

$$K = \frac{\text{Tõmmitsa paigalduskõrgus mastis}}{\text{Tõmmitsaankru kaugus mastist}}$$



Joonis 170. Tõmmitsa kalde mõju tõmmitsa jõule ja mastile suruvale jõule.

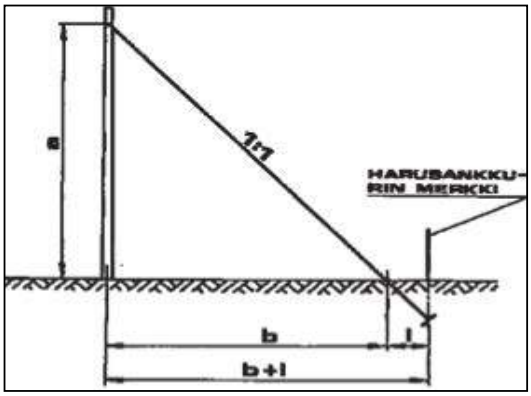
Kõrvuti paiknevad tõmmitsaankrud
Olenevalt tõmmitsatele mõjuva jõu suurusest tuleb tõmmitsad sageli kinnitada ühe või mitme ankruga. Ankrute minimaalne vahekaugus on 3/4 süvistussügavusest.



Joonis 171. Kõrvuti paiknevat tõmmitsaankrute paigutus.

16.1.3. Tõmmitsaankru asukoha tähistamine

Koht tähistatakse nii, et tõmmitsaankru tähise kaugus mastist on valitud tõmmitsa kaldest tulenev kaugus b. Tõmmitsaankur süvistatakse tähise taha selliselt, et plaadisilmuse aas jääb tõmmitsatähisega kohakuti.



Joonis 172. Tõmmitsaankru asukoha tähistamine.

16.1.4. Tõmmitsatross

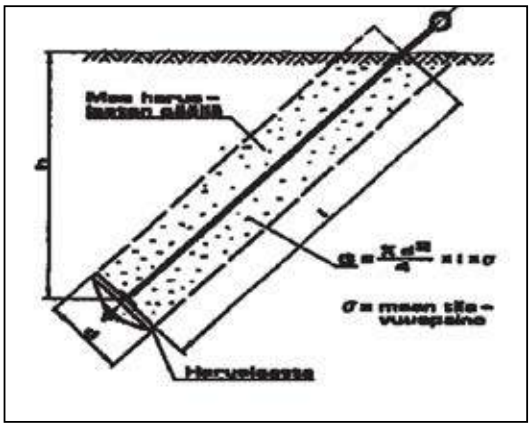
Tõmmitsatrossiks kasutatakse kuumtsingitud terastrossi, mille materjaliks on Fe 130. Enamkasutatud tõmmitsatrossi ristlõige on 25 mm2; võib kasutada ka suurema ristlõikepindalaga trosse. Lubatud koormatavus 25 mm2 trossil on 17,5 kN.

16.1.5. Pinnase omadused

Tõmmitsaankrute vastupidavus
Tõmmitsa maa-aluse osa vastupidavuse hindamisel tuleb eristada kaht asjaolu:
- tõmmitsaplaadi ja plaadisilmuse mehhaaniline tugevus, millele on standardi alusel lubatud koormus kuni 35 kN.
- tõmmitsaankrukonstruktsiooni ümbritseva pinnase võimaldatud koormus, mida allpool on nimetatud tõmmitsaankrutele lubatud tõmbejõuks.

Tõmmitsaankurduse lubatud tõmbejõu määramisel jagatakse pinnas kahte põhitüüpi: savikad pinnased ja liivased pinnased.

Savikad pinnased käituvad nagu pärmitainas ja tõmmitsaplaadi peale piisavat koormust ei teki.
Seetõttu on 35 kN vastupidavust savikatel pinnastel raske saavutada – liivastel pinnastel seevastu küll (HL 43 abil), kui kasutada moreeni ja purustatud kive sisaldavat täitepinnast.



Joonis 173. Tõmmitsaankru peal oleva pinnasekihi kaal.

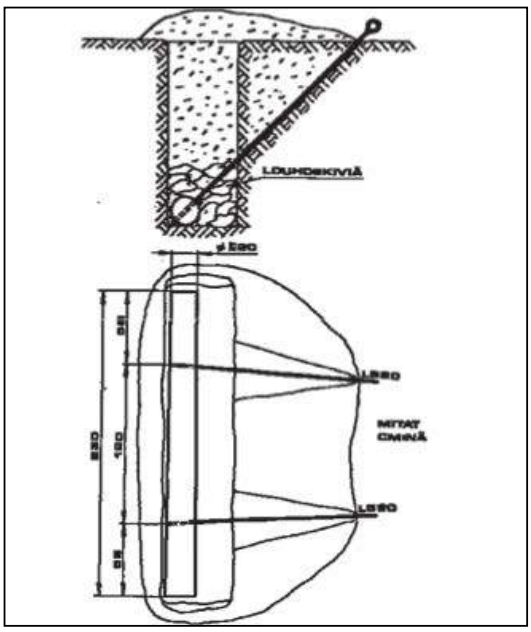
Puidu mast ankruna
Pehmes pinnases ja ka mujal võib kasutada standardimata puidust masti ankruna. Lubatud tõmmitsajõuna on mõnedes elektriettevõtetes olnud kasutusel 35 kN. Võrreldes HL 43 ankruga saavutatakse teatud tingimustes isegi kuni kolmekordne tugevus.

16.2. Praktiline teostus

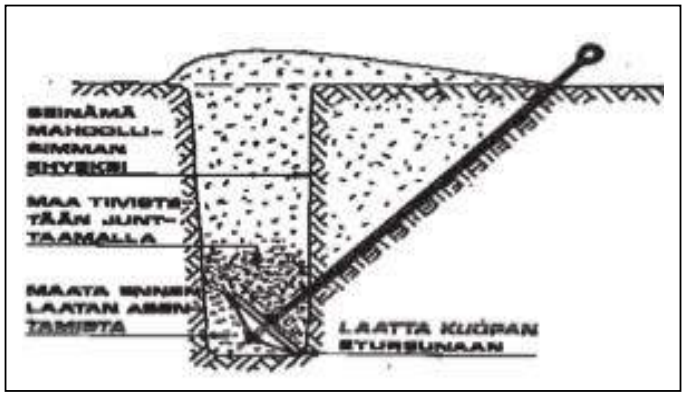
16.2.1. Maasse kaevatav tõmmitsaankur

Usaldusväärse tõmmitsaankru tegemine eeldab pinnaseomaduste arvestamist, õige kujuga augu kaevamist ning pinnase ja kivide hoolikat tihendamist augu täitmisel. Auk kaevatakse selliseks, et mastipoolne sein püsib võimalikult terve ja sellesse tehakse vaid selline koht, et plaadisilmuse saab vormida tõmmitsa suuna järgi.

Kui auk täidetakse ainult pinnasega, on augu piisav laius selline, et tõmmitsaplaat sellesse sobib. Pinnasega täitmisel paigaldatakse tõmmitsaplaat augu mastipoolse serva lähedale ning augu täitmisel tihendaks pinnas rammiga hoolikalt plaadi pealt.

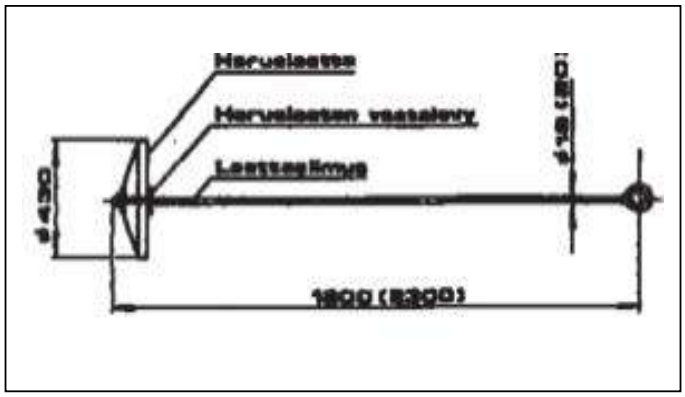


Joonis 174. Ankruna kasutatav puidumast

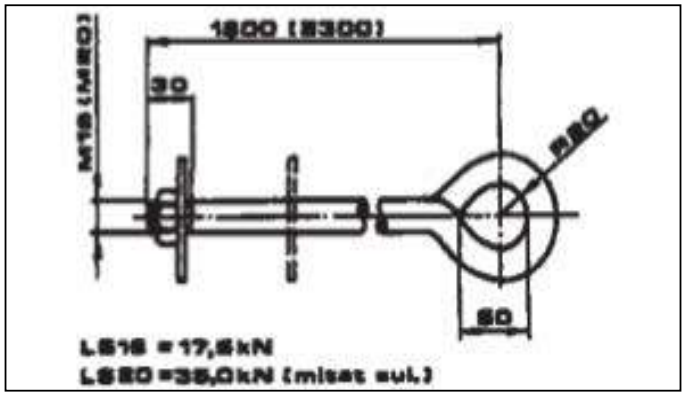


Joonis 175. Maasse kaevatav tõmmitsaankur täitepinnasega.

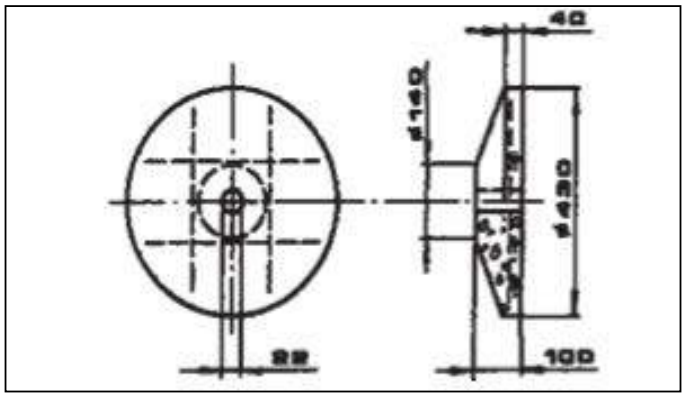
Kui ainult täitepinnasega piisavat tugevust ei saavutata, võib täitepinnast täiendada purustatud kividega, liiga väikesed või ümarad kivid ankurduse tugevust oluliselt ei parenda. Kui kasutatakse kive, kaevatakse tõmmitsaankru auk piisavalt suureks, et vajalik kogus kive mahuks ankruplaadi ja augu postipoolse seina vahele. Tõmmitsaplaat paigaldatakse joonisel 170 kujutatud viisil augu tagaserva ja plaadi peale 5 cm võrra pinnast ja selle peale laotakse tihedalt kivid.



Joonis 176. Maasse kaevatava tõmmitsa ankru standardsed tarvikud. Standardile vastava ankru ehitus ja mõõtmed



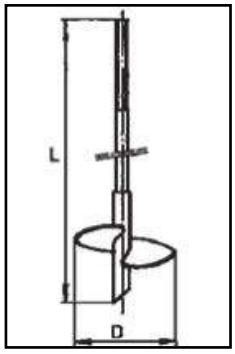
Joonis 177. Silmuspolt LS 16(20) (SFS 2656)



Joonis 178. Tõmmitsa ankruplaat HL 43 (SFS 2648)

Tõmmitsa ankurdamine pehmesse pinnasesse
Vajaliku tugevuse saavutamine pehmes pinnases võib tavaliste ankrute kasutamisel väga raske olla. Siis võib ankruna kasutada pinnasesse süvistatud masti juppe.

Auk kaevatakse nii, et tõmbepool jääb võimalikult terveks. Masti juppidele laotakse purustatud kive ja kaetakse august väljakaevatud pinnasega (vt joonis 169).



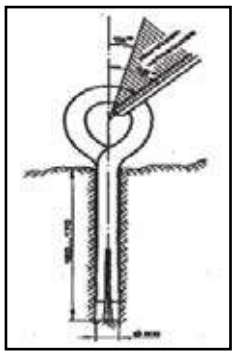
Joonis 179. Keeratav tõmmitsaankur

Keeratavat tõmmitsaankrut on võimalik kasutada kivideta pinnases.

16.2.2. Kaljusilmus

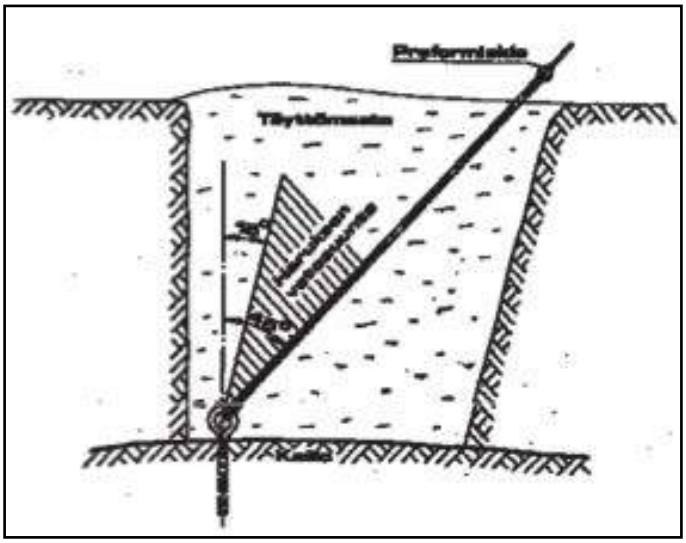
Kui tõmmits ankurdatakse kaljumassiivi või kivisse, kasutatakse kaljusilmust. Silmus kiilutakse kaljusse puuritud auku, mille diameeter on 2 mm võrra suurem kui silmuse diameeter ja sügavus on 10 – 20 mm võrra suurem kui silmuse varre pikkus. Kui auk jääb liiga madal,

silmus paindub ja kui auk puuritakse liiga sügav, ei lükka kiil silmuse otsa piisavalt laiali ja silmus ei kinnitu. Auk suunatakse nii, et silmus jääb tõmmitsa suhtes15–45 –kraadise nurga alla.



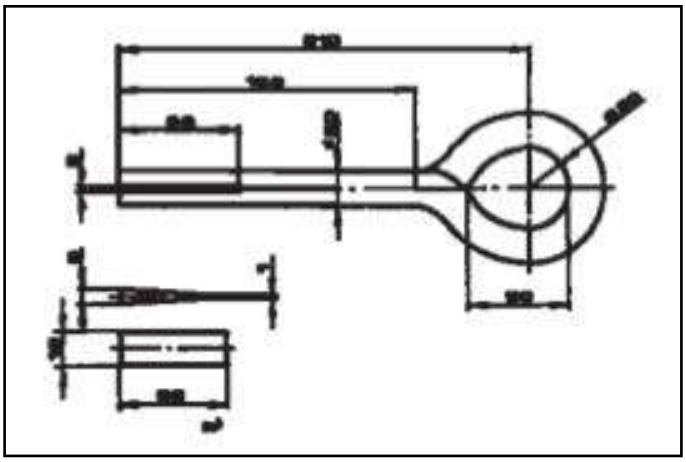
Joonis 180. Kaljusilmuse kinnitamine kalju külge.

Kaljusilmuse KS 20 suurim lubatud koormus on 17,5 kN, kui tõmmitsajõud on suurem, kasutatakse paralleelseid silmuseid. Paralleelsete silmuste kõige väiksem vahekaugus peab olema vähemalt 500 mm.



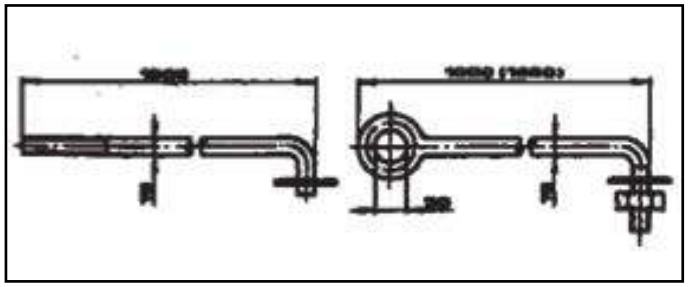
Joonis 181. Pikendussilmuse või kaljusilmuse ja pikendusvarda paigaldamine.

Kui kaljusilmus paigaldatakse pinnasest allpool olevasse kaljumassiivi, tuleb veenduda, et tõmmitsatross ja pinguti jäävad maapinna peale. Selles veendumiseks tuleb kasutada piisavalt pikka pikendusvarrast.



Kaljuankru standardsed tarvikud:

Joonis 182. Kaljusilmus KS 20 (SFS 2654).



Joonis 183. Pikendussilmus KJS 16 (SFS 2655).

16.2.3. Tõmmitsa isolaatori ja –trossi kinnitamine isolaatori külge

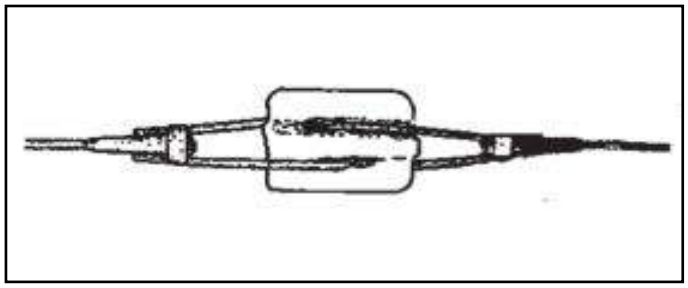
Tõmmitsa isolaatorina kasutatakse 20 kV H 24. H 24 tugevus on 35 kN, seega võib paigaldada kaks 25 mm2 tõmmitsatrossi.
Üks tross kinnitatakse isolaatori külge eelpingutatud spiraalsidemegaja kiilotsikuga, milles on painduv kinnitusdetail.

Tõmmitsa isolaatori kinnitus tuleb teha nii, et keermeotsad või vastavad kinnitused on veetud läbi isolaatori ning jäävad paigaldises „risti“. Siis tõmmits ei purune, kui isolaator peaks purunema. (vt. joonist 181).

Eelpingutatud spiraalsideme kasutamisel alustatakse keeramist otsas olevat värviliste punktide vahele jäävalt alalt, väike isolaator isolaatorile lähemal ja H 24 kaugemal oleva punkti kohalt.

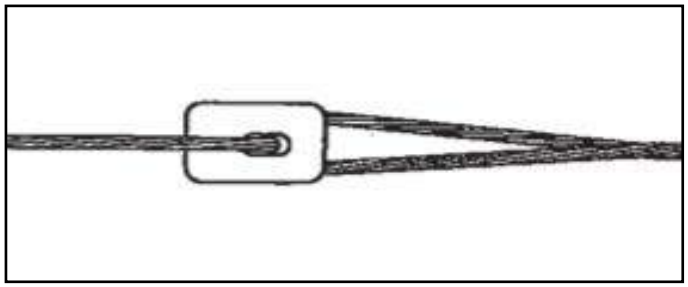
Joonis 184. Eelpingutatud spiraalside ja sellega seotud tõmmitsa isolaator.

Kui kasutatakse kiilotsa ja painduvat kinnitusdetaili, lükatakse sirgelt läbi lõigatud tõmmitsatross läbi kiilotsiku kiilupesa, painduv detail lükatakse läbi isolaatori augu ja kinnitatakse ühendusrõngaga.



Joonis 185. Kiilotsaga seotud tõmmitsaisolaator.

Kahekordne tross kinnitatakse isolaatori külge, lükates trossi läbi isolaatori aukude ja trosside ülemised otsad kinnitatakse masti külge ja alumised otsad ankru külge.

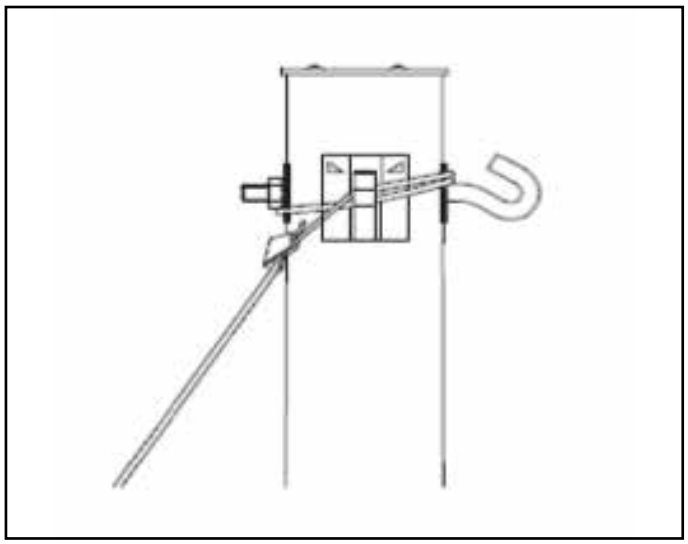


Joonis 186. Tõmmitsaisolaator on kinnitatud kahekordse tõmmitsatrossi külge.

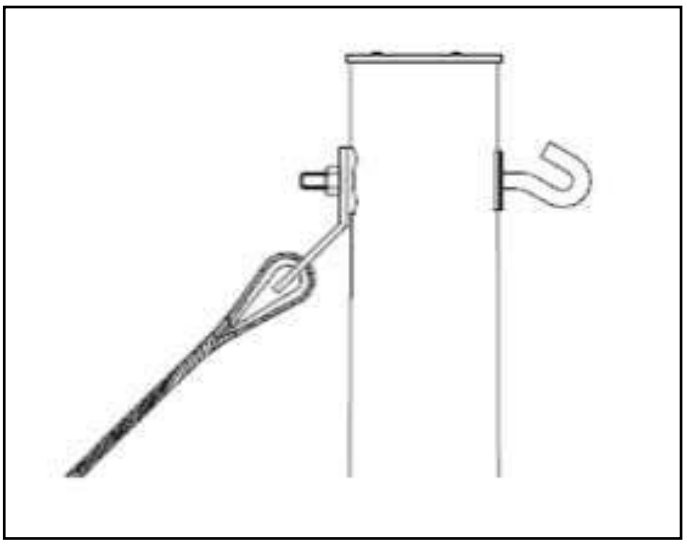
Tõmmitsaisolaator kinnitatakse tõmmitsatrossi külge nii, et selle kaugus kõrgepingeliiniga masti otsas olevast tõmmitsa kinnituskohast on 3 meetrit. Isolaatori paigaldamise variante on põhjalikumalt käsitletud allpool paigaldusnäidistes. Kui kasutatakse kahte kõrvuti asetsevat tõmmitsatrossi tuleks need kokku keerutada, et need tuules üksteise vastu ei põrkuks.

16.2.4. Tõmmitsa ülemise otsa kinnitus masti külge

Tõmmitsa kinnituskoht masti küljes tuleb valida nii, et masti painutav jõumoment jääks võimalikult väikeseks. Tõmmitsatross veetakse kinnituskohas kaks ringi ümber masti ja kinnitatakse tõmmitsalukuga.



Joonis 187. Tõmmitsa kinnitamine masti külge tõmmitsalukuga.



Joonis 188. Tõmmitsa ülemise otsa kinnitamine tõmmitsaplaadi külge.

Et tõmmitsatross ei tõmbuks mastipuu ümber pingule, keeratakse tõmmitsatross kaks korda ümber masti tipu ja kasutatakse tõmmitsafiksaatorit. Olenevalt olukorras kasutatakse 1 - 3 tõmmitsafiksaatorit.

Tõmmitsa ülemise otsa võib kinnitada masti külge tõmmitsa plaadi ja kausiga spiraalsideme abiga. Sellisel juhul tuleb veenduda, et masti läbistav polt on sellel otstarbel kasutamiseks piisavalt vastupidav ja masti tipp piisavalt tugev.

16.2.5. Tõmmitsa trossi kinnitamine ankru külge

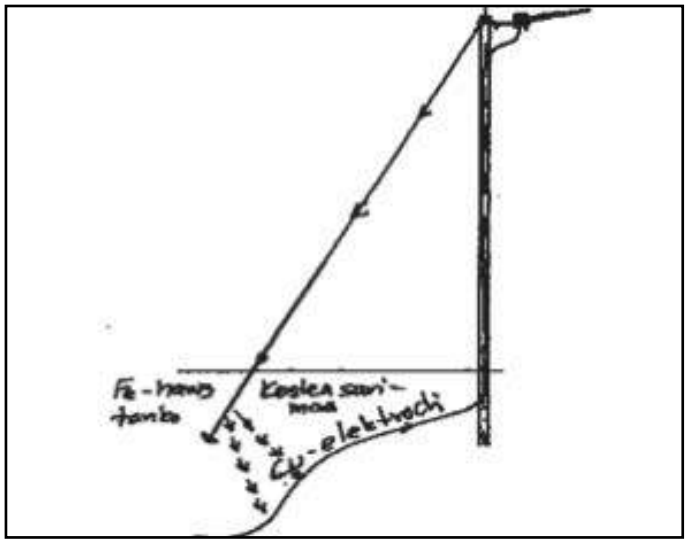
Tõmmitsate paigaldamise viimane etapp on tõmmitsatrossi kinnitamine ankru külge ja pingutamine. Pingutatakse nii, et mast kaldub veidi tõmmitsa suunas konstruktsioonide järele andmise piires. Mast ei tohi siiski pärast pingutamist nähtavalt paindesse jääda, sest see muudab kogu paigaldise inetuks. Sobiv kalle suuremas nurgas on selline, et mast on vertikaalsuunas masti tipu paksuse võrra kõrvale kaldunud.

Tõmmitsatrossi kinnitamiseks ankru külge võib kasutada:
- tõmmitsapingutit
- eelpingutatud spiraalsidet
- kiilklambriga

Joonis 189. Kiilklambri paigaldamine tõmmitsa trossi kü lge.

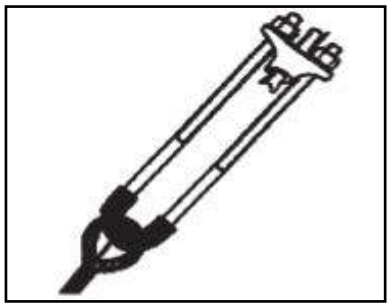
16.2.6 Tõmmitsavool

Rannikualade hea elektrijuhtivusega pinnastel ja ka teistes kohtades tuleb tõmmitsapinguti tõmmitsaankrust isoleerida, et vältida maanduselektroodide ja tõmmitsavarraste vahele tekkiva tõmmitsavoolu põhjustatud korrosiooni.



Joonis 190. Tõmmitsa vooluahel.

Tõmmitsa varras ja selle lähedal olev vasest maanduselektrood ning sobivalt savikas ja niiske pinnas elektrolüüdina tekitavad raua ja vase pingevahe tõttu kontaktpotentsiaali. Vooluahelas on loovutav metall tõmmitsavarda raud, mis kandub vasest maanduselektroodi pinnale. Metalli loovutav tõmmitsavarras võib aja jooksul läbi sööbida.



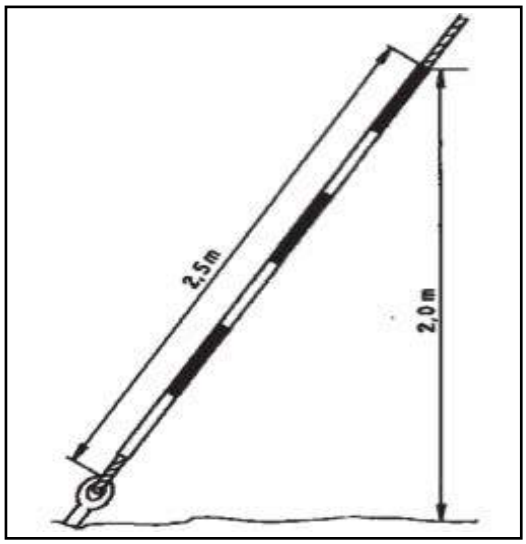
Joonis 191. Tõmmitsavoolu katkestamine isoleerkausiga trossi pinguti abil.

16.2.7. Tõmmitsa tähistamine

Tõmmitsa alumisse otsa tuleb selle märkamise hõlbustamiseks kinnitada tõmmitsatähis.
Standardis SFS 2653 soovitatakse kasutada tõmmitsatähisena ilmastikukindlat plasttoru, mis koosneb vaheldumisi paiknevatest kollastest ja mustadest või

ainult kollastest 300-500 mm pikkustest detailidest. Tõmmitsatrossi tuleb tähistada vähemalt 2,5 m pikkusel lõigul ja tähistus peab ulatuma maapinnast vähemalt 2 m kõrgusele.

Kui kasutatakse plastkattega kollase-mustakirjut tõmmitsatrossi, pole eraldi tõmmitsatähistust vaja.

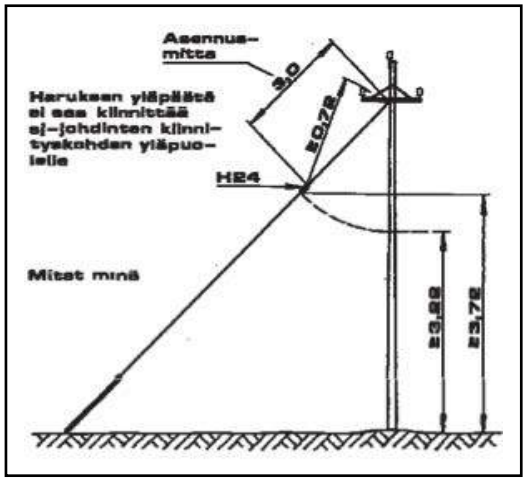


Joonis 192. Tõmmitsa tähistamine.

16.2.8. Näiteid tõmmitsaisolaatori paigutamisest

VIM määrab tõmmitsaisolaatori asukoha erinevates mastilahendustes. Üldkehtiv põhimõte on, et kõrgepinge lähedal olev tõmmitsa ots on isoleeritud maasse ulatuvast alumisest otsast ja võimaliku rikke tõttu pingestatud ülemine ots jääb maast piisavalt kaugele ka siis, kui tõmmitsa alumine ots mingil põhjusel lahti tuleb.

20 kV kandetraaversi konstruktsiooniga nurgamasti tõmmitsad
Tõmmits varustatakse tõmmitsaisolaatoriga H 24, mis paigutatakse tõmmitsa külge enamasti 3,0 m (paigaldusmõõt) kaugusele ülemisest otsast.



Joonis 193. 20 kV kandetraaversi nurgamasti tõmmitsad.

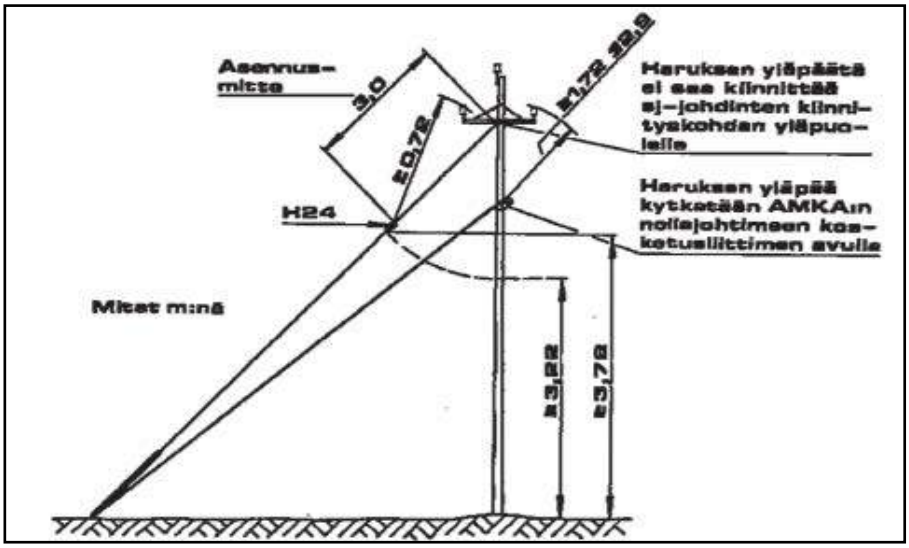
Selle paigutusviisi puhul:
- on isolaator enamasti kõrgepingeliinidest piisavalt kaugel (nõutud mõõt, vt joonis 193)
- isolaator ei satu enamasti liiga maapinna lähedale (nõutud mõõt, vt joonis 193)
- kui masti külge kinnitatakse hiljem AMKA-kaabel, isolaatori asukohta tavaliselt muutma ei pea.

Kui mast on väga lühike (maapealne pikkus alla 8 meetri), võib isolaator jääda liiga maapinna lähedale ja 3,0 m paigaldusmõõtu tuleb vähendada.

20 kV kandetraaversikonstruktsiooniga ühiskasutusmasti tõmmitsad
Ühiskasutusnurga masti all mõeldakse masti, millel on lisaks 20 kV õhuliinile AMKA-, nõrkvoolujuhe või mõlemad. Tõmmits varustatakse tõmmitsaisolaatoriga H 24, mis paigutatakse tõmmitsale enamasti 3,0 m (paigaldusmõõt) kaugusele selle ülemisest otsast. Asukohta tuleb valida selliselt, et isolaator jääks tõmmitsa alumise otsa lahti tulemisel AMKA-st ja nõrkvoolujuhtmest allapoole.

Selle paigutusviisi puhul:
- on isolaator enamasti kõrgepingeliinidest piisavalt kaugel (nõutud mõõt, vt joonis 194)
- isolaator ei satu enamasti liiga maapinna lähedale (nõutud mõõt, vt joonis 194)

Kui mast on väga lühike (maapealne pikkus alla 8 meetri), võib isolaator jääda liiga maapinna lähedale ja tuleb teha uus mõõdistamine.



Joonis 194. 20 kandetraaversikonstruktsiooniga ühiskasutusmasti tõmmitsad.

Õhuliinistandardi SFS-EN 50341-3-7 punktis 7.7.6 Tõmmitsate dimen-

sioneerimise üksikasjad on sätestatud järgmiselt:
" FI.1 Tõmmitsate maandus

Tõmmitsaisolaatori kasutamisel tuleb isolaator paigutada nii, et tõmmitsa ankru poolse otsa (tavaliselt alumise osa) kaugus pingestatud osast on selle lõdvenedes või lahti tulemisel vähemalt 0,5 m + Del.
Tõmmitsaisolaatori kaugus maapinnast peab olema tavaolukorras vähemalt 3,5 m + Del. ka siis, kui tõmmits on lõdvenenud või alumisest otsast lahti tulnud, ei tohi isolaatori alumine osa tulla maapinnale lähemale kui 3,0 m +Del."

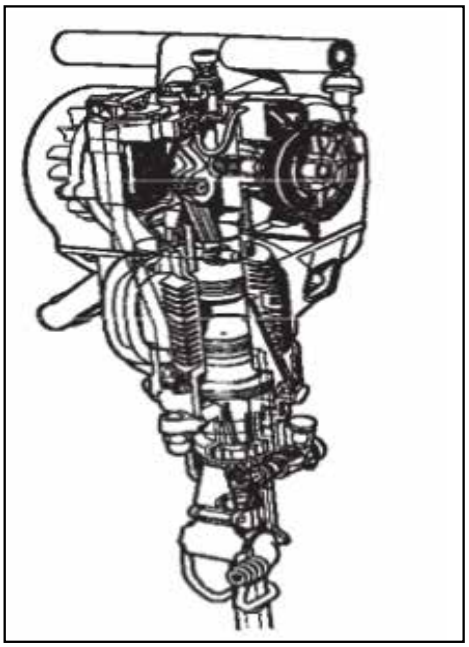
16.3. Tõmmitsate paigaldamise töömasinad

16.3.1. Kaljupuurmasin

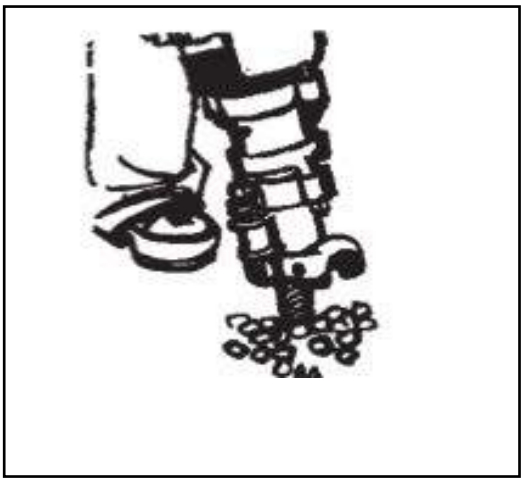
Liinikonstruktsioonide kinnitamiseks kaljumassiivi või kivisse kasutatakse eraldi sisepõlemismootoriga varustatud kaljupuurmasinaid.

Puurmasin tekitab lööke ja paneb puuritera pöörlema ning puhub puuriaugu puurimise ajal puhtaks.

Kütusena kasutatakse bensiini-õlisegu, mille segamisvahekord tuleb enne kasutamist välja selgitada. Bensiini-õlisegu tuleb hoolikalt loksutada, sest raskesti segunev õli võib kanalid kergesti ummistada ning mootor jookseb kokku.

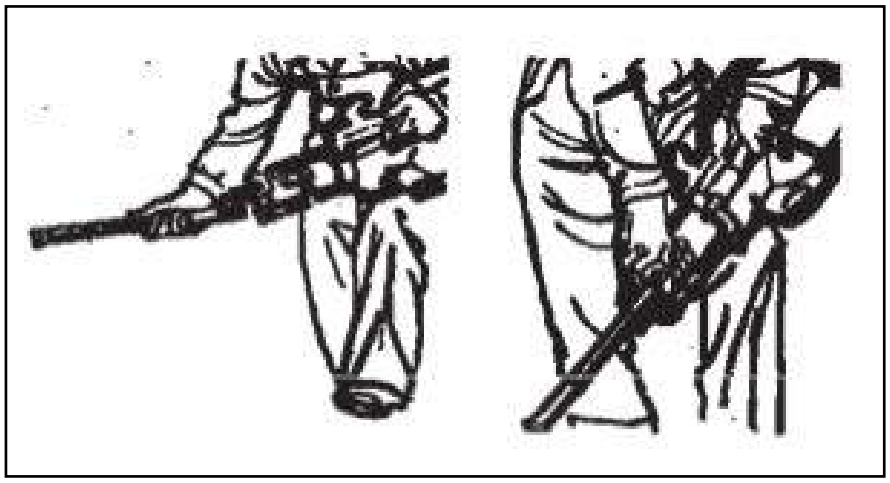


Joonis 195. Kaljupuurmasina lõikejoonis.



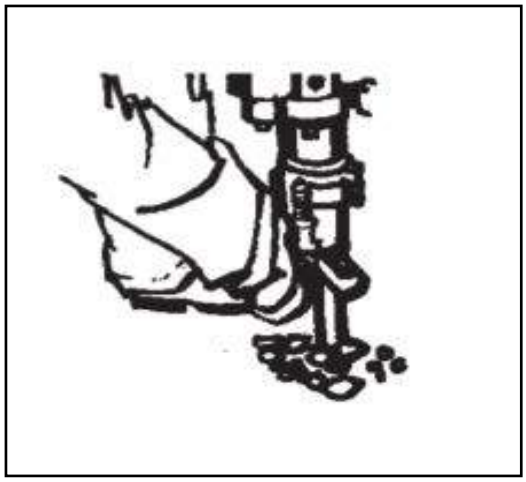
Joonis 196. Masin käivitatakse ilma puurita.

Kaljupuur käivitatakse tavaliselt ilma puurita. Puuriteradena kasutatakse kõvametallist tipuga varustatud puure, mille keskel on puhuriava.



Joonis 197. Puuritera kinnitamine masina külge.

Puurimine
Puurmasinal lastakse pöörelda tavalistel pööretel. Puuri toetatakse jalaga, siis paigutub puur puurimise alustamisel õigele kohale. Esimese puurimise ajal võib veel kütuse etteande sobivaks reguleerida.



Joonis 198. Puuri toetatakse puurimise alustamisel jalaga

Liiniehitustööde puurimistööde puhul on oluline tähtsus augu sügavusel, sest näiteks kaljusilmus ei jää kindlalt kalju külge püsima, kui selle jaoks puuritud auk on liiga sügav ning kinnituskiil ei saa silmuse tappi piisavalt laiali suruda. Seetõttu tuleb puuri terale märkida sügavusmõõt, mis hoiab ära liiga sügavate aukude tekke.

Vajadusel tuleb sügavaid auke, näiteks vundamendi jaoks, puurida pikema puuriteraga. Alati on õige alustada puurimist lühema puuriteraga ja vahetada puur pikema vastu, kuni augu sügavus on õige.

Muud kasutusvõimalused
Lisaks puurimisele võib kaljupuurmasinat kasutada muuhulgas:

- asfaltkattega tänavatele asfalditeraga aukude tegemiseks
- külmunud või kõva pinnase murdmiseks spetsiaalse maakiiluga.
- kaljupuurmasinat vajatakse ka püstse maanduse paigaldamisel.

Igapäevast hooldust tehakse vastavalt hooldusjuhisele ja sinna alla kuuluvad näiteks õhufiltri puhastamine ning gaasikanali ja klapi puhastamine.

Töökaitseküsimused
Kaljupuurmasina mootori ja puurimise müra on nii tugevad, et puurimisel peab kasutama kuulmiskaitseid. Liiniehitustööde puhul kasutatakse alati kiivrit, seega oleks hea lahendus kaitsekiivriga ühendatavad kõrvaklapid. Kindlasti tasuks kasutada ka kaitseprille.
Tõsine probleem on masina töötamisel tekkivad heitgaasid, kui puurimine toimub augus või kaevandis. Heitgaaside ärajuhtimiseks on masinal spetsiaalne pikendusvoolik.

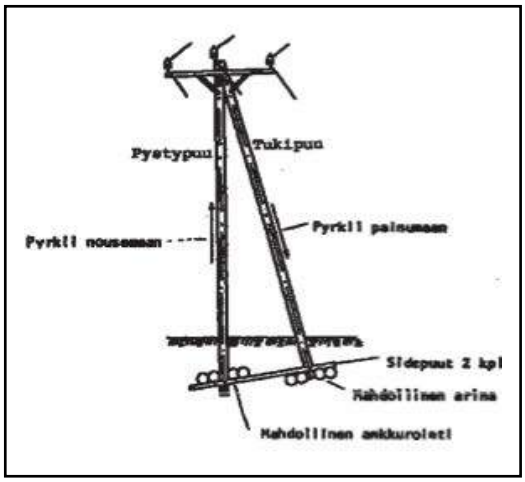
Töötamise aeg peab sellistes tingimustes olema väga lühike, sest heitgaasid on surmavalt mürgised.

17. ERIKONSTRUKTSIOONIGA MASTID

17.1. A-mast

A-masti kasutatakse nurgamastina objektidel, kus tõmmitsate jaoks ei ole ruumi, näiteks teeservas paikneva liini sisenurk, või kui tõmmitsaid ei soovita muul põhjusel kasutada.

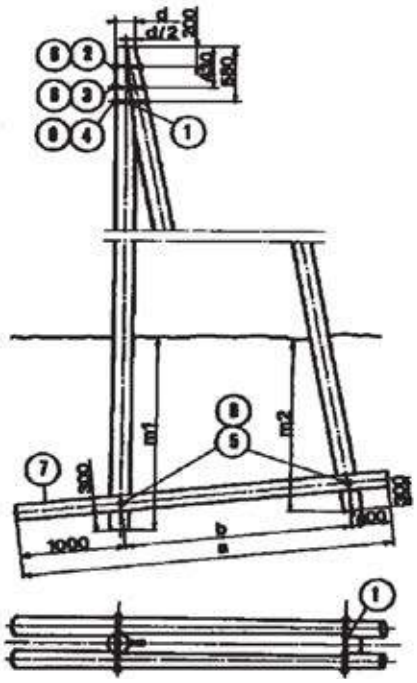
A-nurgamasti püstitamisel tuleb arvestada, et liini juhtmete pingsus püüab tugiposti maasse suruda ja vertikaalset posti maast välja kergitada. A-nurgamasti vundamendi dimensioneerimisel määratletakse ühenduspuude pikkus ja võimalik riiglite vajadus.



Joonis 199. A-masti põhimõtteline skeem.

A-masti dimensioneerimisel arvestatavad paigaldusdetailid:

- d = terve masti tipuosa läbimõõt
- tipuühenduse lõike pikkus mastiklassis 3 on 830...910 mm.
- tipu- ja tüveühenduse jaoks tehakse augud 26 mm puuriteraga.
- ühenduspuude õhem ots kinnitatakse toe külge.
- vertikaalpostile tehakse sidepuuga ühenduskohtades vastavad õnarused.
- masti toe süvistamissügavus m2 on u 0,3 m võrra väiksem kui vertikaalposti süvistamise sügavus m1.



- d = ehjän pylvään latvan halkaisija
- Latvaliitoksen veistoksen pituus pylväsluokassa 4 on 700...980 mm.
- Latva- ja tyviliitoksia varten tehdään reiät ø 26 mm poralla.
- Välipuiden ohuempi pää kiinnitetään vinoon runkopuuhun.
- Runkopuu lovetaan välipuun liitoksissa.
- Vinon pylväspuun upotussyvyys m2 on n. 0,3 m pienempi kuin pystyssä olevan pylväspuun upotussyvyys m1.
- A-pylvään tyvilevyys b ja välipuun pituus a saadaan ohaisesta taulukosta, A-pylvään pituuden ja kaltevuuden k perusteella, jotka ilmoitetaan johtokartassa.

		k=5,00		k=4,25		k=3,50	
Pylv/m	m1/m	a/m	b/m	a/m	b/m	a/m	b/m
10	2,00	3,40	2,00	3,80	2,40	4,30	2,90
11	2,00	3,60	2,20	4,00	2,60	4,50	3,10
12	2,00	3,80	2,40	4,20	2,80	4,80	3,40
13	2,00	4,00	2,60	4,50	3,10	5,10	3,70
14	2,00	4,20	2,80	4,70	3,30	5,40	4,00
15	2,25	4,40	3,00	4,90	3,50	5,70	4,30
16	2,30	4,60	3,20	5,20	3,80	6,00	4,60
17	2,45	4,80	3,40	5,40	4,00	6,30	4,90
18	2,60	5,00	3,60	5,60	4,20	6,50	5,10

7	Välipuu	käyt.pylv.puu	2	kpl	
6	Alusiastta	M24 BV 158	10	kpl	50510314
5	Kuusiorusvi	M24 x 800 %	2	kpl	50059239
4	Kuusiorusvi + mutteri	M24 x 450 %	1	kpl	50059255
3	Kuusiorusvi + mutteri	M24 x 380 %	1	kpl	50033788
2	Kuusiorusvi + mutteri	M24 x 340 %	1	kpl	50033762
1	Sitojalevy	127 x 127 mm	7	kpl	11300464

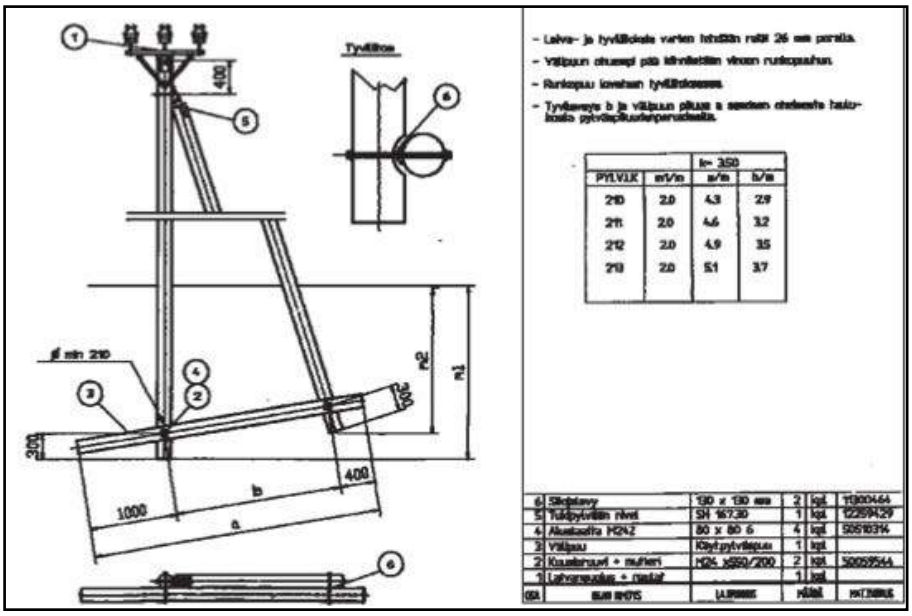
Joonis 200. A-masti dimensioneerimiskujutis.

17.2. Liigendtoega puitmast

Nurgamastil saab masti kallutava jõu kompenseerida ka mastitoega. Mastitugi paigaldatakse A-masti tugipuu järgi nurga siseküljele. Toe kinnitamiseks vertikaalse posti külge on välja töötatud tugiliigend.

Väikeste nurkade puhul saab vertikaalse posti püstitada tavalisel viisil. Tugipostile kaevatakse auk nurga siseküljele nurgapoolitaja joonele. Tugiposti liigend kinnitatakse toe otsa. Tugi tõstetakse auku ja määratakse liigendi kinnituskoht vertikaalsel postil. Kinnituskohta puuritakse kinnituspoltide jaoks augud ja liigend kinnitatakse vertikaalse posti külge.

Toega postide puhul tuleb arvestada, et kaldtugi põhjustab vertikaalset posti maast kergitava jõu nagu ka A-masti puhul. Kaldmastitoega lubatav liininurk peab olema nii väike, et vertikaalset posti maast kergitavat jõudu ei teki või maast kerkimine on ära hoitud vertikaalse posti ja toe otsad ühendava sidepuu abil (nagu ka A-masti puhul). Väiksemate nurkade puhul võib kasutada ainult vertikaalse posti külge kinnitatud tugitala.



Joonis 201. A-mastiks ehitatud liigendtoega puitmast.

17.3. Kaljumast

Masti püstitamine kaljule

Diagonaaltugedega toestatud kaljumast
Mast püstitatakse kaljumassiivile kasutades tavaliselt standardis SFS 2658 kirjeldatud diagonaaltugesid KVT 1 või KVT 2. Diagonaaltuge KVT 1 võib kasutada kuni 11 m masti ja diagonaaltuge KVT 2 kuni 18 m masti puhul. Diagonaaltoed paigaldatakse mastile kolmekaupa 120° vahedega. Diagonaaltugi kinnitatakse kaljumassiivi kaljukruvidega KR 20 (SFS 2659), auk puuritakse 22 mm puuriteraga, augu sügavus 150...170 mm) ja masti külge kahe puidukruviga 12x100 (SFS 2248).

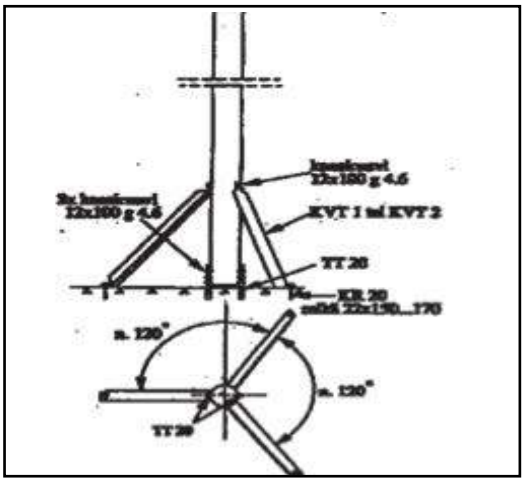
Diagonaaltugede puhul kasutatakse kahte tüvetuge TT 20 (SFS 2660). Tüvetugi kinnitatakse masti külge kolme sarnase puidukruviga nagu ka diagonaaltugi. Tüvitugi kinnitatakse kaljumassiivi enne masti püstitamisel kasutatava kiilu kinnitamist.

Tõmmitsatega toestatud kaljumast
Masti võib paigaldada kaljule kasutades diagonaaltugede asemel tõmmitsaid. Tõmmitsaid paigaldatakse kolm, 120° vahedega. Sirge liiniosa masti tõmmitsad paigaldatakse mastile enamasti 3 m kaugusele liinikinnituste alumistest metalldetailidest, siis ei ole tõmmitsatele ka kõrgepingeõhuliini masti otsas isolaatoreid vaja. Tõmmitsa sobiv kalle on 1:2,5.

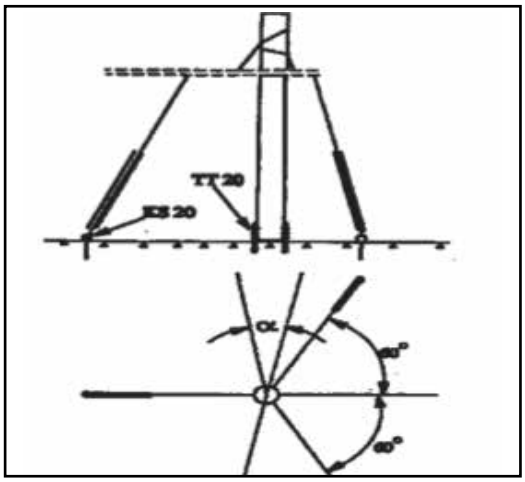
Tõmmitsate alumised otsad kinnitatakse kaljumassiivi kinnitatud kaljusilmuse külge.

Nurgamastidel paigaldatakse üks tõmmitsatest sisenurga poolitaja sirgele ja teised kaks välisnurka, nurga poolitajast 45°...60° kaugusele.

Lõpumastil paigutatakse üks tõmmits liini alla ja kaks liini pikendusest arvutatuna 45°...60° nurga alla.



Joonis 202. Diagonaalsete tugedega toetatud kaljumasti tüvekonstruktsioon (RJ 3:95, A12.).



Joonis 203. Tõmmitsatega toestatud kaljumasti tüvekonstruktsioon (RJ 3:95, A13).

Masti püstitamine pinnasega kaetud kaljumassiivile.
Kui kalju peal on paks pinnasekiht, püütakse mast püstitada esmalt tavalisse mastiauku. Kui kaljupind takistab piisava kaevamissügavuse saavutamist, toimitakse järgmiselt.

Kuidas toimida, kui mastiaugus tuleb kalju vastu?
Võimalused mastiaugus vastu tuleva kalju tõttu mastiaugu sügavust vähendada on lühidalt kirjeldatuna järgmised:

1,4 m + L/20	maamast, erimeetmed ei ole vajalikud
1,3 m + L/20	hoolikas täitmine või kivide kasutamine kiiludena
1,1 m + L/20	hoolikas täitmine ja kivide kasutamine kiiludena
0,9 m + L/20	tüvetugi
0,7 m + L/20	tüvetugi ja kivide kasutamine kiiludena
0,7 m + L/20	kaljumast

Pehmes pinnases on vaja 0,4 m võrra suuremat sügavust, kõvas pinnases piisab 0,2 m võrra väiksemast sügavusest.

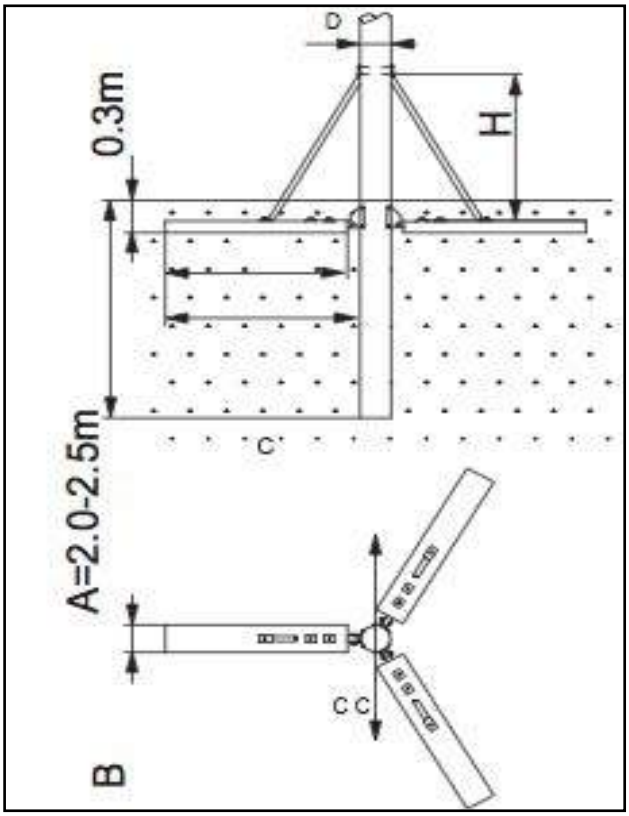
17.4. Soomast

Kui pinnas on väga pehme, tuleb masti toestamiseks erinevaid lisakonstruktsioone kasutada. Väga kõrgete ja raskete mastide püstitamist pehmetele pinnastele tuleks vältida.

Näide soomasti püstitamisest.
Soomastil on ümaratest palkidest tehtud kandesõrestik, millele püstitatav mast toestatakse. Mast on kinnitatud sõrestiku külge tüvest ja toestatud nelja, sõrestiku otstesse kinnitatud tõmmitsatega.

Sõrestiku alumise osa jaoks tuleb soopinnasesse tavaliselt süvend teha ning turbakihti eemaldada. Kui soo on väga vesine, tuleb hea kandevõimega aluspinnast juurde lisada, näiteks okstest sõrestiku abil. Sõrestik paigaldatakse tavaliselt nii, et selle harud jäävad liini suhtes 45° nurga alla.

Soomasti võib erijuhtudel püstitada ka rammides esmalt soopinnasesse piisava kandevõimega mastipuu, mille peale kinnitatakse mastipuu jätkamise teel liinimast.



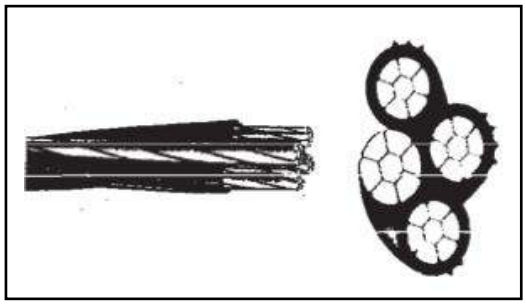
Joonis 204. Soomasti ehitus ja paigutamine liini suuna suhtes.

18. AMKA OMADUSED JA KASUTAMINE

18.1. Rippkeerdkaabli omadused

Ehitus
Rippkeerdkaabel AMKA on standarditud standardis SFS 2200 ja sellele on kehtestatud järgmised nõuded:

AMKA-rippkeerdkaabli nimipinge on Uo/U = 0,6/1 kV. Um = 1,2 kV



Joonis 205. AMKA-rippkeerdkaabli ehitus.

Juhtmed
16 mm2 ühetraadiline ümar alumiiniumjuhe
25…120 mm2 tihendatud ümar alumiiniumjuhe

Isolatsioon
Ilmastikukindel must polüeteen(PE)plast.
Kandetross
Tihendatud ümar alumiiniumisulamist juhe, mis toimib AMKA-süsteemis ka PEN-juhina.

Kaabli ehitus
Isoleeritud faasijuhid on keerutatud kandetrossi ümber selliselt, et mehhaaniline koormus oleks paigaldatud juhtmel suunatud vaid kandetrossile.
Kaablil võib olla ka üks isolatsiooniga juhe näiteks tänavavalgustuse juhtimiseks.

Faaside eristamine
Faasijuhi isolatsiooni pinnal on 2, 3 või 4 pikisuunalist harja.
Lisajuhis markeerimisharja ei ole.

Paigaldustemperatuur
Kaabli soovituslik minimaalne käitlustemperatuur on -20 C°.

Tabel 23. AMKA-rippkeerdkaabli tehnilised andmed

Juhtmete arv ja ristlõige	Faasi-juhtmed	Kandetross, PEN-juht		Kogu AMKA-süsteem				Tavatarne		
mm²	Palja juhtme läbimõõt max. mm	Läbi-mõõt max. mm	Murde-koormus min kN	Tuule-läbi-mõõt mm	Al-mass kg/km	Kogu-mass kg/km	Väik-seim lubatud painde-raadius paigaldu sel m	Tarne-pikkus m	Trumli tüüp	Mass kaabel+ trummel kg
1 x 16+25	4,4	5,8	7,4	11	100	135	0,28	2000	K11	325
3 x 16+25	4,4	5,8	7,4	20	185	270	0,42	1000	13G	375
4 x 16+25	4,4	5,8	7,4	22	225	330	0,42	1000	13G	435
3 x 25+35	5,8	6,8	10,3	23	285	390	0,50	1000	13G	495
3 x 35+50	6,8	8,0	14,2	27	390	530	0,58	1000	15G	680
3 x 35+70	6,8	9,6	20,6	31	445	670	0,62	1000	K18	900
3 x 50+70	8,0	9,6	20,6	31	540	700	0,66	1000	K18	930
3 x 70+95	9,6	11,3	27,9	36	775	1000	0,78	500	15G	615
3x120+95	12,7	11,3	27,9	42	1185	1500	0,92	500	K18	980

18.2. Kasutuskohad

AMKA-rippkeerdkaabel on enamkasutatud juhtmeliik madalpingejaotusvõrkude ehitamisel hajusa asustusega piirkondades nii maal kui ka linnades:

- Metsades ja parkides saavutatakse AMKA-liini abil kõige vähem loodust häiriv õhuliinikonstruktsioon.
- Ühispaigalduses 20 kV õhuliinidega saavutatakse suur mastide kokkuhoid. Ühiskasutuse tarvis tuleb 20 kV õhuliinid ehitada mehhaaniliselt tugevdatuna.
- Tee- ja tänavavalgustuse liinina ning ka ühiskasutuses sideliinivõrgu juhtmetega. Ka terviseradade ja suusaradade valgustuskaablina.

Joonis 206. AMKA-liin metsas.

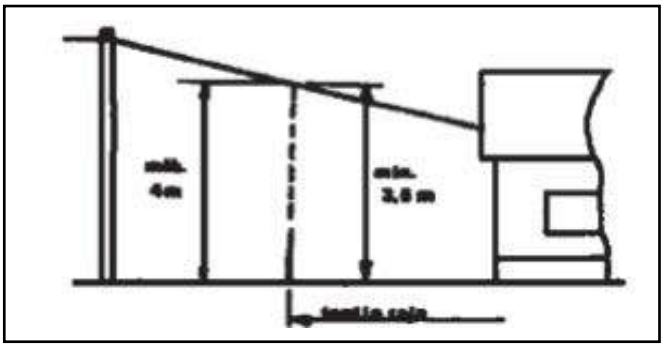
18.3. AMKA-liini vahekaugused lähiümbrusest

Standardis SFS 6003 on kehtestatud järgmised AMKA-liini paigaldusvahekaugused lähiümbruse objektidest:

1. Kaugus maapinnast või veepinnast peab kõikide ilmastikutingimuste puhul olema vähemalt 4 m. Seinal lõppeva liini kaugus maapinnast võib kinnistu territooriumil olla 3,5 m, kui juhtme all ei ole mootorsõidukite liikluseks avatud teed (vt joonis 204). Põldudel, kus liigutakse suurte töömasinatega (nt kombainid vms), peab minimaalne kaugus maapinnast olema 5,5 m.

Joonis 207. AMKA-liin ühiskasutuses 20 kV õhuliiniga.

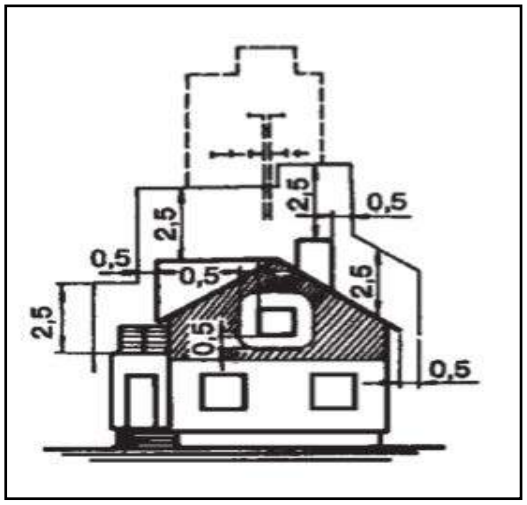
Joonis 208. AMKA-juhtmed tee- ja tänavavalgustuses kooskasutuses sidevõrgu juhtmega.



Joonis 209. Seinal lõppeva AMKA-liini kaugus maapinnast.

Madalpingeõhuliin, maandusjuht või piksekaitse tuleb paigutada nii, et püstised puuoksad või tüvi juhet ei kahjustaks. Juhtmete püsiv kinnitamine kasvavate puude külge ei ole lubatud (vt lõik 5.4.4)

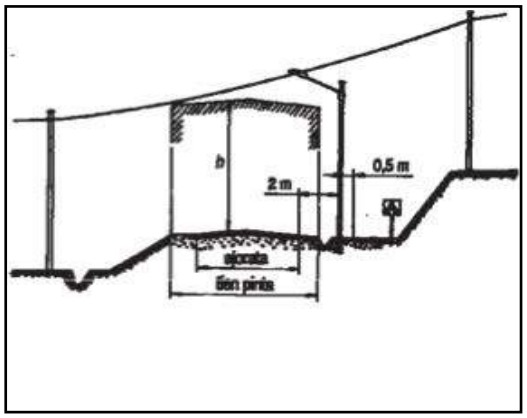
2. Kui madalpingeõhuliini, maandusjuhi või piksekaitse horisontaalne vahekaugus hoone või lahtise laoruumi mingist osast on väiksem kui 0,5 m selle kõrgus nimetatud hoone osast peab olema vähemalt 2,5 m (vt joonis 208). Hoone küljel oleva madalpingeõhuliini horisontaalne vahekaugus rõdust või aknast peab olema vähemalt 1,25 m (vt lõik 5.4.5.2).



Joonis 210. AMKA-liini vahekaugus hoonest ja juhtme seinal lõpetamiseks lubatud ala.

3. Õhuliini võib lõpetada otse seinal ainult trafodes ja hoonetes, mille elektritoite tagamine maakaabli abil on nt kaljuse pinnase tõttu võimatu, vt standard SFS 6000-8-801. Kui kaabel lõpetatakse hoone seinal, peab kaabli või juhtme vahekaugus akna vms ava servast, seinal olevast redelist või liini suunas kaldus katuseräästast olema juhtme lõpetamise kohas vähemalt 0,5 m. Õhuliini suund hoone suunas peab olema selline, et katuselt kukkuv lumi või jää liini peale ei langeks. (vt lõik 5.4.5.2)

4. AMKA-liini kõrgus eratee, kinnistu territooriumil paikneva mootorsõidukite liikluseks avatud tee või avaliku teega ristuva kõnnitee või muu kergliiklustrassi kohal peab olema vähemalt 5,5 m.
AMKA-liini minimaalne vahekaugus avaliku tee pinnast peab olema vähemalt 7,0. riigimaanteede, tugimaanteede ja piirkondilike teede kohal peab kõrgus olema vähemalt 7,8 m.



Joonis 211. AMKA-liini kõrgus tee pinnast.

Mastid koos tõmmitsatega tuleb paigaldada vähemalt 2 m kaugusele sõidutee servast. Jalgrattateega peab vahekaugus olema 0,5 m (vt joonis 211).

5. AMKA-liini vahekaugused elektritoitega raudtee rööbastest peab olema vähemalt 11,5 m ja vahekaugus kontaktliini kõikide komponentideni vähemalt 2 m. Vahekaugus elektritoiteta raudtee rööpast peab olema vähemalt 7 m. (vt punkt 5.4.5.3)

Tuleb arvestada, et Ratahallintokeskus ei luba oma juhistes AMKA-liinidel elektriraudtee rööbasteid ületada.

18.4. AMKA-liini vahekaugused teistest liinidest

18.4.1. Vahekaugus teistest liinidest VIM A4-93 alusel

VIM A4-93 määratles tabelis 3.1-1. Õhuliinilt nõutud vaba õhuvahe, mida nimetatakse ka lisapingeks a.

Tabel 24. Osa VIM tabelist 3.1-1. Õhuliinide vaba õhuvahe ehk pingelisa erinevate pingete puhul.

1	2	3
Süsteem		Vaba õhuvahe m
Suurim lubatud kasutuspinge kV	Nimipinge kV	
≤ 1,1	≤ 1	0,06
>1,1…12	>1…10	0,12
24	20	0,22
36	30	0,32
52	45	0,48
123	110	0,90

18.4.1. Vahekaugus teistest liinidest SFS 6003 alusel

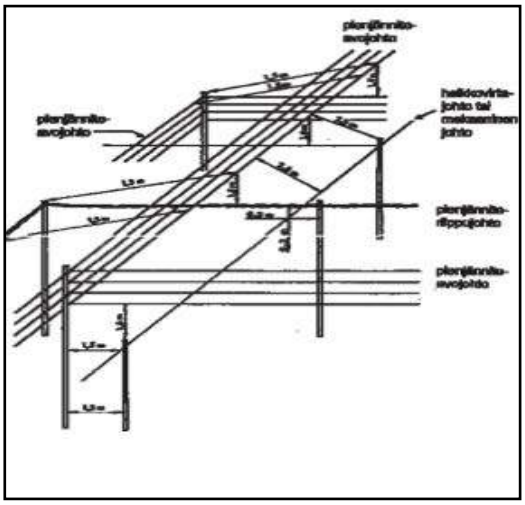
Punkt 5.4.5.4
”Madalpingeõhuliini, maandusjuhi või piksekaitse vahekaugused ristuva õhuliiniga peab olema vähemalt 1, m + D_{el}, kus D_{el} on määratud suurema pingega juhtme alusel.
NB! Soomes rakendatavad näitaja D_{el} väärtused on antud standardi SFS-EN 50341-3-7 tabelis 5.4/FI.1. Näitaja on 1…10 kV nimipinge puhul 0,12 m ja 20 kV nimipinge puhul 0,22 m.
Madalpingeõhukaabli vahekaugus metalli sisaldavast sidekaablist, maandusjuhist või piksekaitsest peab olema 0,3 m ka siis, kui jääkoormus on oletuslikult kõrgemal paikneval juhtmel.---”

Õhuliinistandardis SFS-EN 50341-3-7 Tabelis 5.4/FI.1- Vahekauguste põhiväärtused D_{el} ja D_{pp} , D_{el} on väiksem vajalik õhuvahe, millega hoitakse ära kahjulik ülelöök faasijuhtide ja maa potentsiaali all olevate objektide vahel järskudel või laugetel impulssliigpingete korral. D_{el} vastab seega VIMis kehtestatud vabale õhuvahele ja lisapingele a.

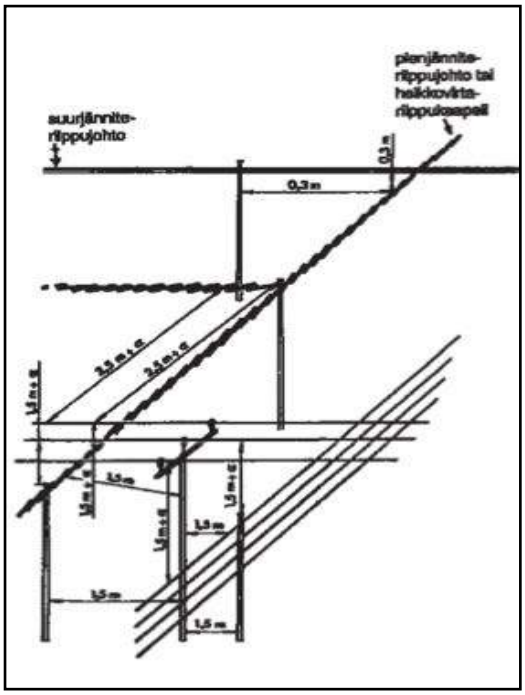
Tabel 25. Osa tabelist SFS-EN 50341-3-7 Tabel 5.4/FI.1.

Nimipinge (kV)	Suurim lubatud kasutuspinge (kV)	D_{el} (m)
1 -10	1,1 - 12	0,12
20	24	0,22
30	36	0,32
45	52	0,48
110	123	0,9

Edaspidi on tutvustatud VIMis avaldatud pilte juhtmete vahekaugustest ja neile on märgitud +a = pingest tingitud lisakaugus. Kui Del mõõtmed on samad kui VIMi pingest tingitud lisakaugus a, saab VIMi vahekauguste pilte kasutada ka edaspidi näitena õhuliinide vaheliste kauguste kujutamisel.



Joonis 212. AMKA-liinikaabli (madalpingerippkeerd-juhtmekaabli) minimaalne vahekaugus eri mastide otsas olevast teisest madalpinge-, side- või mehhaanilisest juhtmest (VIM joonis 4.3 -3.).

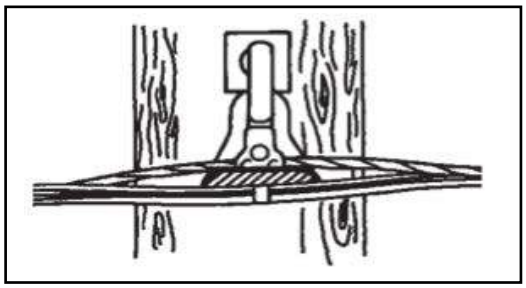


Joonis 213. AMKA-liinikaabli ja erinevatel mastidel olevate kõrgepingejuhtmete vahelised minimaalsed vahekaugused, a = lisapinge (osa VIM joonisest 4.3-2)

19. AMKA-LIINI PAIGALDAMINE

19.1. Üldist

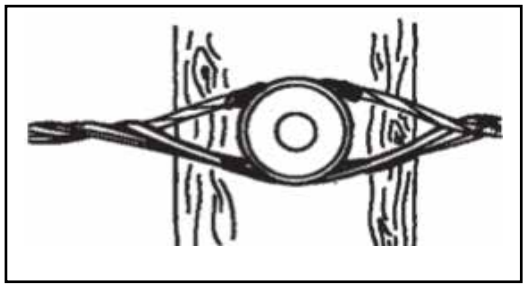
Isoleerimata paigaldus



Joonis 214. AMKA-liini isoleerimata paigaldus.

AMKA-liini puhul kasutatakse enamasti isoleerimata paigaldust. Liini kandetross riputatakse joonisel 230 kujutatud alumiiniumisulamist valmistatud kandeklambri abil riputuskonksude külge. AMKA-liini kandetross on ühtlasi PEN-juht, seega tuleb paigaldamisel väga tähelepanelik olla ning arvestada alumiiniumi omadusi, kuigi paigaldise tugevus on tavaliselt alumiiniumjuhtme tugevusest suurem.

Isoleeritud paigaldis



Joonis 215. AMKA-liini isoleeritud paigaldus.

Isoleeritud paigaldusel kinnitatakse AMKA-liini kandetross isolaatorite külge nagu õhuliin. Isolaatoritena on kasutusel kanderullisolaatorid. Isoleeritud paigaldust on kasutatud erijuhtudel, näiteks kaitsemaandusjuhi ja AMKA ühispaigaldises ning nn. kombineeritud paigalduses, kus on kasutatud varem paljasjuhtme AMKA-juhtme vastu välja vahetamisel. Sirgel liiniosal kasutati isolaatoreid ja nurkades isoleerimata paigaldust. Kombineeritud paigaldust on vanematel õhuliinidel kasutatud ka paigaldustehnilistel põhjustel. Detailsemalt on seda teemat kirjeldatud punktis 28 Vana liini käitlemine.

Kui raamatus edaspidi käsitletakse AMKA-juhtme paigaldamist, on mõeldud alati isoleerimata paigaldusviisi ning seda ei ole eraldi mainitud.

Paigaldamisel tuleb arvestada

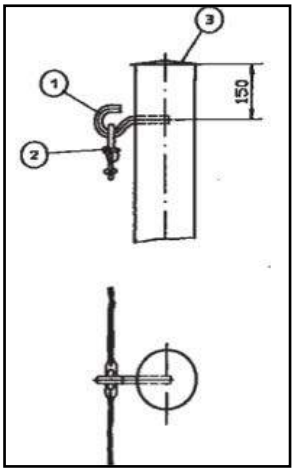
0,4 kV AMKA-liini kandetross on ühtlasi AMKA-süsteemi PEN-juht. PEN-juhi katkemine tekitab vooluahelas nulljuhi katkemise olukorra, kus nulljuhi ja faasijuhi vahele võib tekkida ohtlikult kõrgeid pingeid, mis võivad elektriseadmeid kahjustada. AMKA-liini ühendamisel ühenduskaabliga ja AMKA-liini ühendamisel AMKA-haruliiniga tuleb paigaldus teostada selliselt, et PEN-juht ei katkeks ka siis, kui kandetross ankruklambi küljest lahti tuleb.

1 kV AMKA-liini kandetross ei toimi PEN-juhina, sest süsteem on maast eraldatud. 1 kV AMKA-liini kandetross on kaitsemaandatud ühisesse maandusvõrku.

AMKA-liinide paigaldamisel tuleb tähelepanu pöörata ka paigaldise välisilmele. Faasijuhtmetest tekitatud silmuseid tuleb vältida. Samuti tuleb liini lõpetamisel faasijuhtmed hoolikalt viimistleda.

19.2. Näiteid paigaldusest

19.2.1 Kandemast sirgele liinilõigule

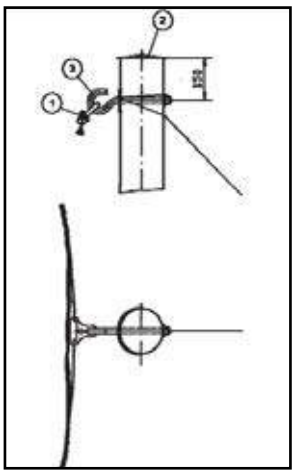


Joonis 216. Kandemast sirgele liinilõigule

Detailid joonisel
1. Kandekonks RKKP 1 tk
2. Riputusklamber RKR 1 tk
3. Mastimüts 1 tk

Paigaldusjuhis:
Kandekonksu jaoks tehakse ø19 mm puuriteraga u 100 mm sügav auk, 150 mm masti tipust allapoole.
1. Auk tuleb puurida liinisuuna kulgemise suhtes täisnurga all.
2. Konks keeratakse masti kogu keermeosa pikkuses.
3. Ülestikku olevate AMKA-kaablite vahekaugus on 300 mm

19.2.2. Sisenurga nurgamast

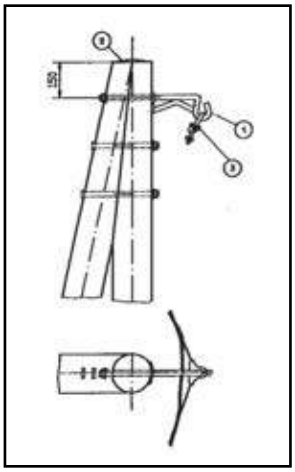


Joonis 217. Sisenurga nurgamast.

Detailid joonisel:
- Kandekonks alusseibiga RKKS 1 tk
- Riputusklamber RKR 1 tk
- Mastimüts 1 tk

Paigaldusjuhis:
1. Kandekonksu jaoks tehakse auk ø 22 mm puuriteraga.
2. Kandeklamber paigutatakse konksu külge enne selle pingutamist.
3. Üksteisekohal olevate AMKA- liinide vahekaugus on 300 mm

19.2.3. Välisnurga nurgamast

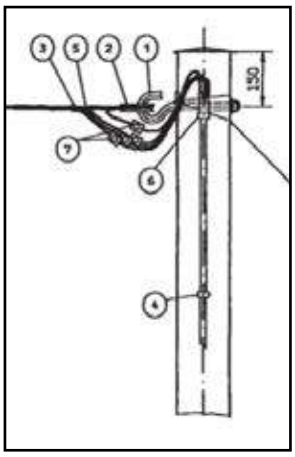


Joonis 218. Välisnurga nurgamast

Detailid joonisel:
1. Kandekonks RKKU 1 tk
2. Mastimüts 1 tk
3. Kandeklamber RKR 1 tk

Paigaldusjuhis:
1. Kandekonksu jaoks tehakse auk ø 22 mm puuriga.
2. Kandekonks paigutatakse välisnurga poolele.

19.2.4. Lõpumast, tõmmitsatega mast

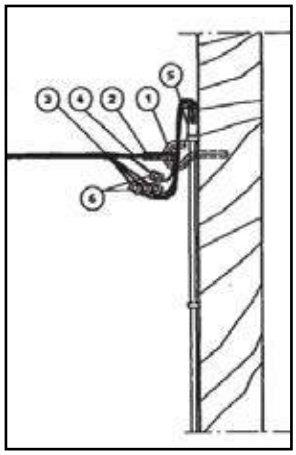


Joonis 219. Lõpumast, tõmmitsatega mast.

Detailid joonisel:
1. Kandekonks RKKS 1 tk
2. Kauss 1 tk
3. Kaablivits 1 tk
4. Mastimüts 1 tk
5. Ankruklamber (-hoidik) 1 tk
6. Kaabli lõpumuhv, mis valitakse kaablitüübi alusel
7. Ühendusklemmid, mis valitakse liini ja kaabli järgi
8. Distantskinnitus

Paigaldusjuhis:
1. Kandekonksule tehakse auk ø 22 mm puuriteraga.
2. Spiraalotsa asemel võib kasutada ka ankruklambrit.
3. Pärast pingutamist tuleb faasijuhtmed keerata kandetrossi ümber sellises ulatuses, milles juhe on avanenud ja kinnitada kaablivitsaga.

19.2.5. Lõpetamine hoone seinal konksu abil.

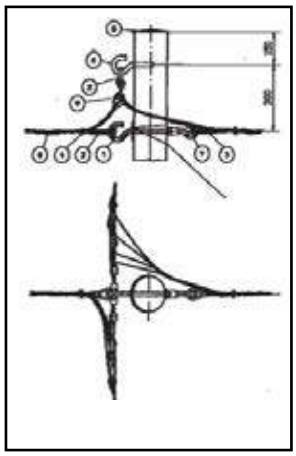


Joonis 220. Lõpetamine hoone seinal konksu abil.

Detailid joonisel:
1. Kandekonks RKKP 1 tk
2. Kauss 1 tk
3. Kaablivits 1 tk
4. Ankruklamber (-hoidik) 1 tk
5. Kaabli lõpumuhv, mis valitakse kaablitüübi alusel
6. Ühendusklemmid, mis valitakse liini ja kaabli järgi

Paigaldusjuhis:
1. Liini võib lõpetada seinal ainult standardi SFS 6000-8-801 erijuhtudel. Sellisel juhul peab kinnituskoha dimensioneerimine vastama ka standardi SFS 6003 nõuetele.
2. Kandekonksu jaoks tehakse ø 19 mm puuriteraga n. 100 mm sügav auk (auk tuleb teha seina karkassikonstruktsioonidesse).
3. Pingutusmasti ja hoone seina vahelises visangus juhtme pingsust peab olema vähendatud.
4. Pingutusmasti ja seina vahelist visangut tuleb piirata: AMKA 3x25+35 30 m, AMKA 3x35+70 15 m.

19.2.6. Hargnemismast, kaks liiniharu



Joonis 221. Hargnemismast, kaks liiniharu.

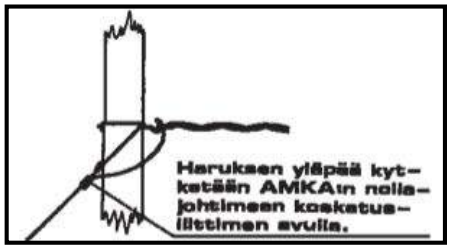
Detailid joonisel:
1. Kandekonks RKKS 1 tk
2. Kandeklamber RKR 1 tk
3. Kauss 2 tk
4. Kaablivits 2 tk
5. Mastimüts 1 tk
6. Kandekonks RKKP 1 tk
7. Mutterkonks M20 1 tk
8. Ankruklamber(-hoidik) 2 tk
8. Hargnemisklemmid 4 tk

Paigaldusjuhis:
1. RKKP-konksu jaoks tehakse ø 19 mm puuriteraga n. 100 mm sügav auk.
2. RKKS-konksu jaoks tehakse ø 22 mm puuriteraga auk. Arvesta dimensioneerimist.
3. Hargnemisklemmid valitakse liini ristlõike alusel.

19.3. Tõmmitsa kinnituskoht AMKA-liinil

Joonis 222. Tõmmitsa paigaldamine kandekonksu peale.

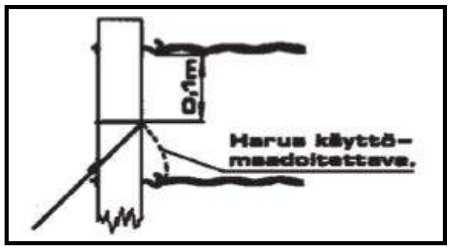
Ainult AMKA-kaabli masti tõmmits paigaldatakse tavaliselt selliselt, et tõmmits puudutab AMKAt kandekonksust kõrgemalt.



Joonis 223. Tõmmitsa maandamine.

Kui tõmmitsate paigaldamine kahe või enama AMKA-liini puhul tehakse nii, et see on alla 0,1 m kaugusel lähimast AMKA kinnituskonkstust, kuid ei puuduta seda, tuleb tõmmits maandada puuteklemmi abil AMKA PEN-juhi külge (joonis 223).

Mõnedes ettevõtetes kasutusel olev praktika on ühendada iga tõmmits alati AMKA PEN-juhi külge. Nii parendatakse väheste kuludega võrgu maandustingimusi ja vähendatakse eriti ilmastikutingimustest põhjustatud liigpingetest tekitatud kahjusid.
Kõrge- ja madalpingeliinide ühiskasutuses olnud mastides tuleb AMKA-liini tõmmits maandada puutekontakti abil AMKA PEN-juhi külge (vt joonis 223).



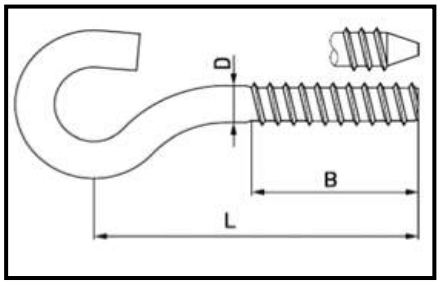
Joonis 224. Tõmmitsa paigaldamine PEN- juhist lahus.

Vahel tuleb tõmmits PEN-juhist lahus hoida. See võib olla tingitud nt tõmmitsavooludest, mis tekivad maanduselektroodide ja terasest tõmmitsaankrute vahele. Kui tõmmitsad paigaldatakse 0,1 m kaugusele AMKA-konksust, muud tõmmitsavoolukatkestust ei ole vaja (vt joonis 224). Tõmmitsavooludest on rohkem juttu punktis 16.2.6.

19.4. Paigaldustarvikud

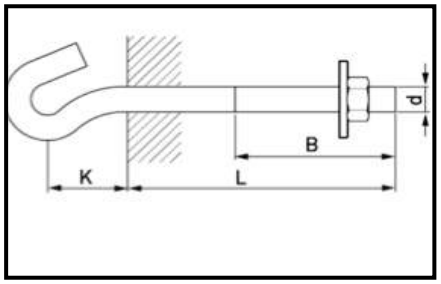
KANDEKONKSUD

Kandekonks RKKP
Kasutamine:
AMKA-liini sirgel liinilõigul või väikestes siseküljel olevates alla 10° nurkades ning väikeste ristlõigetega liini seinal lõpetamisel.



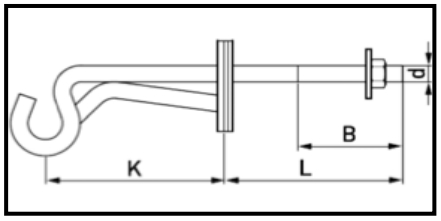
Joonis 225. Kandekonks RKKP.

Kandekonks RKKS
Kasutamine:
AMKA-liini nurkade siseküljel ja liini lõpetamisel.



Joonis 226. Kandekonks RKKS

Kandekonks RKKU
Kasutamine:
AMKA-liini nurkade välisküljel.

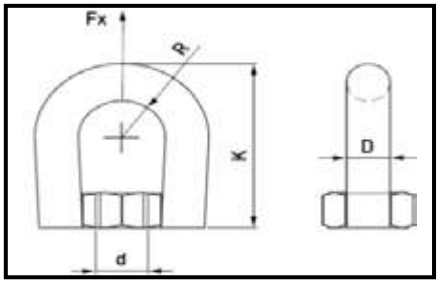


Joonis 227. Kandekonks RKKU

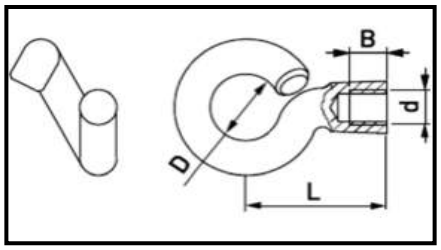
KONKSUDE LISATARVIKUD

Aasmutter M 20
Kasutamine:
RKKS-konksu keermeotsas või kuuskantpoldi otsas kinnitusdetailina.

Mutterkonks M 20
Kasutamine:
RKKS-konksu keermeotsas või kuuskantpoldi otsas kinnitusdetailina.



Joonis 228. Aasmutter M 20.



Joonis 229. Mutterkonks M 20.

AMKA KANDURID

AMKA kandeklamber RKR
Ehitus:
- Karkass alumiiniumisulamist.
- Pingutusdetail alumiiniumisulamist.
- Pingutuspolt M10, kuumtsingitud.

Kasutamine:
- AMKA-liini riputamiseks sirgel liinilõigul ja kuni 130° nurkades.

Joonis 230. AMKA kandeklamber RKR.

LÕPUKANDURID

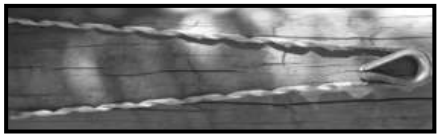
Koonusekujuline ankurklamber
Ehitus:
- Karkass ja koonusekujuline kinnitus alumiiniumisulamist.
- Riputusdetail kuumtsingitud terasest.
- Pingutusmutter alumiiniumist.

Kasutamine:
- AMKA-liini lõpetamine.
- Igale ristlõikele oma klamber.

Joonis 231. Koonusekujuline ankurklamber.

Spiraalside ja kauss
Ehitus:
- Eelpingestatud terastraadist spiraal, mille sisepindadele on kinnitatud metalliosakesi.
- Terasplaadist vormitud kauss spiraali alla.

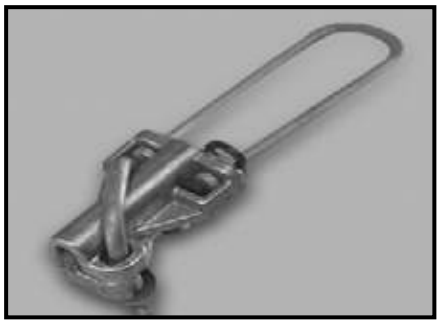
Kasutamine:
- AMKA-liini lõpetamine.
- Igale ristlõikele oma spiraal.



Joonis 232. Spiraalside ja kauss.

Kiiludega ankruklamber
Ehitus:
- Karkass alumiiniumisulamist.
- Karkassi sees alumiiniumsulamist kiilud, mis pressitakse ümber juhtme.
- kinnitusdetail roostevabast terasest.

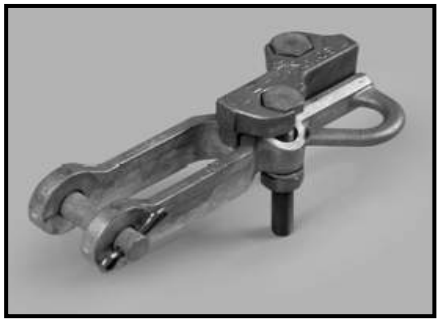
Kasutamine:
- AMKA-liini lõpetamine.
- Igale ristlõikele oma klamber.



Joonis 233. Kiiludega ankruklamber.

Universaalne ankruklamber
Ehitus:
- alumiiniumsulamist karkass, terasest kinnitusdetail, millega kandur kinnitatakse konksu külge
- Juhtme võib paigaldada otsakusse katki lõikamata.

Kasutamine:
- Erinevate ristlõigetega AMKA-liini lõpetamine .



Joonis 234. Universaalne ankruklamber16 – 95 mm².

Distantsnael
Ehitus:
- Karkass polüeteenplastist.
- Kuumtsingitud terasnael.
- Plastiga kaetud alumiiniumkinnitus.
- On ka metallkarkassiga plastiga kaetud distantsnaelu.

Joonis 235. Distantsnael.

Kasutamine:
- AMKA-liini kinnitamiseks lühikestel lõikudel seinal või mastil
- Distantsnaela kasutatakse ka kaablite kinnitamiseks masti külge.

19.5. Juhtme vedamine käsitsi

Käsitsi vedamist kasutatakse ainult lühikeste liinilõikude paigaldamisel.

Juhtme vedamise ettevalmistamine

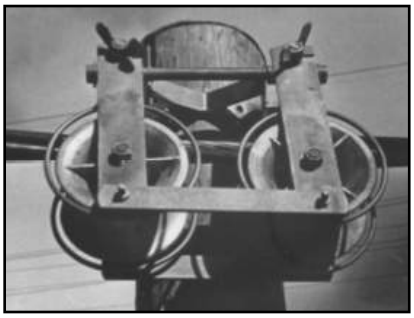
VeorullikudVeorullikutel on kinnituskonksu või ketiga varustatud karkass, millele on laagrite abil kinnitatud kergesti pöörlev nailon- või alumiiniumrullik ja millega saab juhet kergesti ning seda kahjustamata vedada.

Veorullikud kinnitatakse mastide külge enne vedamist. Sirgetel liinilõikudel riputatakse rullikud enamasti kandekonksude külge. Nurkades kasutatakse ketiga kinnitatavaid kahe rattaga nurgarullikuid.

Joonis 236. Veorullik sirgele liinilõigule.

Ohutuse tagamine
Enne vedamise alustamist tuleb veenduda, et uue kaabli vedamise trass on muudest liinidest, puudest jm takistustest vaba.

Kui kaabli vedamine toimub liiklustrassi ääres või seda ületades, tuleb enne vedamist valmistuda liiklejate hoiatamiseks ja liikluse suunamiseks.



Joonis 237. Veorullik suurte ristlõigete ja suurte nurkade tarvis.

Juhtme vedamise etapid

Juhtmetrumli ettevalmistamine juhtme vedamiseks
Trummel tõstetakse trumlipukkidele selliselt, et see pöörleks vabalt ja tundlikult ning selliselt, et juhe trumli pealt maha rulluks. Trumli servad kontrollitakse võimalike naelte jms eemaldamiseks üle, need võivad lõhkuda juhtme isolatsioonikihti vedamise ajal.

Trumli küljele on noolega märgitud trumli pöörlemissuund selle teisaldamisel. Juhe keritakse trumlilt maha noole suunale vastupidises suunas.

Kui AMKA-juhet keritakse trumlilt maha muul viisil kui trumlit pöörlema pannes, keerdub juhtmekeere lahti ja faasijuhid lõdvenevad. Nii tekkivate kahjude kõrvaldamine on keeruline ja see kahjustab ka liinipaigalduse välisilmet.
AMKA käsitsemisel peab ettevaatlik olema ja jälgima, et teravaservalised esemed ei kahjustaks faasijuhtide isolatsiooni või PEN-juhti. Trumlit ei tohi ühelgi juhul tõsta ega kerida juhet maha trossiga tõstmisel, kui trummel on horisontaalasendis. Trumli tõstmisel ja kaabli lahtikerimisel tuleb kasutada seadmeid, millesse trummel asetatakse vertikaalselt.

Juhtme vedamine
AMKA-juhtme vedamisel käsitsi määratakse vajalik tööliste arv veetava juhtme ristlõike ja vedamise vahemaa alusel.

Juhet veetakse trumlilt, mis on piduriga varustatud trumlipuki peal või kaablitrumli juures peab olema üks montöör, kes vajadusel pidurdab juhtme mahakerimist trumlilt.

Kaabli ots tõstetakse vedamise käigusmastides olevatele veorullikutele. Vedamise ajal tuleb jälgida, et kaabel ei hõõrduks vastu okastraati, kive või muid takistusi.

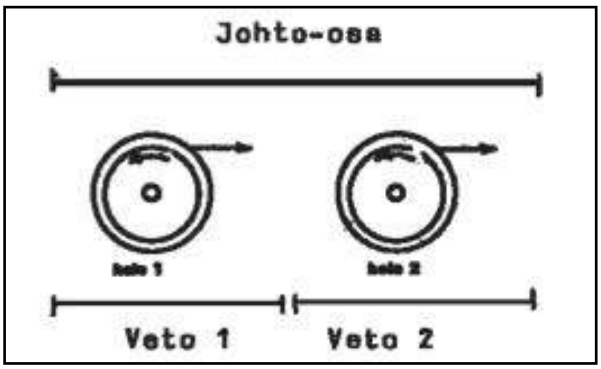
19.6. Juhtme mehhaaniline vedamine

Juhtme mehhaaniliseks vedamiseks on vaja põhjalikumaid ettevalmistusi kui käsitsi vedamiseks.

Enne töö alustamist tuleb juhtme vedamiseks vajalikud eeltööd teha. Ristuvate liinide kaitsmine või allalaskmine, materjalide vedamine ja käitlemine. Ettevalmistuse alla kuuluvad ka elektrikatkestustest teavitamine või varutoite korraldamine.

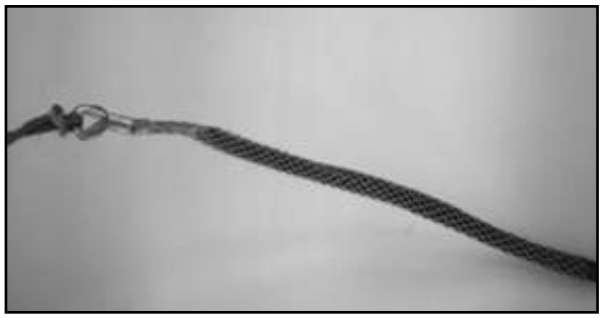
AMKA-juhet tarnitakse enamasti alla 70 mm² 1000 m ja üle 70 mm² 500 m tarnepikkustes. AMKA-juhtmete vedamisel kasutatakse põhimõtteliselt samu mehhaniseeritud töövõtteid nagu paljasjuhtmega õhuliinide vedamisel. Meetodi põhiüksuse moodustavad mootoriga töötav kerimisseade ja tõmbetross ning mastide külge paigaldatavad veorullikud.

Masin paigutatakse sellisel juhul veetava lõigu lõppu ja trummel lõigu algusesse. Kui kaablit jätkatakse, on otstarbekas, et vedamine toimub alati samas suunas, siis saab samal viisil tähistatud faasijuhte jätkata ilma faasijuhtide ristumiseta. AMKA-juhe on juba tootmise käigus selliselt trumlile keritud, et trumli alguse saab ühendada eelmise trumli lõpuga.



Joonis 238. Kui juhet tuleb veedada mitmelt trumlilt, tuleb juhe maha kerida järgemööda .

Sirgel liinilõigul paigaldatakse veorullikud masti otsas kandekonksude külge ja liininurkades kasutatakse selleks ettenähtud nurgarullikuid. Veorullikute kinnitamisel tõmmatakse kerimisseadmelt veotross ja paigaldatakse kaabliveorullikutele. Veotross ühendatakse tõmbesuka abil veetava kaabli otsa. Kaabli otsas olevad faasijuhid tuleb astmeliselt läbi lõigata, et veosukk elastselt kinnituks ning kaabliveorullikute külge kinni ei jääks. Kui seade veab veotrossi trumlile, tõuseb veetav AMKA-juhe otse veorullikule.



Joonis 239. Veosuka kinnitamine rippkeerdkaabli vedamiseks AMKA-le.

Tõmbamist alustades peab kerimisseadme operaatoril olema raadiotelefoni teel ühendus trumli ja töö järelevalvet teostava töötajaga.

Kuuldavust parendab kaitsekiivri kõrvaklappidesse ühendatud raadiotelefoni võimendi.

Juhtme käitlemine vedamise ajal
AMKA- vedamisel tuleb alati kasutadaveorullikuid. Järskudes nurkades on oht, et juhe ei paindu piisavalt. Selle

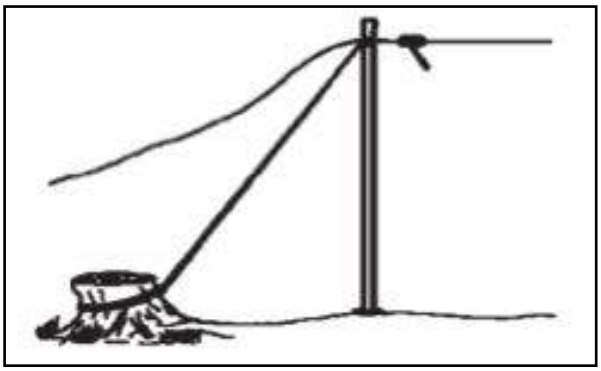
vältimiseks kasutatakse spetsiaalseid kahe rattaga nurgaveorullikuid. AMKA-rippkaablit ei tohi mingil juhul vedada ka mitte lühikest maad ainult kandekonksude peal, sest ka minimaalsed sisselõiked rippkaabli isolatsioonikihti võivad hiljem põhjustada liinil väga raskesti leitavaid rikkeid.

AMKA-rippkaablit nagu ka teisi alumiiniumjuhtmeid ei tohi kunagi vedada piki kunstväetistega väetatud põlde. Kokkupuudet maapinnaga tuleb võimaluste piires vältida.

Juhtme vedamise ajal tuleb tähelepanu pöörata sellele, et juhe püsiks koos ja keere ei keerduks lahti, faasijuhid ei lõdvene, PEN-juhti ei teki silmuseid sisse, sest nende kahjustuste kõrvaldamine on enamasti keeruline ning need teevad paigaldise välimuselt inetuks.

19.7. Juhtme pingutamine

Enne pingutamise alustamist tuleb veenduda, et mast, mida pingutamisel kasutatakse, püsib pingutamise ajal õiges asendis. Selle tagamiseks võib kasutada ajutisi tõmmitsaid. Ajutised tõmmitsad tuleb dimensioneerida selliselt, et need taluksid juhtmetest tekitatud koormust.



Joonis 240. Ajutised tõmmitsad pingutamiseks.

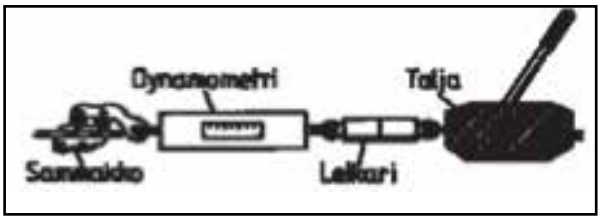
AMKA-t pingutatakse kogu ankruvisang korraga. Suurte nurkadega liinilõikudepuhul pingutatakse nurgavahe korraga. Kergete juhtmete esmane pingutamine toimub käsitsi ja raskematel juhtmetel vintsi või taliga.

Pärast esmast pingutamist AMKA kandetross ühendatakse konnklemmi abil veotali trossiga.

Konnklemmi paigaldamisel tuleb hoolitseda selle eest, et kandetross või faasijuhid ei kahjustuks. Konnklemmi paigaldamiseks võib kasutada abivahendina paigalduskiilu, millega konnale ruumi tehakse.

Seejärel pingutatakse juhet ilmastikutingimustele vastava pingsusastmeni selliselt, et pingsus viiakse veidi üle õige väärtuse, seejärel lõdvendatakse kuni vajaliku väärtuseni.

Pingutamise ajal tuleb jälgida juhet eriti nurkade kohal. Jälgimise tõhustamiseks luuakse pingutaja ja juhet jälgivate tööliste vahele raadiotelefoniside. Kui pingutusmomendi mõõtmiseks kasutatakse dünamomeetrit, kinnitatakse see spetsiaalse vahedetaili liigendploki abil tali ja kaabli vahele.



Joonis 241. Paigaldustrossi pingutusjõu mõõtmine dünamomeetriga.

Raskemate kaablite puhul pinguldatakse AMKA-t enamasti vintsi abil.

Kõikidele ilmastikuoludele vastav ripe saadakse tootja või võrgusoovituste trossidele mõjuva tõmbejõu ja rippe tabelitest.

Tabel 26. Näide trossile mõjuva tõmbejõu ja rippe tabelist, AMKA 3x70+95. Pinge 0° juures 45,0 N/mm2 (RJ 8:94). Paigaldustrossile mõju tõmbejõud kilonjuutonites

VISANG m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
40,0	7,95	7,01	6,13	5,31	4,59	3,98	3,48
50,0	7,41	6,57	5,80	5,12	4,53	4,04	3,64
60,0	6,87	6,15	5,51	4,95	4,48	4,09	3,75
70,0	6,37	5,78	5,26	4,82	4,44	4,12	3,85
80,0	5,95	5,48	5,07	4,72	4,41	4,15	3,92
90,0	5,62	5,25	4,92	4,64	4,39	4,17	3,97
100,0	5.36	5.07	4,81	4,58	4,38	4,19	4,02
110,0	5,17	4,93	4,72	4,53	4,36	4,20	4,06

Paigaldusripped meetrites

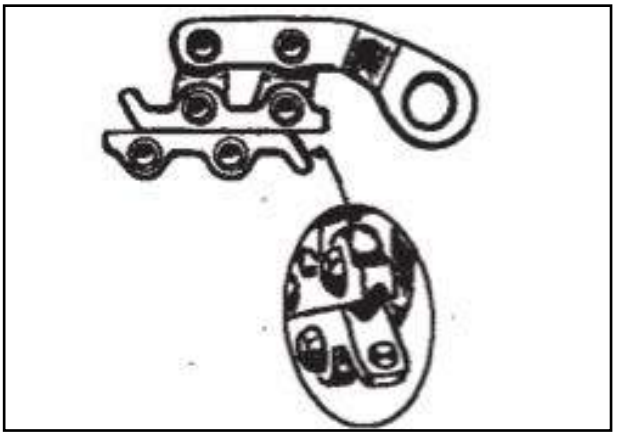
VISANG m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
40,0	0,24	0,28	0,32	0,37	0,42	0,49	0,56
50,0	0,41	0,46	0,52	0,67	0,75	0,84	0,92
60,0	0,64	0,71	0,79	0,88	0,98	1,07	1,17
70,0	0,94	1,03	1,13	1,24	1,34	1,45	1,55
80,0	1,31	1,42	1,54	1,65	1,77	1,88	2,00
90,0	1,76	1,88	2,01	2,13	2,26	2,37	2,49
100,0	2,27	2,41	2,54	2,67	2,80	2,92	3,05
110,0	2,86	3,00	3,14	3,27	3,40	3,53	3,66

Paigaldustöös kasutamiseks on koostatud taskusse mahtuv juhtmete paigaldusväärtuste kaart, milles trossidele mõjuvad tõmbejõud on teisendatud kilogrammideks kilogrammiskaalaga varustatud dünamomeetri jaoks. Ligikaudse väärtusena võib kasutada järgmist vastet: 1 kN vastab 100 kg ehk kui tabelis on paigaldusköiele mõjuv jõud 3,82 kN, vastab see dünamomeetris 382 kg lugemile.

Pingutamise töövahendid

Konnklemm

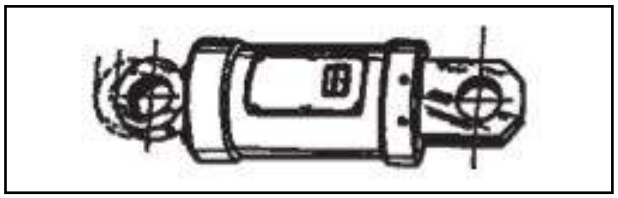
Konnklemmiga haaratakse AMKA-juhtme pingutamisel kandetrossist. Konna dimensioneerimine peab vastama kasutatava juhtme ristlõikele. Konnklemmi eemaldamine pärast pingutamist on lihtsam, kui kasutatakse tagastusvedruga varustatud konnasid, neid saab tõmbetrossi abil avada ja seejärel kaabli küljest vabastada.



Joonis 242. Konnklemm.

Dünamomeeter

Paigaldustrossile mõjuvat jõudu võib mõõta kaabli pealt dünamomeetri abil.
Dünamomeetri kinnitamisel konna ja tali vahele kasutatakse kruvikinnitusi ehk ankrulukke.

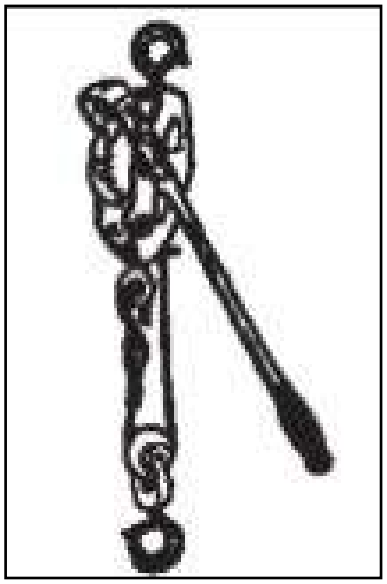


Joonis 243. Dünamomeeter.

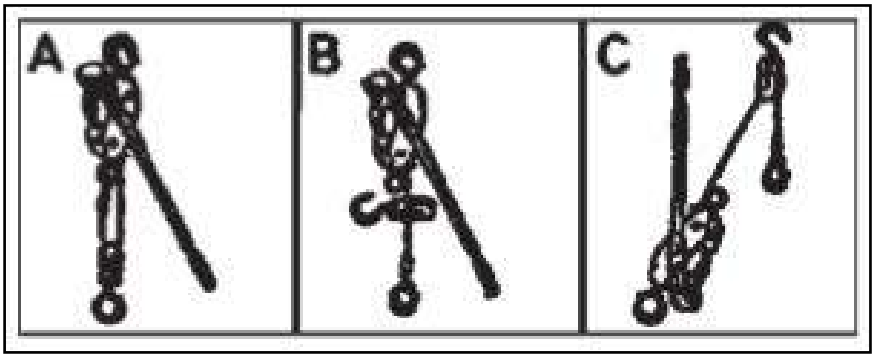
Terastrossiga tali ehk vibutali

Terastross keritakse tali trossitrumlile vibuhoova ja lukustusseadme abil. Vibuhoob on dimensioneeritud selliselt, et see paindub enne, kui talil jõuab ohtlik koormus tekkida. Enne pingutamise alustamist tuleb alati tutvuda kasutatava tali kasutusjuhendiga pingutamisel ja eriti lõdvendamisel.

Vibutalide kasutusvahemiku maksimaalsed jõud on u 4,5...30 kN.



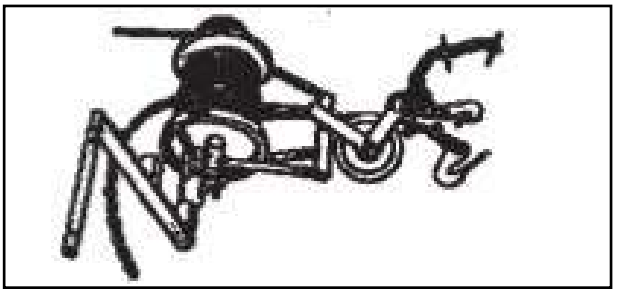
Joonis 244. Terastrossiga tali ehk vibutali.



Joonis 245. Pingutamine vibutaliga.

Vints

Vintsi puhul keritakse terastross vända abil trossitrumlile, millel on lukustusseade. Trossi otsas on konks ja lisaks konksuga varustatud vintsiratas. Enne vintsi pingutamiseks kasutamist tuleb tutvuda selle toimimisega pingutamis- ja lõdvendamissuunas. Käsivintsil peab olema turvavänt, mis hoiab ära vända paiskumise vastu kätt näiteks juhtme lõdvendamise ajal.

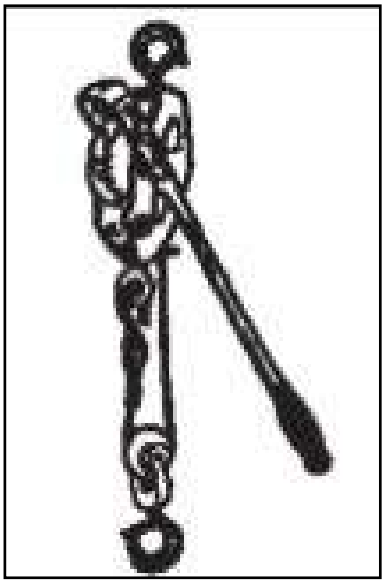


Joonis 246. Vints.

Paigalduskiilud

Paigalduskiilusid kasutatakse:
- pingutamisel kandetrossi eraldamiseks faasijuhtidest konnklemmi kinnitamiseks.
- juhtme kinnitamisel ja hargnemisel on eralduskiilud vajalikud pingutatud juhtmetest kandetrossi eraldamiseks kandeklambri või isolaatori külge kinnitamiseks.

Paigalduskiilude asemel ei tohi kasutada muid töövahendeid (kruvikeerajaid, juhtmetange, mutrivõtmeid) juhtide eraldamiseks, sest need võivad kaabli isolatsioonikihti kahjustada.

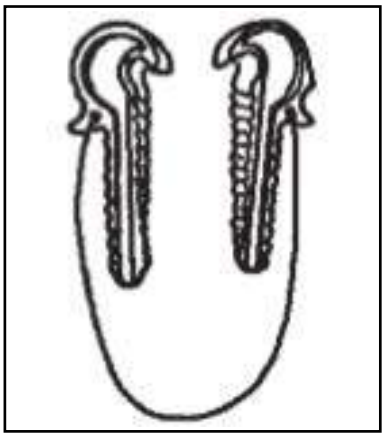


Joonis 247. Tõmme või pingutamine vintsiga.

19.8. Juhtme lõpukinnitus

Kandetrossi lõpetamine masti otsas tehakse RKKS-konksu või mutterkonksu ning seinal RKKP-konksu abil.

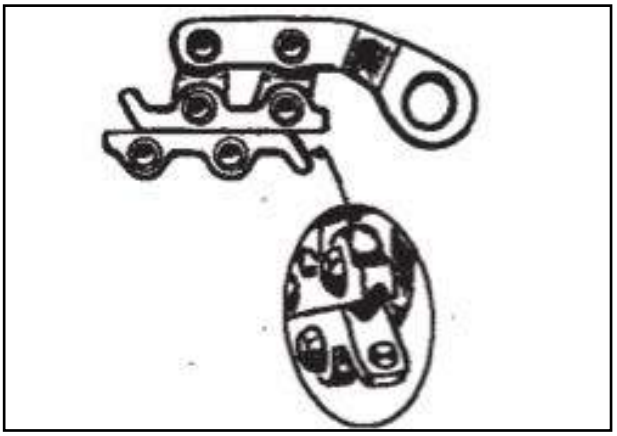
Kandetross kinnitatakse konksu külge spiraalsidemega ja siis on vaja ka kaussi spiraalsideme kaitseks või sobiva ankurklambriga.



Joonis 248. Paigalduskiilud (üks mudel).

AMKA-juhtme lõpetamine spiraalsidemega

Juhe pingutatakse tali või vintsiga sobiva pingsuseni, arvestades, et juhe paigaldamise järel veidi lõtvub. Kauss paigaldatakse konksu otsa ja spiraalside selle soonde. Spiraalsideme teine haru keeratakse kandetrossi ümber, alustades märgi kohalt. Teine haru keeratakse järgmisena nii, et risti olevad lähtetähised on kohakuti. Keeratakse käsitsi. Kinnitatud spiraalsideme ots kaitstakse teibiga ja tali lõdvendatakse ja kontrollitakse, et pingsus on sobiv. Lõpetamise tõttu lõdvenenud faasijuhid keeratakse kandetrossi ümber nii, et juhtmed on pingul, kuid mitte nii palju, et faasijuhtmed painduks kandetrossi peale. Faasijuhid seotakse kaablivitstega kokku nii, et risti olevad lähtetähised on kohakuti.



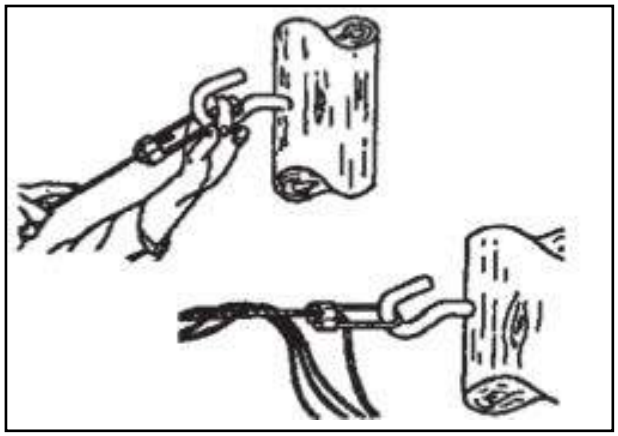
Joonis 249. Lõpetamine masti otsas spiraalsidemega.

AMKA-juhtme lõpetamine ankruklambriga

Ankruklamber riputatakse kandekonksu külge. Juhet pingutatakse eespool kirjeldatud viisil.

Kandetrossi ots lükatakse läbi klambri koonusekujulise kinnitusdetaili ja tõmmatakse pingule. Koonusekujuline kinnitusdetail pingutatakse lõplikult pingutusmutriga, seejärel võib tali eemaldada ja viimistleda juhtme otsa.

Joonis 250. Lõpetamine seinal spiraalsidemega.



Joonis 251. Lõpetamine koonusekujulise ankruklambriga.

19.9. Juhtme kinnitamine

AMKA-juhtme kinnitamine mastide külge

AMKA-liini kandetross tuleb kinnitada mastide või muude tugede külge selliselt, et see kinnitamisel terveks jääks ja kaablile ei tekiks ka hiljem vigastusi nt tuule tekitatud liikumise tõttu. Kinnitamisel peab kasutama ainult lubatud kinnitusseadmeid järgides paigaldusnõudeid.

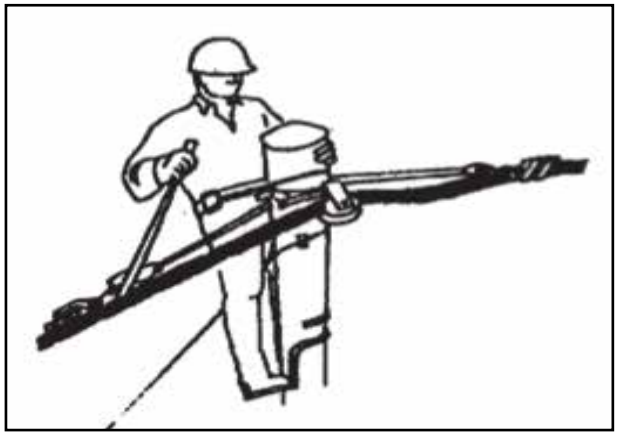
Sirgele liinilõigule kinnitamisel kasutatakse kandurina RKKP-konksu ja selle külge paigaldatakse sobiva ristlõike alusel RKR kandeklamber. Kandetross paigaldatakse kandeklambri külge paigalduskiilude abil.

Sissepoole jäävates nurkades teostatud paigaldustöödes kasutatakse kandurina RKKSkandekonksu. Välisnurkades kasutatakse RKKU-konksu. Enamasti püütakse paigaldus teostada sisenurkades, sest siis on hõõrdumisoht väike ja kandurite paigaldamine on lihtsam.

Sisenurgas tuleb kandeklambri paigaldamisel kasutada abiks trossitali, millega AMKA-juhet lõdvendatakse kandeklambri kohalt. Mõlemale poole nurgamasti avamiskiilude abil paigaldatakse konnklemmid . Taliga pingutatakse nii palju, et veorullikud saab ära võtta ja kandetrossi kandeklambri külge kinnitada.

Joonis 252. AMKA kinnitamine nurgamastis .

AMKA-juhet tali abil nurgamastis lõdvendades peab montöör asuma masti taga välisnurga poolel. Sellisel juhul ei teki ohtu, et kaabel töö ajal lahti tulles montööri kaasa tõmbaks



Joonis 253. Kaabli lõdvendamine kandeklambri paigaldamiseks.

19.10. AMKA-juhtme jätkamine

Juhtme jätkamine

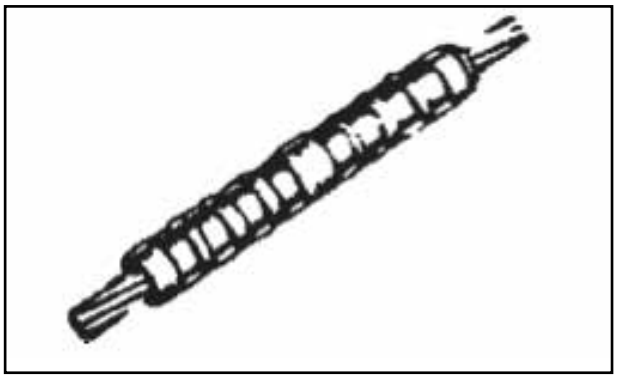
Jätkuühendused jagatakse kahte rühma:
1. Tõmbekindlad ühendused (nt kokkupressitav liitekoht või kiilliides)
2. Kokku pressitavad isolatsiooniga jätkuhülsid.

AMKA-juhtme jätkamisel on kaks etappi:
1. Isolatsioonita kandetross (PEN¬-juht) jätkatakse tõm-

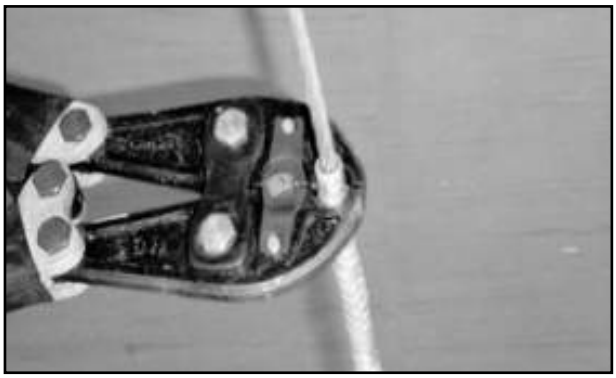
bekindla jätkuühendusega.
2. Isolatsiooniga faasijuhte jätkatakse isoleeritud jätkuhülsidega.

Kokkupressitavat ühendust kandetrossil kasutakse enamasti siis, kui faasijuhte jätkatakse kokku pressitavate jätkuhülsidega. Sellisel juhul sobib kokku pressimiseks enamasti sama tööriist. Kokkupressitavas jätkuhülsis on tavaliselt klemmimääre juba olemas. Kui juht lükatakse hülssi, tuleb seda veidi keerata, et klemmimääre kanduks ühtlaselt kogu liitekohale.

Juhtmete otsad tuleb enne ühendamist puhastada ladustamise ja vedamise ajal tekkinud mustusest ning harjata terasharjaga oksiidikiht ühenduskohast maha.



Joonis ¬254. Kokkupressitav liitekoht.



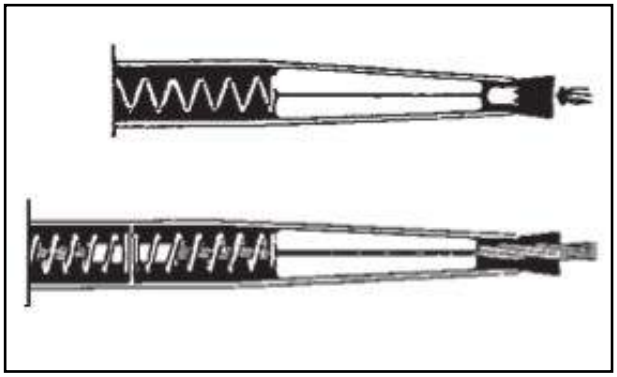
Joonis 255. Jätkuhülsi kokkupressimine .

Klemmimäärdes on aineid, mis takistavad alumiiniumi pinnale tekkinud oksiidikihi tekkimist. Tootja on märkinud hülssidele kokkupressimiskohad ja kasutatava töövahendi. Tootja juhiseid tuleb järgida väga hoolikalt, et ühenduskoht kindlalt kinni jääks. Esimese pressimise käigus tuleb olla ettevaatlik, et juhe hülsist välja ei tuleks, selle takistamiseks võib kummaski juhtmeotsas esimest korda kokku pressida teises kokkupressimiskohas hülsi keskelt lugedes. Seejärel jagatakse kokkupressimiskorrad keskkohast hülsi otste suunas. Ühenduskoha paindumise ärahoidmiseks pigistatakse kordamööda mõlemalt poolt hülssi. Kokkupressimisel tekkinud teravad väljapressitud servad eemaldatakse noa või viiliga. Vajadusel kaetakse jätkuhülsi otsad teibiga.

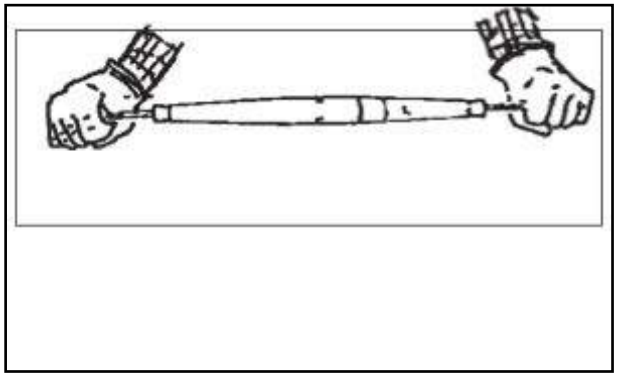
Kiiluga hülss tehakse tootja juhiseid ning eespool toodud lõike- ja puhastusjuhiseid järgides.

Kandetrossi paigaldamine kiiljätkuhülssi

Ettevalmistatud trossi ots, millele on teibiga märgitud sisseulatuv osa, lükatakse pikendushülsi suunamisdetaili kaudu ühe lükkega. Siis haakub metallist juhikudetail trossi otsa ja suunab trossi kiilude vahelt vaheseina külge kinni. Tähistusteip peab olema pikendushülsiga ühetasa.



Joonis 256. Kiilukujulise jätkuhülsiehitusjoonis.



Joonis 257. Kiiljätkuhülsi eelpinguldamine.

Kui mõlemad jätkavad trossid on jätkuhülsisees, tehakse hetkeline eelpinguldus ja liitekoht on valmis.

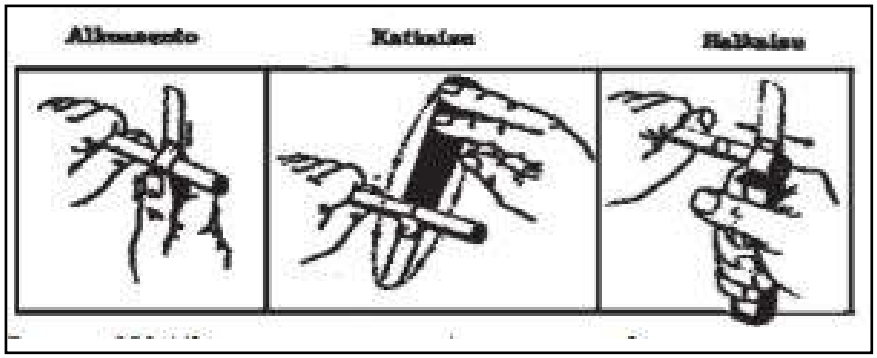
Faasijuhtide jätkamine

AMKA-kaabli faasijuhtide jätkamiseks kasutatakse:
- kokkupressitavaid isolatsiooniga jätkuhülsid
- isolatsiooniga puuteklemme (pingealusetöö klemm)

Pärast kandetrossi jätkamist lõigatakse faasijuhtmed ühendamiseks parajaks. Ühenduskohad lõigatakse astmeliselt kandetrossi pikendusosa peale. Lõikamisel peab arvestama, et faasijuhid jääksid ühenduskohas piisavalt lõdvalt, faasijuhtides ei tohi tekkida tõmmet. Rusikareegel on, et lõikekoha mõõtmisel peab peopesa laius sama faasi juhtide vahele mahtuma. Mingit üleliigset aasa ei tohi ühenduskohta tekkida.

Juhtmete lõikamiseks peab kasutama selliseid lõiketange, millega lõikamisel juhtme kuju ei deformeeru.

Enne juhtmete läbilõikamist kontrollitakse juhtmete harjatähistusi, et faasijärjestus oleks õige. Juhtmed peavad säilitama ühenduskohas sama keermesuuna, mis juhtmes on. Juhtmete ristumine ühenduskohas võib põhjustada hiljem ühenduskoha lagunemise.

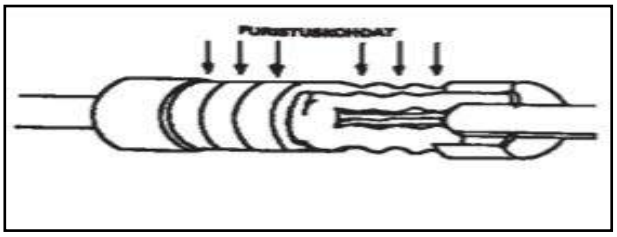


Joonis 258. Faasijuhi isolatsiooni koorimine.

Juhid kooritakse klemmi küljele märgitud koorimispikkuse võrra. Koorimiseks kasutatakse koormisseadet või nuga. Enne klemmi paigaldamist eemaldatakse juhtme pinnalt oksiidikiht.

Klemmiks valitakse ristlõike pinna jaoks valmistatud klemm. Liiga suure klemmi kasutamine põhjustab hiljem rikkeid ühenduskohas. Juhtme otsast tuleks eemaldada lõikamisest tekitatud ebaühtlased servad nt noaga, siis liigub juhe kergesti klemmi sisse. Juhet ei tohi vormida näiteks tangidega keerates, sest sellisel juhul valgub juhe laiali ning sobib klemmi veelgi halvemini. Kui juhe lükatakse kelmi, peab piisavalt klemmimääret klemmi sisse jääma, siis on kontakt tagatud.

Hülss pressitakse kokku kasutades sobivaid pressimistange ja nende klemmipakendil märgitud pressimislõugu. Tangide piisavat pressimisjõudu kontrollitakse enne pressimist tangide kontrollmärgiste järgi.



Joonis 259. Isoleeritud jätkuhülsi ehitus ja kokkupressimiskohad.

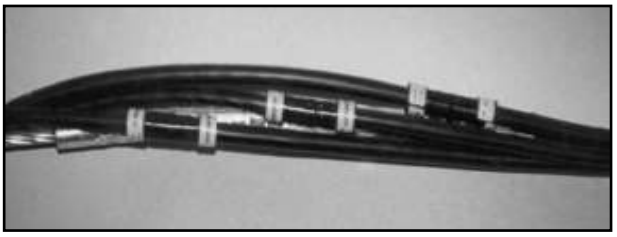
Joonis 260. Pressimistangide (MD6) pressimisjõu reguleerimine.

Ühenduskoht pressitakse kinni klemmile märgitud kohtadest, alustades mõlema juhtme poolt keskmisest pressimiskohast. Seejärel pressitakse muud pressimiskohad keskkohast järjestikku otste poole.

Jätkukohtade teibiga kokkusidumist tuleb vältida, sest teibikihid takistavad juhtmete loomulikku paigutumist õigesse pingsusastmesse ja ühenduskoha ühtlustumist. Üleliigse jätkamissilmuse tegemine pikendushülsside kohale muudab pikenduskoha hästi nähtavaks ja inetuks. Jätkamisaas raskendab hiljem juhtme vahetamist, sest aas ei mahu läbiveorullikute.

19.11. AMKA-liini ühendamine ja hargnemine

19.11.1. Üldist

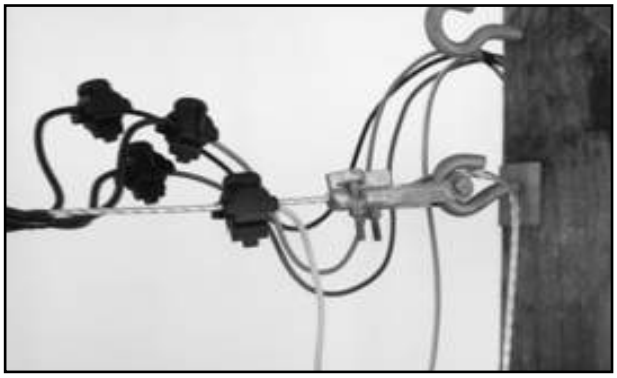


Joonis 261. Valmis AMKA-juhtme jätkamiskoht

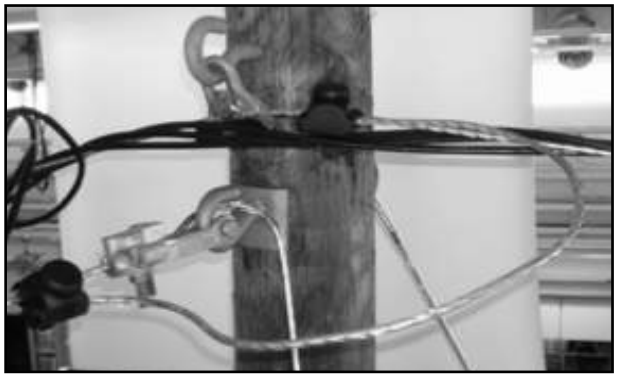
AMKA-liini kandetross on PEN-juht. PEN-juhi katkemine põhjustab vooluahelas nulljuhi katkemise olukorra, mis võib tekitada faaside ja maandusjuhi vahel ohtlikult suuri pingeid.

Enamasti katkeb kandetross, kui näiteks puu AMKA-liinile kukub, ankruklambri juurest. Seni, kui ühenduskaabli PEN-juht on ühendatud kandetrossiga ankruklambri järel oleva „sabaga“, on PEN-juhi ühendus katkenud.
Kui ühenduskaabli PEN-juht ühendatakse AMKA-kaabli kandetrossiga, ankrulkambrist eespool ja ühenduskaabli PEN-juht on pikem kui faasijuhid, on PEN-juhil suurem võimalus terveks jääda ka siis, kui kandetross katkeb ankruklambri juurest.

AMKA-liini hargnemisel tuleb magistraaliga ühendatava AMKA-liini PEN-juhi ühendamine teha eraldi faasijuhtmetest pikema ühendusjuhtmega, mis ühe otsaga ühendatakse klemmiga hargnemise ankruklambrist eespool ja teise otsaga magistraalliini kandetrossikülge klemmi abil, mis paigutatakse täpselt kandeklambri kõrvale.



Joonis 262. Näidis PEN-juhi ühendamisest ühenduskaabli külge.

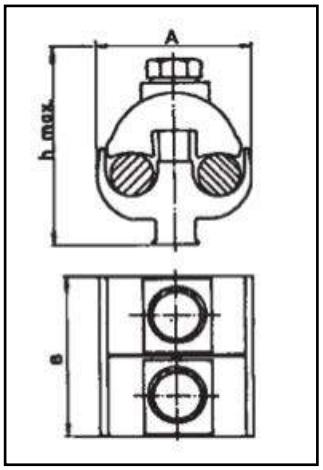


Joonis 263. Näidis PEN-juhi ühendamisest AMKA-liini hargnemisel.

19.11.2. Ühendamistehnika

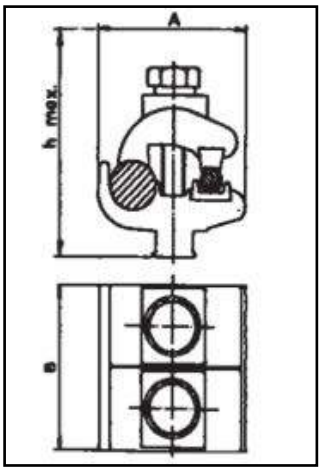
AMKA-liini hargnemiskohtade ühendus oleneb sellest, kui hästi klemmid on paigaldatud.

AMKA-kaabli klemmide paigaldamisel tuleb tähelepanu pöörata alumiiniumi omadustele. Alumiinium ise on suurepärane elektrijuht, kuid hapniku mõjul tekib alumiiniumi pinnale alumiiniumoksiid, mis on hea isolatsioonimaterjal ning tuleb seetõttu alati enne ühenduskoha tegemist eemaldada. Kahjulikud tegurid on ka alumiiniumi külmvoolavus ja tugev termiline paisumine. Neid negatiivseid omadusi on püütud juba ühenduskohtade projekteerimisel kõrvaldada.



Joonis 264. Hargnemisklemmi ehitus: korpus alumiiniumisulamist ja poldid kuumtsingitud terasest.

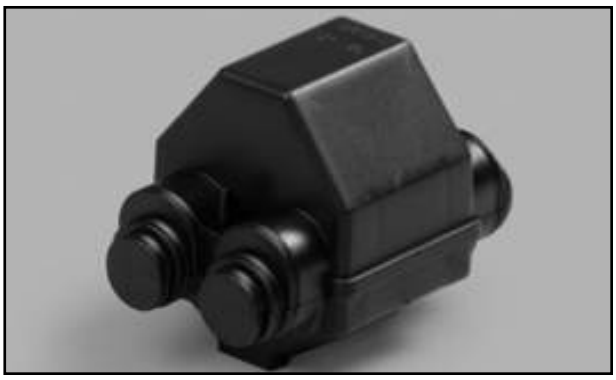
Hargnemis- ja üleminekuklemmid on puhtalt elektrilised, seega ei tohi ühenduskohtadele mingit tõmbekoormust tekkida.



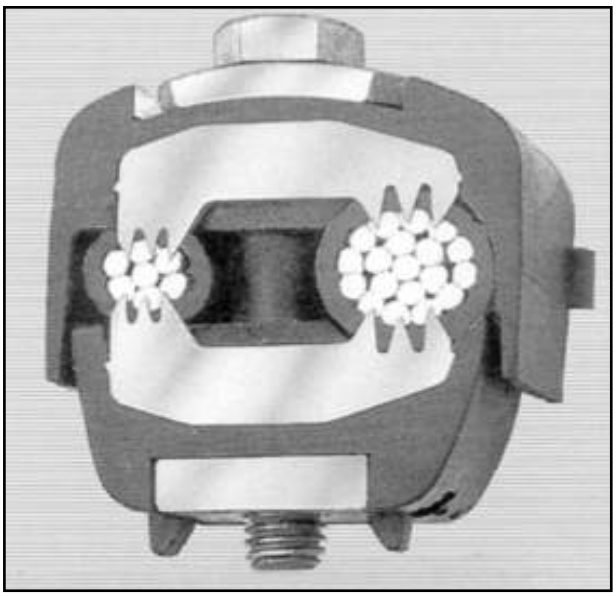
Joonis 265. Üleminekuklemmide konstruktsioon: korpus alumiiniumisulamist ja poldid kuumtsingitud terasest, lisaks on Al-Cu kokkupuutepinnad kaetud epoksüüdvärviga.

Faasijuhte jätkatakse ja tehakse hargnemisi puuteklemmidega, mida kasutatakse samast materjalist juhtmete ühendamiseks.

AMKA-liinidel kasutatavad puuteklemmid jagunevad järgmistesse gruppidesse:
- kokkupressitavad isoleeritud puuteklemmid
- poltklemmid
- isolatsiooni läbistavad poltklemmid
- püsiva isolatsiooniga varustatud isolatsiooni läbistavad puute- ja ülemineklemmid.



Joonis 266. Kaitsekate polüeteenplastist, must.



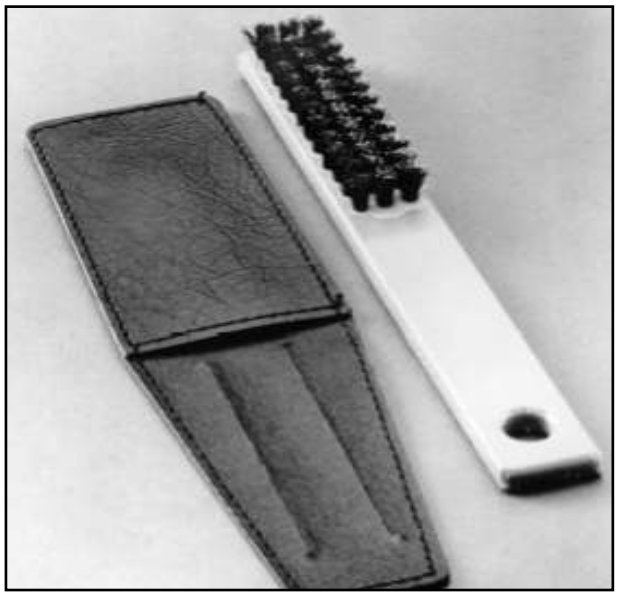
Joonis 267. Isolatsiooni läbistav puuteklemm, plastkorpuses kontaktnõelad. Korpuses isoleeritud avad pingutuspoltidele.

Esimesse gruppi kuuluvates klemmides on puutekaitseks metallhülsi peal isolatsioonikiht ning kokkupressimine toimub selle isolatsioonikihi pealt. Puuteklemmi ja isolatsiooni läbistava klemmi puhul on vaja spetsiaalset puutekaitset, millena kasutatakse kaitsekorpust. Isolatsioonikihti läbistavate poltklemmidega saab ühenduskoha teha magistraalkaabli isolatsioonikihti eemaldamata ning mõne mudeli puhul ei pea isegi hargnevat juhet koorima. Viimati nimetatud klemmid sobivad kasutamiseks ka AMKA-liinil pingealuste tööde tegemisel.

Üleminekuklemme kasutatakse kahest erinevast metallist juhtmete kokku liitmisel. AMKA-liinide puhul on neid vaja siis, kui jätkuv kaabel on teisest materjalist, näiteks vasest õhuliin või kaabel ühendatakse vasest maandusjuhiga, maakaabliga või plastkestas juhtmega. Üleminekuklemmidena kasutatakse enamasti kokkupressitavaid isolatsiooniga üleminekuklemme või poltklemme.

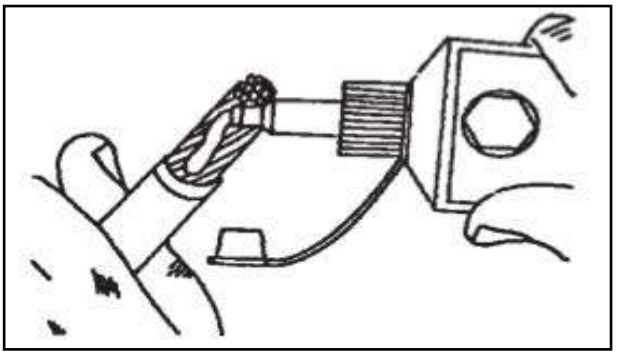
Kui toimub üleminek alumiiniumjuhtmelt vaskjuhtmetele, tuleb klemm paigaldada selliselt, et alumiiniumjuhe jääb ühenduskohas vaskjuhtmest kõrgemale, et vasest põhjustatud korrosioon jääks alumiiniumis väiksemaks. Kokkupressitud ühenduskoht tehakse selliselt nagu eespool AMKA-juhtmete jätkamisel on kirjeldatud.

Poltühenduse kasutamisel tuleb veenduda, et klemm sobib vastavale kaabli ristlõikele. Kui juhtmesooni ei ole kaitsemäärdega kaitstud, tuleb klemm esmalt avada, et sooned saaks alumiiniumoksiidi eemaldamiseks puhtaks harjata.



Joonis 268. Alumiiniumoksiidi eemaldamiseks mõeldud puhastushari.

Enne klemmi tegemist tuleb juhtmetelt eemaldada isolatsioonikiht. Faasijuhid kooritakse ja juhtme pinnalt eemaldatakse oksiidikiht selleks ettenähtud harjaga. Isolatsiooni eemaldamiseks kasutatakse nuga või spetsiaalset tööriista. Ka PEN-juhi pind harjatakse. Vahetult pärast harjamist kaetakse juhtmete ühenduspinnad uuesti kaitsemäärdega, et vältida oksüdeerumist. Määrida ei ole vaja, kui juhtme ots lükatakse klemmi, milles juba on kaitsemääre sees.

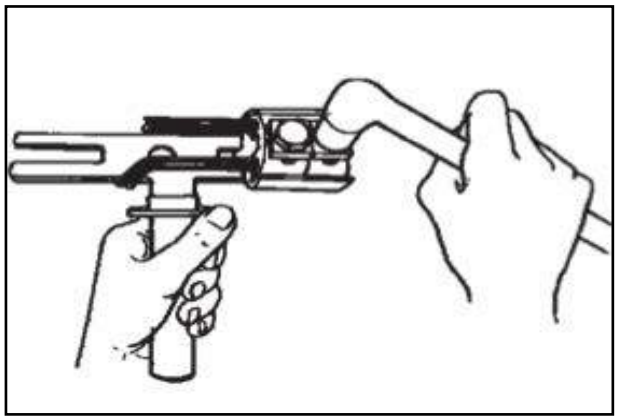


Joonis 269. Alumiiniumühendustes kasutatakse kaitsemääret.

Seejärel paigutatakse juhtmed soontesse või aukudesse ja klemmide poldid pingutatakse kinni. Iga klemmi pakendil peab olema tähistus vajaliku pingutusmomendi kohta. Ainult antud juhiseid järgides võib olla kindel, et ühenduskoht püsib korras ka pärast aastatepikkust kasutust.

Poltklemmide pingutamiseks õige pingutusmomendini võib kasutada ka dünamomeetrilist võtit. Tegelikkuses tehakse see töö ära lehtvõtme või analoogse tööriistaga ja siis tuleb õiget pinguldusmomenti ise tunnetada.

Õige pingutusmomendi saavutamist tuleb harjutada aeg-ajalt dünamomeetrilise võtme abil. Eelkõige on oluline, et nii katsetatakse iga uut klemmitüüpi erinevate kaabliristlõigete puhul.
Kaasajal on klemmide õige pingutusmoment tagatud topelt poldipeadega kruvidega, mis purunevad, kui klemm on õige pingutusmomendini pingutatud.



Joonis 270. Poltühenduse pingutamine.

Kokkupressitud ühenduse kasutamisel on veelgi olulisem veenduda selles, et klemm on mõeldud just sellele ristlõikele. Erinevatele ristlõigetele mõeldud klemme saab tavaliselt eristada üksteisest värvikoodide alusel.

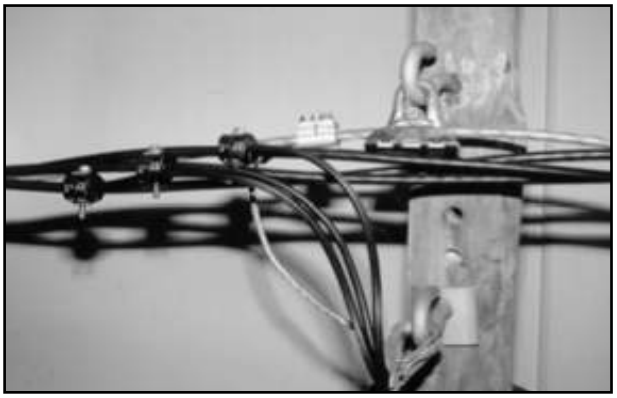
Kui on vähegi kahtlust, tuleb valitud detailide sobivus veel kord üle kontrollida, sest liiga suure hülsiga tehtud ühenduskoht võib hiljem rikkeid ja võrguhäireid põhjustama hakata.

19.11.3. Ühendamise näiteid

AMKA-juhtme ühendamine vasest ühenduskaabliga:

Klemmidena kasutatakse poltidega pingutatavaid isoleeritud isolatsioonikihti läbistavaid klemme. Ühendatavate kaablite juhtmeisolatsiooni ei tohi eemaldada. PEN-juhi ühendusjuhe tehakse üleminekuklemmiga ankurklambri ette. Üleminekuklemmi peale pannakse plastist kaitsekate, mis aitab vältida faasijuhtide isolatsioonikihi vigastusi. Faasijuhtide ühenduskohad paigutatakse järjestikku selliselt, et alumiinium jääks kõikides liitekohtades vasest kõrgemale. Valmis paigaldises klemmide korpusi kokku ei ühendata, vaid nende vahele jäetakse õhuvahe. Õhuvahe hoiab ära faaside vahelise võimaliku lühise, kui klemmide isolatsioon mingil põhjusel järele annab.

Joonis 271. AMKA-juhtme ühendamine ühenduskaabliga poltklemmide abil.

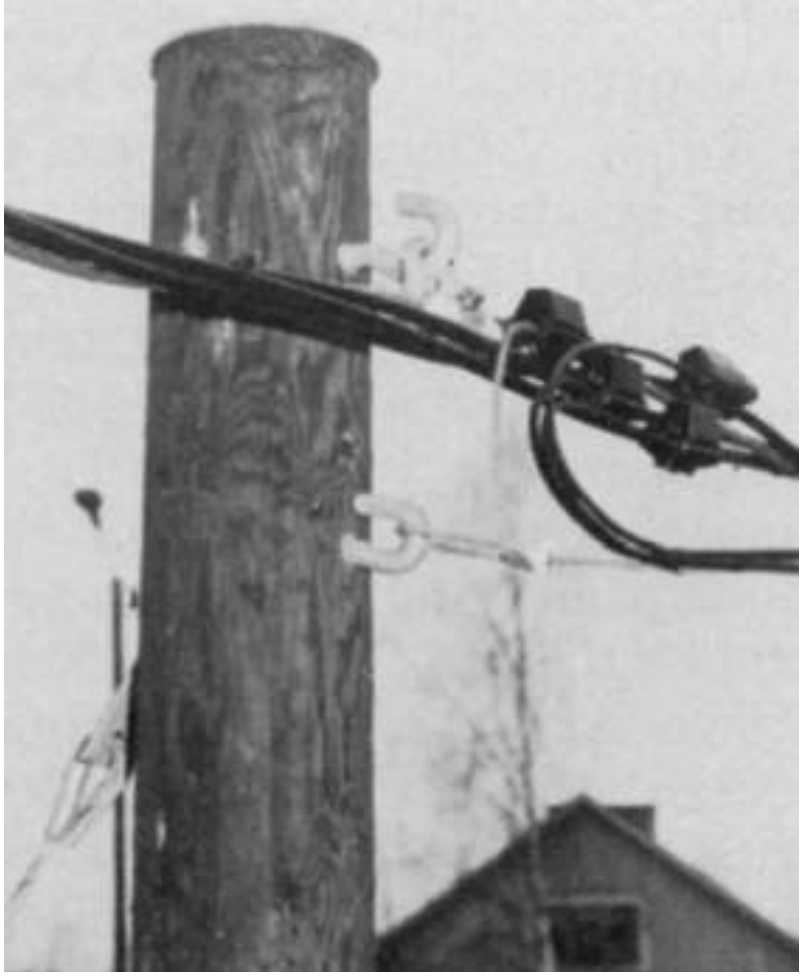


Joonis 273. Klemmide paigutamine hargnemiskohas, kui kasutatakse isoleeritud isolatsioonikihti läbistavaid puuteklemme.

Hargnemist hõlbustab paigalduskiilude kasutamine faasijuhtide üksteisest eraldamisel. Haruliini juhid ei tohi tekkiva tõmbega kontakti koormata. Teisalt nõuab paigalduse välisilme, et juhtmed ei tohi ka lõdvalt rippuma jääda.

Ühenduskoha juhtmed ei tohi olla liiga pikad ja juhtmed tuleb viimistleda, et tagada ühenduskoha esteetiline välisilme.

AMKA-haruliini ühendamine AMKA-magistraalliiniga



Joonis 272. AMKA-haruliini ühendamine AMKA-magistraalliiniga.

Haruliini PEN-juht tuleb ühendada magistraalliini PEN-juhiga spetsiaalse ühendusjuhtme abil. Ühendusjuhe ühendatakse haruliini ankruklambri ette poltlemmiga ning klemmi peale paigaldatakse plastist kaitsekate, mis aitab vältida faasijuhtide isolatsioonikihi vigastusi. Ühendusjuhtme teine ots ühendatakse magistraalliini kandetrossiga poltklemmiga ja kandeklambri lähedale selliselt, et läbi klemmi suunatud üleliigne juhtmeots jääb kandekonksu poolele. Siis ei hõõru liiga pikaks jäänud PEN-juhi ots faasijuhi isolatsioonikihti. PEN-juht ühendatakse alati alumiiniumist puuteklemmiga.

Kui hargnemises kasutatakse faasijuhtide ühendamiseks isoleeritud isolatsioonikihti läbistavaid puuteklemme, milles on läbi klemmi ulatuvad pingutuspoldid, tuleb klemmid paigutada hargnemiskohas selliselt, et poldi pead ei kahjustaks faasijuhtide isolatsiooni. Klemmid tuleb paigaldada üksteise järgi ja kaugemale üksteisest kui varem ning teataval määral sõltuvalt magistraalliini faasijuhtidest.

Hargnemiskohal tuleb väga hoolikalt jälgida, et AMKA-liini faaside järjestus püsib õige. Õige faaside järjestus tagatakse sama tähistusega juhtmete kokku ühendamisega. Alumiiniumühenduskohtades kasutatakse kaitsemääret. Kaitsemääre on hästi elektrit juhtiv aine. Hargnemise puhul tuleb jälgida, et kaitsemääret ei kanduks ühenduskohast väljapoole ning määre ei põhjustaks juhtmete vahele lühist.

Hargnemistööd tehakse alati üleval masti otsas, siis on vaja tagada, et õiged klemmid ja tööriistad masti ronides kaasas oleks ning töö nõuab seetõttu hoolikat planeerimist.

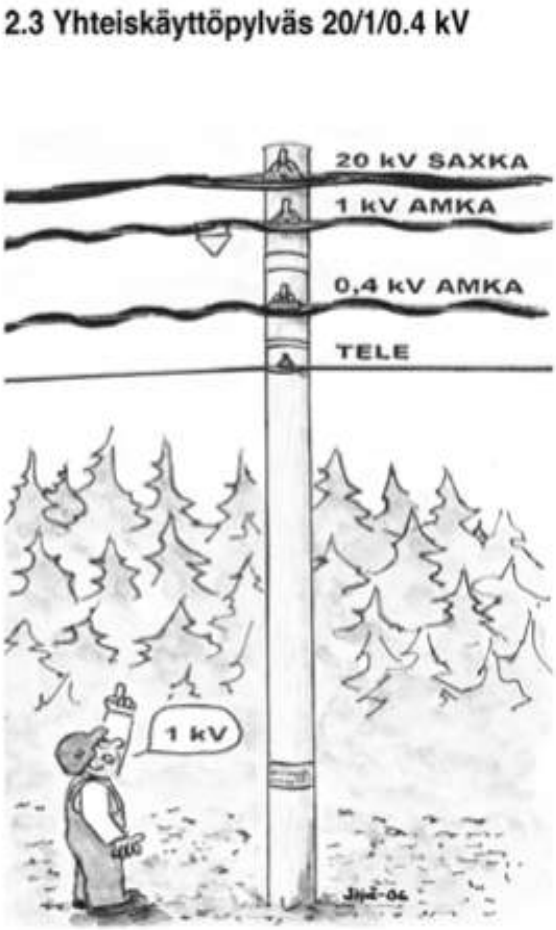
19.12. AMKA-liini tähistamine

19.12.1. Üldist

Soomes on ka AMKA-võrgus võetud kasutusse 1 kV pingeaste. Seetõttu on oluline, et väliselt sarnaseid, aga erinevad pingega AMKA-liine saaks üksteisest eristada.

19.12.2. 1 kV AMKA-liini tähistused

Iga 1 kV masti vahetus läheduses tähistatakse 1 kV AMKA-liini juhtme külge kinnitatava joonisel 274 kujutatud kolmnurgakujulise kollase sildiga, millele on mustaga märgitud tunnus 1 kV. Tähiste tekst peab olema vähemalt 40 mm kõrge. Hoiatussildi kolmnurkne kuju säilib ka siis, kui tekst ei ole eristuv ning näitab, millise objektiga on tegemist. Hoiatuskolmnurga mõõtmed on: alus 210 mm ja küljepikkus 150 mm.



Joonis 274. 1 kV AMKA-liini hoiatussilt (YJ/:06 joonis 2.).

Ühiskasutuses 1 kV ja 0,4 kV AMKA-liinide vahele masti otsa paigaldatakse 100 mm laiune hoiatuslint.

Joonis 275. Hoiatuslint 1 kV AMKA-liini masti otsas (YJ7:06 joonis 1.).

Muud ühiskasutuses olevate mastide tähistusi on käsitletud lõigus 26. Ühiskasutuse olevate mastide konstruktsioonid.

19.12.3. 0,4 kV AMKA-liini tähistused

AMKA-liini hargnemine ja jaotuspiirid

AMKA-magistraalliini hargnemisel kaheks või enamaks vahekaitsmetega kaitstud magistraalliiniks on soovitatav juhtmed tähistada . Näiteks, kui trafoalajaamast tulev fiider 2 (200 A), jaguneb kaheks lõppvooluahelaks 2.1 (160 A) ja 2.2 (125 A):

- masti sulavkaitsme alusele märgitakse väljuva fiidri number ja kaitsme suurus
- masti sulavkaitsmest lähtuv võõrliin on soovitatav tähistada võõrliini tunnusega
- kui masti kaitselüliti toimib jaotuspiiri lülitina, võib selle tähistada sildiga ”Jaotuspiir”.

Joonis 276. Magistraalliinist hargnevad kaitsmega kaitstud võõrliini tähistus (YJ 8:09 joonis 6.).

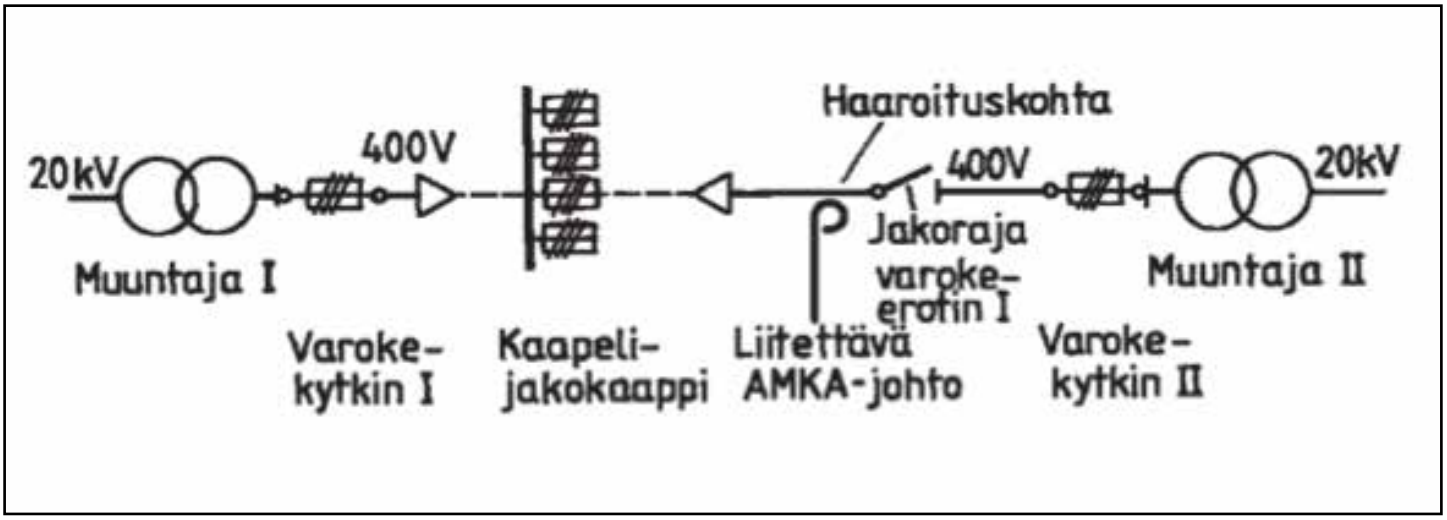
Kui üks liitumisjuhe on kaitstud kaitsmega, võõrliinide numbreid ei kasutata. Tähistuseks tuleb ainult kaitsme suurust märkiv silt masti kaitsme alusel.

Ühiskasutuses olevate mastide tähistusi on käsitletud lõigus 26. Ühiskasutuses olevate mastide konstruktsioonid.

19.13. AMKA-liini ühendamine kasutusel oleva võrguga

19.13.1. Uue AMKA-haruliini ühendamine AMKA-magistraalliiniga ringtoitega võrgus.

AMKA-haruliini ühendamine AMKA-magistraalliiniga peab toimuma enamasti pingestamata töö käigus. Alljärgnevas näites käsitleme ühendamisele eelnevaid toiminguid.



Joonis 277. Võrguskeem haruliini ühendamiseks magistraalliiniga.

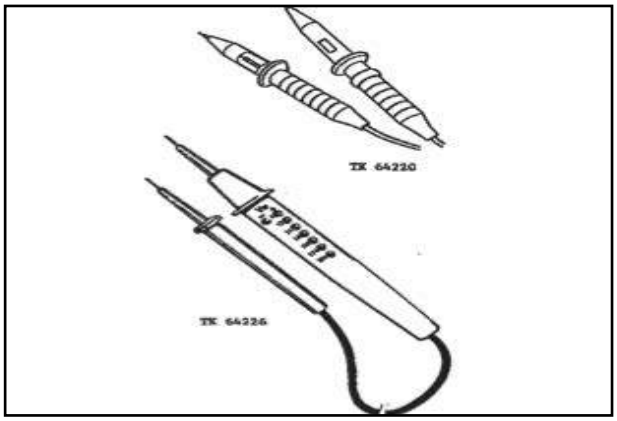
Ülesandeks on ühendada haruliin AMKAga, mis võib saada toidet kahelt pooltt (ringtoitevõimalus). Trafo I annab toite hargnemiskohta kaablijaotuskilbi kaudu. Olemasolevate trafopiirkondade vaheline jaotuspiir on sulavkaitsmega lahklülitis I.

Töö algab tööplaani koostamisega, millesse kuuluvad (vajadusel kirjaliku) tööprogrammi koostamine ja kasutatava töömeetodi määratlemine. Välja lülitamisel peab töödejuhataja selgitama käidujuhiga töökoha välja lülitamised ja vajalikud turvameetmed ning leppima kokku nende tööde tegemises.

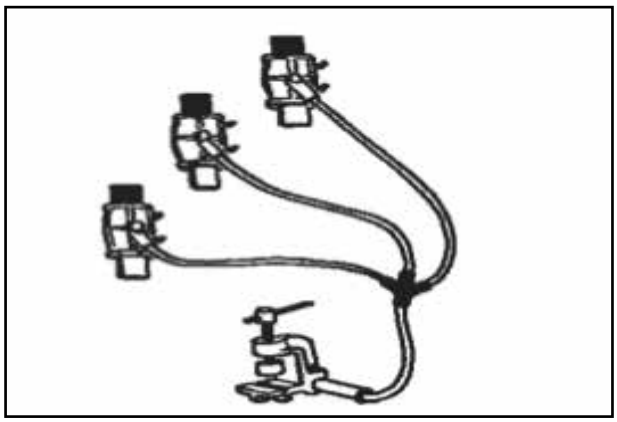
Kui töödejuhataja ise töökohal tööd ei juhi, peab ta nimetama objektile piisava kvalifikatsiooniga elektriku, kes jälgib elektriohutusmeetmete järgimist ning annab talle vajalikud juhised ja eeskirjad. Tavaliselt on selleks töötajaks töödejuhataja, brigadir või elektrimontöör.

Enne töö alustamist peab valmis panema piisaval arvul konkreetseks tööks vajalikke ja kasutusse lubatud töö- ja tööohutusvahendeid, mille hulka kuuluvad:
- hoiatussildid (keelu- ja hoiatustahvlid ning juhised)
- kaitsevahendid tööks
- pöörlemissuuna mõõtevahend
- pingeindikaatorid
- töömaandusvahendid.

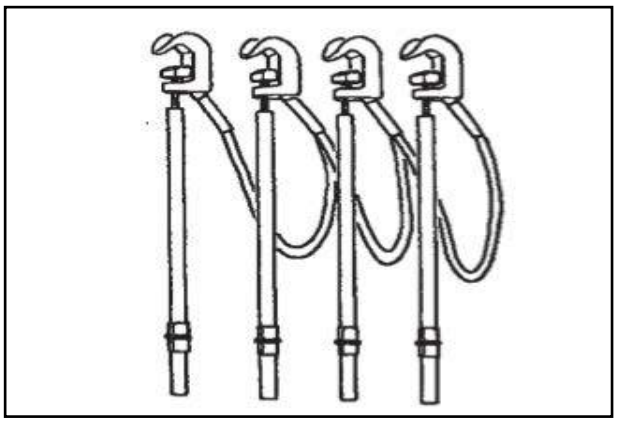
Joonis 278. 0,4 kV faasijärjestuse mõõteseade ehk pöörlemissuuna mõõdik



Joonis 279. Kahe poolusega 0,4 kV pingeindikaator



Joonis 280. Kantav maanduskaablijaotuskappi.

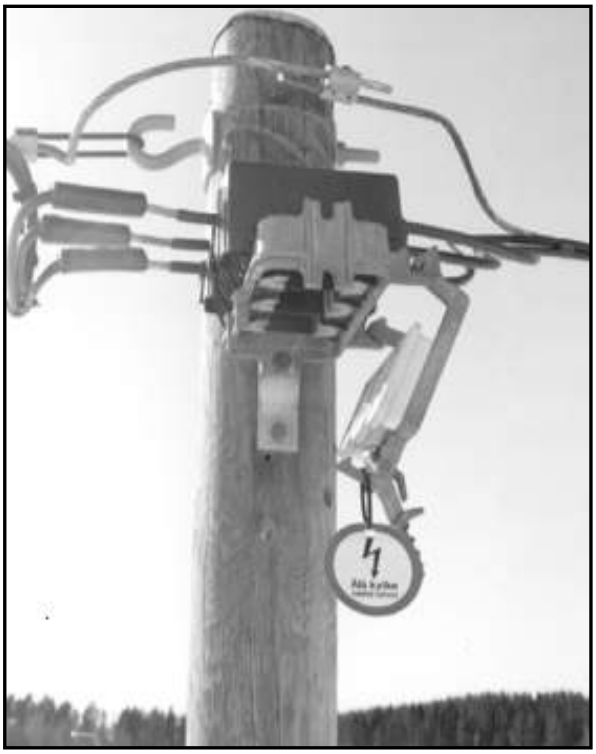


Joonis 281. AMKA töömaandusvahend.

Ühenduskohast kontrollitakse AMKA-magistraalliini faasijärjestust (pöörlemissuunda) isolatsiooniga kaetud faasijuhtide pealt mõõtva pöörlemissuuna mõõtmisvahendiga. Seda toimingut tuleb teha alati, kui juhtmeid jaotusvõrgus lahti või kokku ühendatakse.

Töökoht tuleb käidupingest igast suunast ja iga klemmi alt lahti ühendada. Nähtavate lahutuskohtade kontrollimine on oluline, sest teatud lülitusseadmetes on täheldatud defektseid toiminguid. Nt. lahutuskontaktidega varustatud kõrgepingelahklülitites on ühe faasi lahutuskontakt kinni jäänud.
Kui nähtavat lahutuskohta ei saa visuaalselt vaadelda, peab väljalülitusseadmes olema usaldusväärselt toimiv asendi näitur, mis on mehhaaniliselt ühendatud lülitusseadme kontaktiga.

Joonis 282. Pinge väljalülitamine kaablijaotuskapis toimub vastava fiidri kaitsmete eemaldamisega.



Joonis 283. Kaitselahutamine jaotuspiiril toimub antud juhul kaitselüliti avamisega (kui kaitselüliti tavaliselt on avatud, kontrollitakse tegelik olukord kohapeal üle).

Joonis 284. Eemaldatud kaitsmete asemele kinnitatakse kantav maandus , mis töömaandavad väljundfiidri.

Pinge lülitamine töökohale peab olema välistatud. Välistamiseks tuleb katkestuskoht lukustada, katkestuskohaks võib olla näiteks lahklüliti ajam või alajaama uks. Madalpinge kaitselahutus tagatakse kaitsmete eemaldamisega, mis tuleb eemaldada tervenisti ning paigutada sobivasse kohta, näiteks autosse või lukustatud ruumi. Kaitsmete lõdvemaks keeramine või lihtsalt jadavinnaku avamine ei ole piisav.
Lahutuskohad tuleb varustada kindlalt kinnitatud keelusiltidega. Sildi paigaldaja märgib sildile oma nime ja sildi paigaldamise kuupäeva, mille jaoks on sildil vastavad väljad.

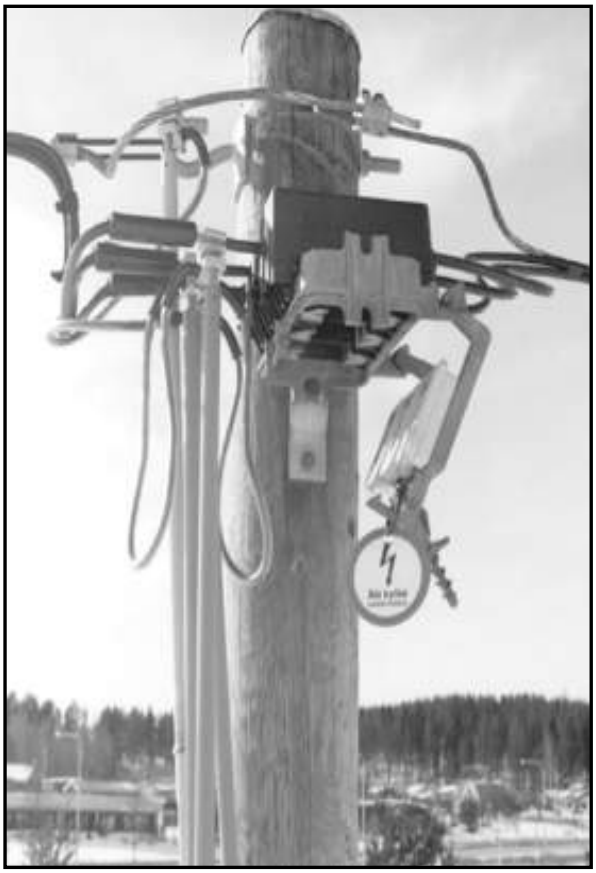
Erinevate ohutegurite kontrollimine on väga oluline turvameede, mida ei saa asendada pinge väljalülitamise kontrollimisega. Selle töö käigus kontrollitakse kõiki võimalikke ohutegureid ja fikseeritakse, et pinge on välja lülitatud õigest lõigust.

Võimalikud ohutegurid on:
- tagasitoide
- isolatsioonikahjustused
- valeühendused
- juhtimis-, mõõtmis- ja abivooluahelad
- ilmastikust tulenevad põhjused
- laenguga kaablid ja kondensaatorid
- lähedal paiknevad voolujuhtivad osad
- varugeneraatorid.

Ühes töös enamasti kõiki eespool loetletud ohutegureid korraga ei esine, kuid sageli ilmneb oht üllatuslikult. Kui kõik võimalikud ohutegurid üle kontrollida, on võimalik ohutust oluliselt suurendada.

Töökoha pinge välja lülitamise tuvastamine toimub kasutusjuhise alusel pingendikaatoriga, mis peab olema mõeldud kasutamiseks vastava pinge ja konstruktsiooni puhul. Mõned pingeindikaatorid reageerivad pingele mis on teiste kaablite põhjustatud või staatiliste pinge tõttu. Reageerimise põhjused tuleb põhjalikult välja

Joonis 285. Keelusilt ja töömaandus on paigaldatud kaablijaotuskappi.



Joonis 286. Keelusilt on paigaldatud kaitselüliti külge.

selgitada veendumaks, et t

Staatilised pinged maandatakse maandatud töömaandusvahendiga puudutades ning teiste kaablite põhjustatud pinged maandatakse töömaanduse abil. Mõned pingeindikaatorid reageerivad ainult tööpingele, seega võib väidetavalt välja lülitatud pingega kaablis esineda enne töömaandust ka päris ohtlikke pingeid.

Elektrivälja tugevusel põhinevate pingeindikaatorite tundlikkus võib vihmase ilmaga pingindikaatori pinnale tekkiva veekihi tõttu nõrgeneda. Kindlasti tuleb tutvuda kasutusjuhisega ja selles toodud nõudeid hoolikalt järgida.

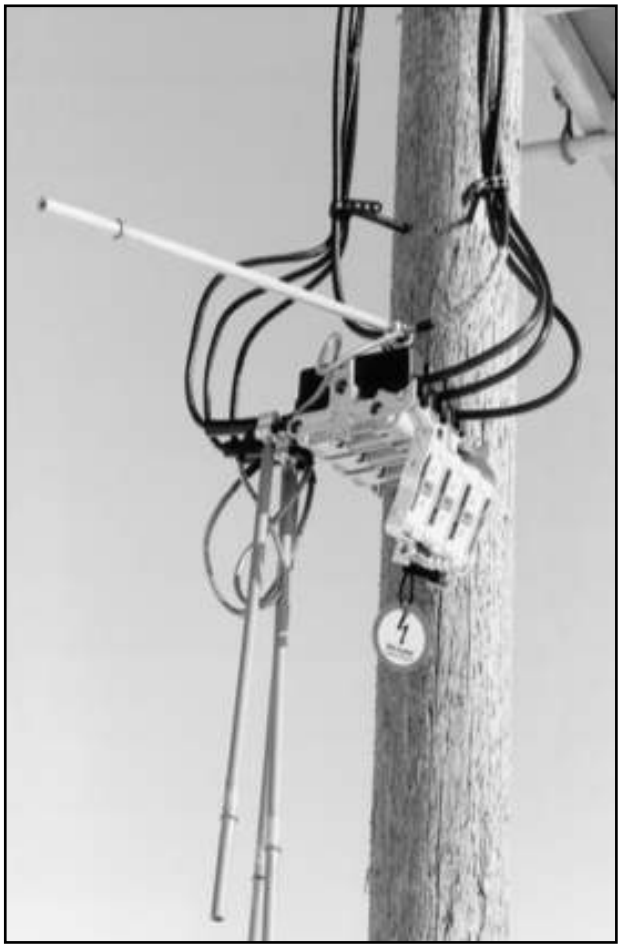
Enne töömaanduse asetamist kontrollitakse paljastatud kohtadest pinge puudumist . Kõige usaldusväärsemalt saab seda teha 2-kahepooluselise pingeindikaatoriga, millega kontrollitakse igast faasist pinge väljalülitamist PEN-juhi suhtes. Pingeindikaatori seisukorda tuleb enne kasutamist kontrollida. Näiteks toodud juhtumi korral on kontrolli teostatud masti kaitselüliti trafopoolses ühenduskohas, milles on pinge.
egu ei ole tööpingega.

Joonis 287. Pingetust kontrollitakse 2 pooluselise pingeindikaatoriga.

Töömaandus tuleb kindlasti asetada õiges järjekorras isoleerkepi hoova või abivahendi abil. Maandusklemm kinnitatakse esmalt maanduskontuuri külge tavaliselt käsitsi ja seejärel järjekorras faasijuhtmed isoleerkepi abil. Kui töömaandus tehakse vales järjekorras, võib töömaandust teostav montöör ise vooluringi sattuda. Töömaandust tuleb teha töökoha ja iga kaitselahutus koha vahel.

Kui tegemist on ringtoitevõimalusega varustatud AMKA-liiniga, tuleb see töö ajaks maandada (vt SFS 6002, 6.2.4.2. , mis soovitab sellisel juhul töömaandust). Pärast pingetuse kontrolli ühendatakse AMKA-töömaandusvahendi maandusklemm PEN-juhiga. Seejärel maandatakseükshaaval kõik faasijuhid.

Sellistel juhtudel, kus AMKA-liinil on ringtoitevõimalus, tuleb töömaanduse kohtas eemaldada isolatsioon juba liini ehitamisel või kaitselüliti paigaldamise käigus. Paljas koht tuleb katta isolatsioonimaterjalist kaitsekattega.

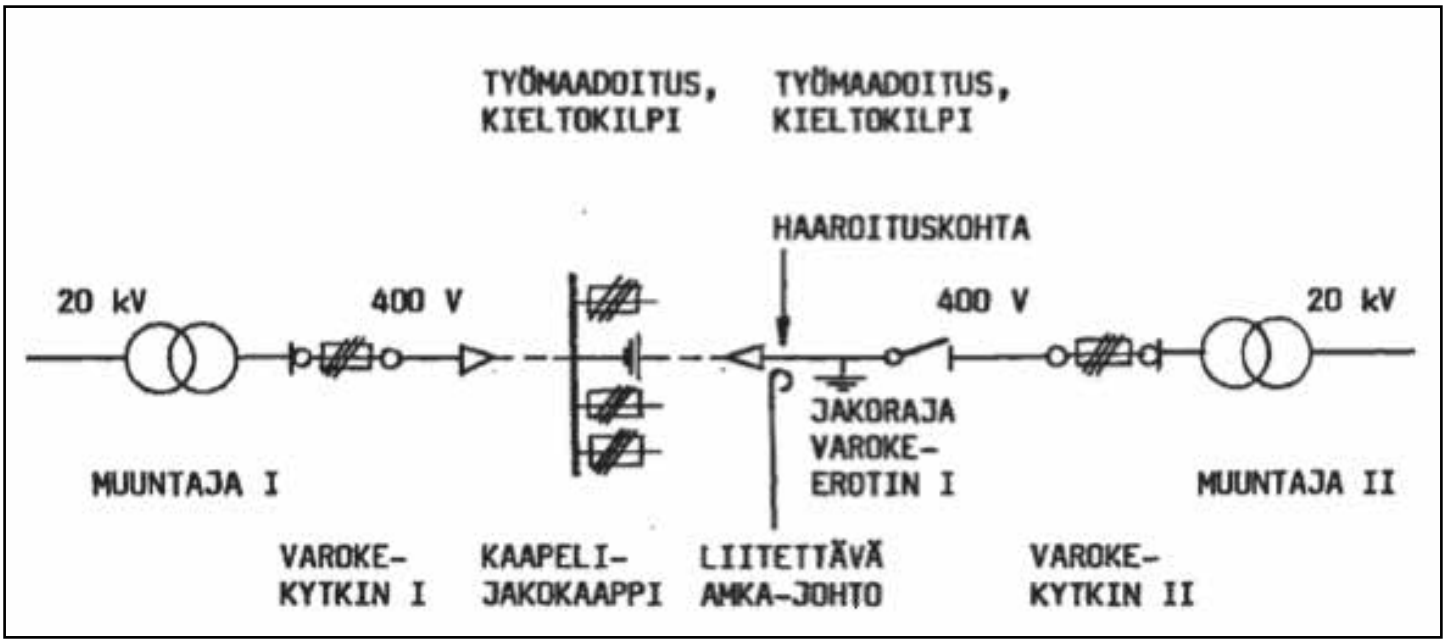


Joonis 288. AMKA töömaandus mastalajaamas.

Kaablijaotuskapis asetataksetöömaandus asendades jadavinnaku sulavkaitsmed kantava maanduse kaitsmekujuliste maandusklemmidega.

Joonis 289. Töömaandamine kaablijaotuskapis.

Kantava maanduse kaitsmekujuliste maandusklemmide kasutamisel tuleb olla väga hoolikas, sest nende valesti paigaldamine põhjustab lühise. Seetõttu tuleb enne maandusepaigaldamist kontrollida pingeindikaatoriga, et jadavinnaku sulavkaitsmealuse töömaandatav pool on pingetu.

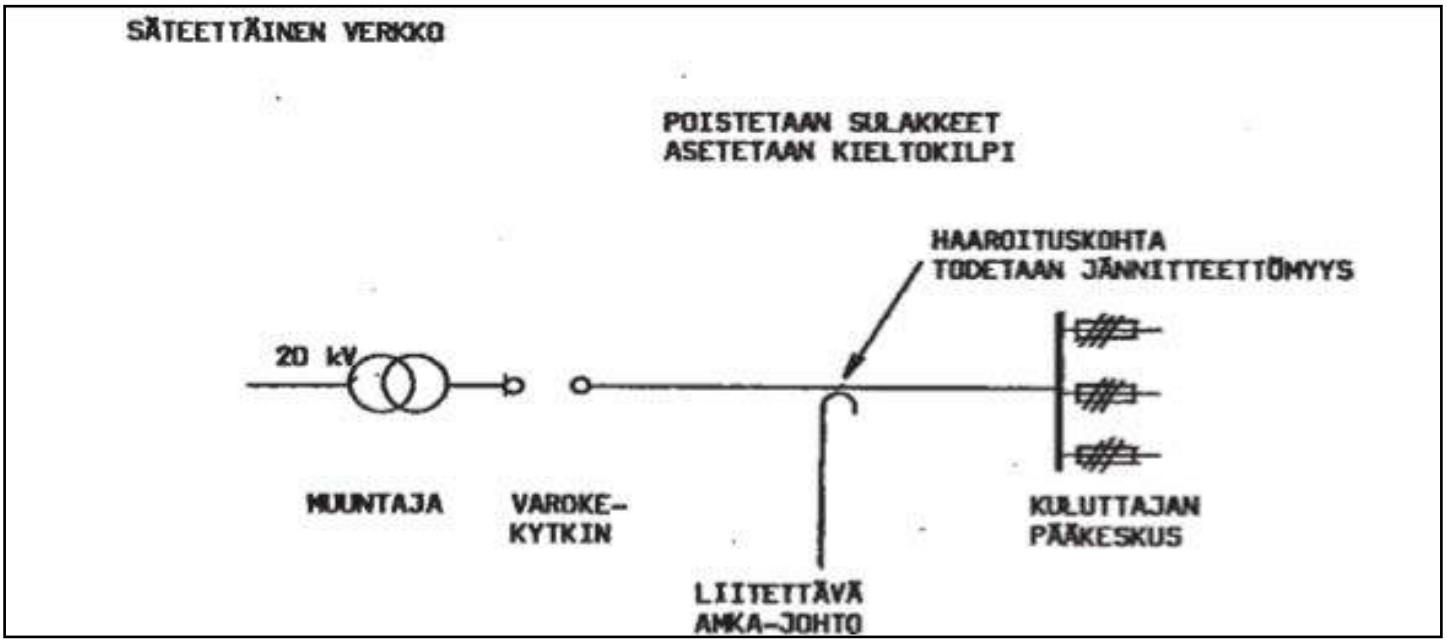


Joonis 290. Töömaandused ja tähistused AMKA-kaabli ringtoitevõrgus.

AMKA-magistraalliinil on pinge välja lülitatud ja see on töömaandatud mõlemast kohast, millest saab pinge töökohale tagasi lülitada.

Enne töö alustamist tuleb veel kontrollida töötsooni ohutust, et töötsoon ei ulatuks pingestatud osade vahetusse lähedusse. Töötsooni ohutuse suurendamiseks ja vigade vältimiseks piiratakse töötsoon sobivate kaitseseadmetega ja tähistatakse hoiatussiltidega ning vajadusel tähistatakse ka pingealla jäävad osad.Pärast ettevalmistavate ohutusmeetmete täitmist sooritatakse tegelik töö töödejuhataja antud juhiseid järgides.

19.13.2. AMKA-haruliini ühendamine radiaalse võrgu AMKA-magistraalliiniga

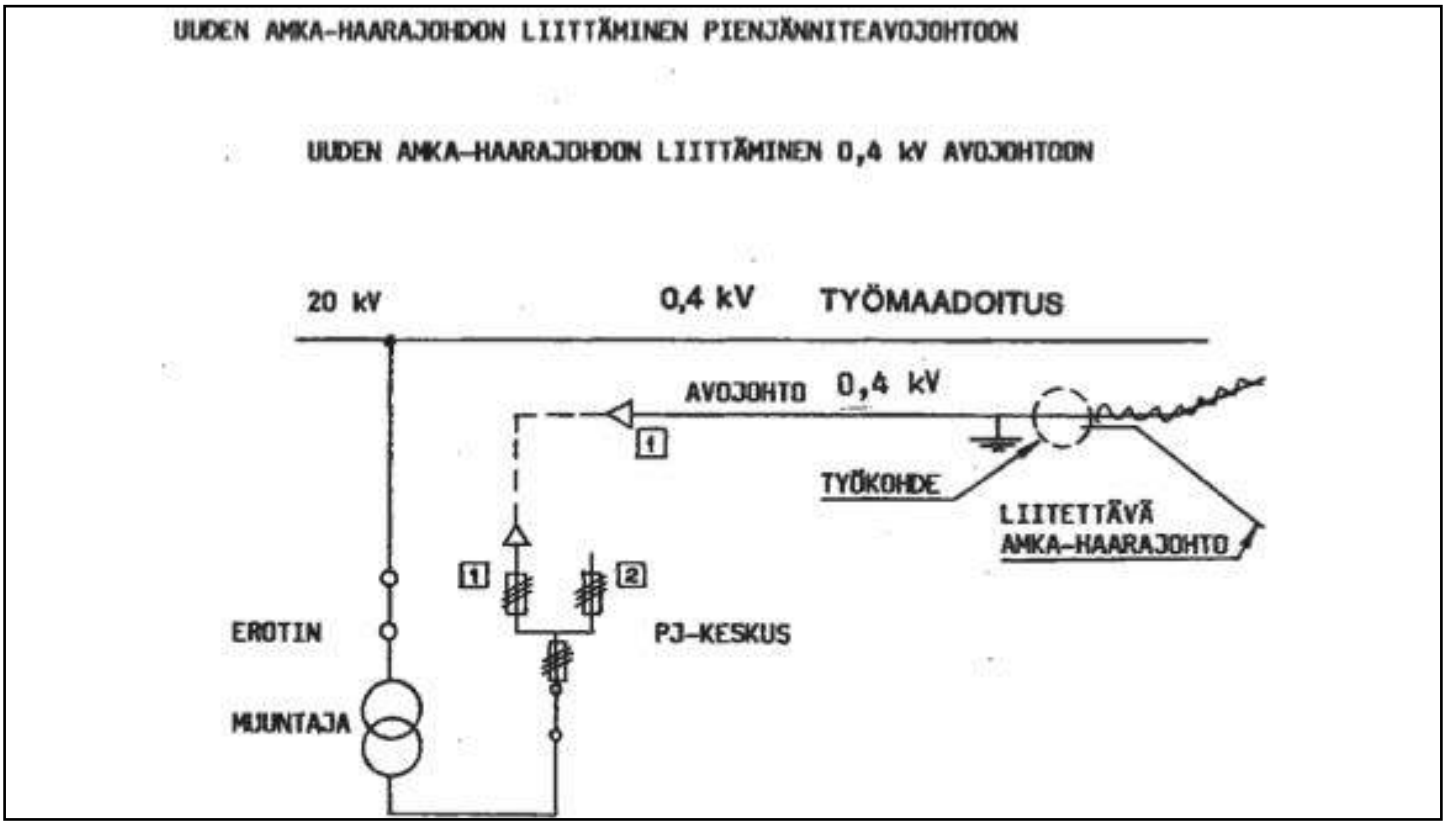


Joonis 291. Radiaalses AMKA-võrgus tööle eelnevate turvameetmete skeem.

Radiaalses AMKA-võrgus töömaandust ei nõuta. Muud tööle eelnevad ohutusmeetmed tuleb teostada nii nagu eespool ringvõrku kirjeldavas näites (vt joonis 290).

19.13.3. Uue AMKA-haruliini ühendamine paljasjuhtmetega madalpingeõhuliiniga.

Pingestamata AMKA-liin on töökohal ühiskasutuses oleva masti otsas koos 20 kV juhtmega. Kui 20 kV juhe on pingestatud ei saa AMKA-liini pingetust usaldusväärsel moel kontrollida , enne, kui juhtme isolatsioon on eemaldatud.



Joonis 292. Uue AMKA-haruliini ühendamine paljasjuhtmetega madalpingeõhuliiniga.

Enne haruliini ühendustöö alustamist tuleb ka nendel juhtudel veenduda nt juhet järgides, et töö objektiks olevad juhtmed on pingest kaitselahutatud ja töömaandatud.

Töö ajal tuleb ülalpool paiknevast 20 kV juhtmest võimalikult kaugemale hoida ning jälgida, et ühendatava AMKA-liini ühendusharud liiga üles ei kerki. Näitena toodud juhtumi puhul on kõige enamlevinud ohutegurid järgmised:

- ringtoite võimalikkus
- pingetuks on tehtud vale kaabel
- töö ühiskasutuses oleva masti otsas
- varugeneraatori kasutamine
- ilmastikust tulenevad ohutegurid.

Pärast tööd tuleb usaldusväärselt viisil veenduda, et kõik töötajad on töö lõpetanud ning töökohtadest lahkunud ning teadlikud, et liinilõik pingestatakse. Ühtlasi tuleb kontrollida, et töökohtadelt on eemaldatud kõik töövahendid ja tarvikud ning need ei tekita liinilõigu uuesti pingestamisel ohtu või häireid. Seejärel eemaldatakse töömaandused õiges järjekorras alustades maanduse eemaldamist faasijuhtmetelt ja seejärel maandurilt.
Kõige viimasena eemaldatakse töö ajaks paigaldatud hoiatussildid.

Enne pinge liiniossa tagasi lülitamist tuleb kontrollida, et ühendamine ei põhjusta ohtu näiteks teistele töötajatele või „võhikutele“, kui pooleliolev liinilõik pingestatakse või mootorid käivitatakse. Lahutusseadmed lukustatakse vastavalt käiduolukorrale ning lõpuks eemaldatakse töö ajaks paigaldatud, tagasilülitamist keelavad sildid, mis ühtlasi viitab töö lõpetamisele.
Töö lõpetamiseks puhastatakse kõik tööohutusvahendid, kontrollitakse üle, teostatakse vajalikud hooldused ja paigutatakse hoiukohta. Kui ohutusvahendites märgatakse kahjustusi, tuleb need koheselt hooldusesse viia ning soetada vajadusel asemele uued vahendid. Toimingu eesmärgiks on tagada, et järgmisel korral on kasutada kasutuskorras tööohutusvahendid.

19.14. Tööd kasutuses oleval liinil

AMKA on puutekaitstud ja seega on võimalus teha AMKA mastide otsas paigaldustöid ka nii, et kasutusel oleva AMKA-juhtme isolatsioonikihti ei eemaldata, näiteks juhtmete lisamisel, valgustite, kaablite jne paigaldamisel kui juhe on pingestatud. Töötamisel peab alati meeles pidama, et pingestatud juhtmed on lähedal.

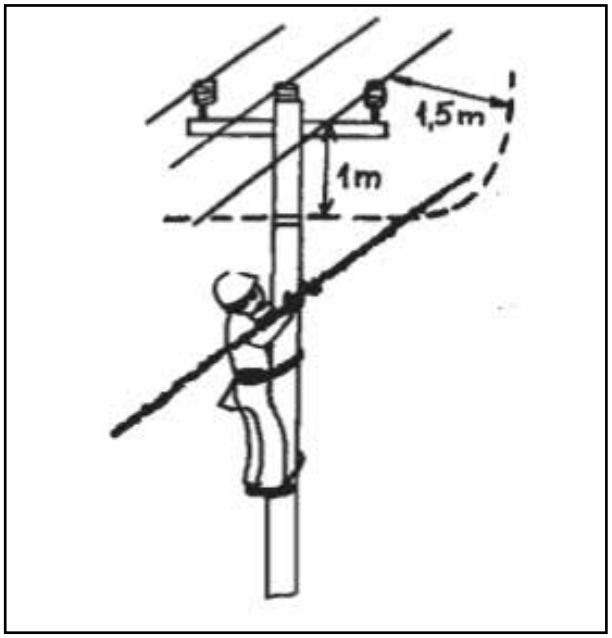
Kõik lülitustööd tuleb siiski alati teha siis, kui liin on pingestamata või lubatud pingealuse töö meetoditega. Ka võimalik pingestatud AMKA-liini käitlemine, näiteks juhtme teisaldamisel, tuleb teha lubatud pingealuse töö meetoditega.

19.15. Pingealused tööd AMKA-liinil

19.15.1. Üldist

Pingealused tööd on defineeritud Elektriohutusstandardis SFS 6002 punktis 6.3.
Elektri kvaliteedile pööratakse kaasajal varasemast rohkem tähelepanu ja katkestusi püütakse vähendada. Kui osaühendustöid tehakse pingealuse tööna, on katkestusi vähem.

Pingealuse töö all mõeldakse standardi SFS 6002 punktis 6.3 sätestatu alusel sellist elektritööd tugevvoolupaigaldites või seadmetes, mille objektiks on paljas pingestatud osa või kui töö tegemise käigus töö teostaja ise või töös vajalike seadmete, tööriistade või vahenditega ulatub või võib ulatuda pingealuse töö tsooni.



Joonis 293. Alati tuleb arvestada pingestatud juhtme lähedusega.

19.15.2. Pingealuse töö eeltingimused

Üks põhireegleid elektritöödes on, et töö objektiks olevad või selle vahetus läheduses paiknevad paljad pingestatud osad tuleb enamasti teha töö ajaks pingetuks.

Töökoht tuleb seega teha pingetuks ja teatud erandeid arvestamata ka töömaandada standardi SFS 6002 punkti 6.2.4 kohaselt. Kui paigaldise pingetuks tegemine tekitab siiski liiga suuri ebameeldivusi, võib teatud töid teha ka siis, kui paigaldis jääb pinge alla, kuid järgmistel tingimustel:

Tööd teostaval isikul on piisav kvalifikatsioon elektritööde teostamiseks ning lisaks on ta läbinud erikoolituse konkreetse pingealuse töö teostamiseks.
Töös järgitakse meetodeid, mille kohta on antud kirjalikud juhised. Juhised peavad olema elektritööde juhi poolt kinnitatud.
Töös kasutatakse töömeetoditest tulenevaid toiminguid ja töövahendeid.

19.15.3. Suur ebameeldivus

Ebameeldivus võib tähendada neid probleeme, mida elektritoite katkemine tähendab nt tavalistele elektritarbijatele või tööstusele, kuid ebameeldivateks teguriteks võib pidada ka seda, mida töötamine nädalavahetustel või ületundide tegemine paigaldus-ja käidupersonalile tähendab.
Otsuse selle kohta, millal on elektritöödest põhjustatud ebameeldivused nii märkimisväärsed, et elektritööd võib teha pingealuse tööna, tehakse igas elektriettevõttes kohapeal. Otsus selle kohta, et elektritöid võib teha pingealuse tööna, tehakse igas ettevõttes kohapeal. Otsuse teeb töö eest vastutav töötaja, elektritööde toodejuhataja.

19.15.4. Kvalifikatsioon ja koolitus

Pingealuste tööde brigaadi kuulub mõningaid erandeid arvestamata vähemalt kaks inimest, kellest ühel on piisav kvalifikatsioon iseseisvaks tööks ning tal peab olema ka praktilisi kogemus vastava valdkonna tööde teostamisel.

Koolitusaeg, mis hõlmab nii teoreetilist osa kui ka praktikat, oleneb tööülesandest. AMKA-pingealuste tööde puhul on võrgusoovituses TJ 2:95 antud koolituse minimaalne kestus, mis koos praktikaga on 6 tundi. Koolitaja peab olema vähemalt elektritööde tehniku eriala või muu vastava taseme teadmised omandanud spetsialist, kes on läbinud ka AMKApingealuse kursuse koolitaja väljaõppe.

19.15.5. Kirjalik tööjuhis

Kõikide pingealuste tööde kohta peab olema kirjalik juhis, mille alusel koolitust korraldatakse. Tööjuhistes peavad sisalduma töö ohutuks tegemiseks vajalikud andmed tööobjekti, töömeetodite, tööriistade ja varustuse, tööohutustoimingute kohta ning koolituse mahu andmed.
AMKA-pingealuste tööde põhjalikud tööjuhised on toodud võrgusoovituses TJ2:03.

19.15.6. Ohutustoimingud ja tööriistad

Ohutustoimingute eesmärgiks on kaitsta töötajat nii vahetu elektrilöögi kui ka lühise ja maalühise mõju eest. Selleks tuleb kasutada tööjuhistele vastavaid kaitsevahendeid ning ajutisi tarvikuid, näiteks ajutist ja usaldusväärselt kinnitatud isoleerivat kaitsetarvikut lähedal paikneva pingestatud või maandatud osa ees või ümber ning eritöövahendeid ja isikukaitsevahendeid.
AMKA-pingealuste tööde lisavarustuses kasutatakse sellel eesmärgil aktsepteeritud isoleerkaitsekindaid. Isoleerkinnastega ei tohi pingestatud osi otse puudutada.

Joonis 294. AMKA pingealuses töös kasutatavad töövahendid (JT-MILLENNIUM).

Joonis 295. Pingealuse töö isoleerkindad. Pane tähele, pingealuse töö kinda peal on nahkkinnas (JT-MILLENNIUM).

19.15.7. Ohutuse järelevalve

Brigaadi kuulub enamasti kaks elektrimontööri, kellest üks on omandanud pingealuste tööde kvalifikatsiooni ja teine on abistaja.
Üks montööridest nimetatakse elektriohutustööde järelevalvet teostavaks töötajaks Soome kaubandus- ja töostusministeeriumi otsuse nr KTM 516/1996 alusel. Tema ülesandeks on teostada järelevalvet tööjuhiste ning teiste tööga seotud ohutusjuhiste ja juhiste järgimise järelevalve. Abistav montöör jälgib hoolikalt töö kulgu ning tal

on keelatud pingealuste tööde teostamisel töökohast lahkuda, ka mitte väga lühikeseks ajaks. Ta abistab paigaldustööde teostajat ainult ohutuse seotud järelevalveülesannetes lubatud piires.

19.16. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll

19.16.1. Dokumenteerimine
Ehitustööde valmimise järel dokumenteeritakse jaotusvõrgus toimunud muutused, kas tagastades tellijale asendiplaani, millele on märgitud uus ehitatud liin või sisestades tellija võrguandmebaasi uue ehitatud liini andmed.

19.16.2. Kasutuselevõtukontroll

Kasutuselevõtukontroll tehakse Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsuses nr KTM 517/1996 sätestatud viisil:

”Kasutuselevõtukontrollid
§ 3
Elektripaigaldistele tuleb teostada kasutuselevõtukontroll, mille käigus selgitatakse piisavas ulatuses välja, et elektripaigaldis ei põhjusta Soome elektriohutusseaduse (sähköturvallisuuslaki, 410/96) § 5 kirjeldatud ohtu või häireid.

§ 4
Kasutuselevõtukontroll kohta tuleb koostada elektripaigaldise haldaja jaoks kontrolli protokoll teatud eranditega.

Kontrolli protokollist peavad ilmnema objekti tuvastusandmed, ülevaade elektripaigaldise eeskirjadele ja juhistele vastavusest üldkirjeldus rakendatud kontrollimeetmete kohta ning ülevaatuste ja testide tulemused, mis kinnitatakse kontrolli teostaja allkirjaga…..”

Madalpingepaigaldiste standardis SFS 6000 on punktis 801.61 defineeritud kasutuselevõtukontroll järgmiselt:
”Jaotusvõrke ja nende laiendusi tuleb kontrollida enne nende kasutuselevõttu. Kontroll sisaldab välist ülevaatust ja vajalikke teste.

Välise ülevaatuse käigus on kontrolli objektiks lisaks peatükis 611 loetletud kontrolli objektidele õhuliinide mehhaanilised konstruktsioonid nagu liinide paigalduskõrgused, kaablite mehhaaniline seisukord, mastide seisukord ja süvistamissügavus ning tõmmitsate seisukord ja tähistused ning eraldi kaitsejuhtide seisukord, tagatud kaitse ja ühenduskohad. Ülevaatus hõlmab ka liinikoridoride piisavuse kontrolli. Maa- ja veealuste kaablite puhul kontrollitakse muuhulgas paigaldussügavust ja mehhaanilisi kaitseid.

Isolatsioonitakistust tuleb mõõta alati, kui paigaldistes kasutatakse metallkestata maakaableid. Muu ehitusega võrkude isolatsioonitakistuste mõõtmine on soovitatav.

Kaitsejuhi või PEN-juhi jätkuvuse mõõtmise asemel võib mõõta silmuse takistust või lühisvoolu piisava koormatavusega mõõdiku abil. Sellisel juhul saab ühtlasi veenduda, et lühisvool on kaitse toimivuse tagamiseks piisav ning võrrelda mõõdetud väärtusi projektarvutuses saadud väärtustega.

Trafopiirkondade maandusimpedantse tuleb mõõta ja maandusimpedantsi väärtus peab vastama kõrgepingepaigaldiste standardite nõuetele. Kui trafopiirkonda on rajatud talvel, saab maandusimpedantse mõõta alles pärast pinnase ülessulamist.

Kasutuselevõtukontrolli kohta koostatakse kontrolli protokoll lõigu 6 ja Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsuses nr KTM 517/1996 toodud nõudeid järgides.

SAHKONJAKELUVERKON KAYTTOONOTTOTARKASTUSPOYTAKIRJA TP01

URAKOITSIJA OY

Tarkastuskohde — Jannile: _____ lkv

lyOn nimi:		Tilaajan vite	
Muuntopiirin nimi / n:o		Erotinaseman nimi / n:o	
Jakokaapin osoite / n:o		Uihdon n:o / osoite	
Laitetiedot Valm. /Tyyppi		Tarkastuskohteen tyolaji	

Kaytt66nottotarkastus toteutetaan KTM:n paatoksen 517/1996 edellyttamalla tavalla

Rakentamisessa ja tarkastuksessa on kaytetty seuraavia standardeja:

O SFS 6000 O SFS 6001 O SFS 6002 O SFS 6003 O SFS-EN 50423 / 50341 O Muut _____

Turvallisuustasot saavutettu

Turvallisuustasoja ei saavutettu **E3**

Tarkastuksen suorittaja

Nimikirjoitus Selvennys		Pvm.	

Alia mainittujen kohteiden lisaksi tulee tehda myos yllamainittujen standardien vaatimat mittaukset ja ta:kastul<set

Tarkastukset — Merkinnat: X Kunnossa — Ei ole kunnnssa O Ei '<uulu •akenteeseen

Tarkastus-kohde	Mittaukset ja testaukset				
1	Mittausp6ytakirja				
2	JannitteetIV		L1-L2		
3	EristysresistanssiiMO		L1-PEN		
4	Ik-virta / A / kohde		1.		
5	Maad. mitt./ PEN IS //;		PEN		
6	Pot.ohjausrenkaan Eheys				
7	M:.a<.i.;ituksen jatkuvuus				
8	Kiertosuur.ta ja vaiheistus				
9	Muut tostauks<>t				
	>ilmiPliia. tarkal tkset		Viar. tai puutte•m kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
10	Jo toalu 1				
11	Ilma_ichdOl asenni!_kset				
12	Kaapl'lin as,nnukset				
13	Jako- / :"1:./'kaapin asennus				
14	Varokekytkimet				
15	Liittimet ja liitokset				
16	Mekaaniset suojaukset				
17	Kosketussuojaus				
18	Maadoitusrakenteet				
19	Varoitusnauhat ja kilvet				
20	Merkinnat ja tunnukset				
21	Pylvaat, tuki- ja harusrak.				
22	Etaisyysvaatimukset				
23	Lukitukset, ovet ja kannet				
24	Kaaviot, muutosten dokum.				
25	Muutosten dokumentointi				
26	Kaivujaljet				
27	Muut tarkastukset				

Mittalaitteen tyyppi		Mittalaitteen numero	

Huomautukset, lisiiselvitykset, poikkeamat suunnitelmista yms.

Joonis 296. Elektrijaotusvõrgu kasutusevõtukontrolli protokoll TP01(HeadPower).

Kasutuselevõtukontrolli käigus koostatakse elektrijaotusvõrgu kasutuselevõtukontrolli protokoll, milles töötaja fikseerib ja kinnitab ehitusobjekti ohutustaseme.

20. PALJASJUHTMETEGA 20 KV ÕHULIINI KASUTAMINE JA OMADUSED

20.1. Kasutusobjektid

20 kV õhuliine kasutatakse jaotusliinidena alajaamadest trafoalajaamadeni. Õhuliinikonstruktsioone kasutatakse maapiirkondades ja linnades seal, kus õhuliinidele on ruumi ning planeering või tehniliste infrastruktuuride rajamine on veel pooleli. 20 kV kaablite osakaal jaotusliinide pikkusest on trafoalajaamade arvu kasvades kasvanud, ning ka 20 kV õhuliinide konstruktsioonide ja ehitusvõtete osakaal on varasemast olulisem.

Traaverskonstruktsioonide kasutamine ja liini ehitamine tugevdatud liinina on suurendanud õhuliinide kasutamist ühiskasutuses ning võimaldanud ehitada liinid valmis koridoridesse, näiteks teede servadesse. Õhuliini probleemiks on metsastel aladel puude põhjustatud kahjustused. Liinide uuendamise käigus püütakse liine metsast teeservadesse tuua või rajada neid teistele puude eest paremini kaitstud aladele.

20.2. Juhtmed

Alljärgnevalt 20 kV õhuliinidel enamkasutatud juhtmetüübid:

Terasega tugevdatud alumiiniumjuhtmed

Joonis 299. Terasalumiiniumjuhtme ehitus.

Ehitus: Juhtmes on terassüdamik, mille ümber on keeratud alumiiniumtraadid.

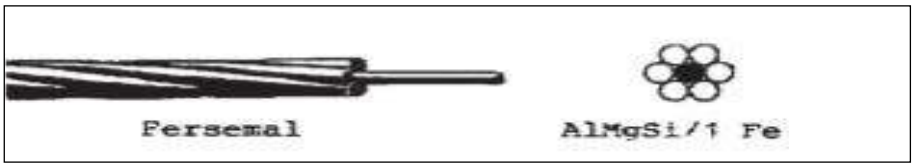
Tabel 27. Terasalumiiniumjuhtmete tehnilised andmed

Ristlõike pindala mm²				Alumiiniumtraadid	
Juhtme mark	Alumiinium	Teras	Kogu juhe	Arv	Läbimõõt mm
ACSR 34/6 Sparrow	33,8	5,64	39,5	6	2,68
ACSR 54/9 Raven	53,5	8,92	62,4	6	3,37
ACSR 85/14 Pigeon	85,1	14,2	99,3	6	4,25

Kasutusala

Piirpinged		
Juhtme mark	Tavaline juhe	Tugevdatud ehitusega juhe
ACSR 34/6 Sparrow	113 m	81 m
ACSR 54/9 Raven	142 m	105 m
ACSR 84/14 Pigeon	196 m	147 m

Terasega tugevdatud alumiiniumsulamist juhtmed



Joonis 300. Terasega tugevdatud alumiiniumsulamist juhtme ehitus

Joonis 297. 20 kV paljasjuhtmetega õhuliin maastikul.

Joonis 298. 20 kV paljasjuhtmetega õhuliin ühiskasutusegamastis.

Ehitus: Juhtmes on terassüdamik, mille ümber on keeratud alumiiniumtraadid.

Tabel 28. Terasega tugevdatud alumiiniumsulamist juhtmete tehnilised andmed

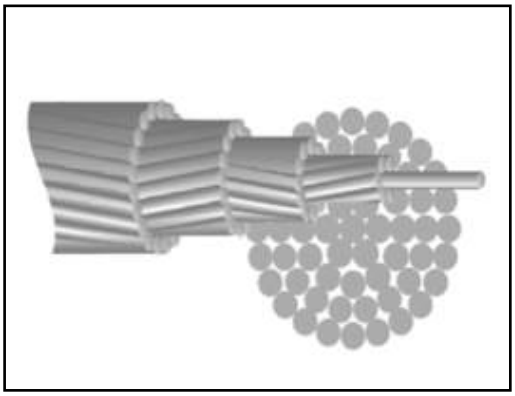
	Läbimõõt mm²			Alumiiniumsulamist traadid		Terastraadid	
Juhtme mark	Alumiini seos	Teras	Kogu juhe	Arv	Läbimõõt	Arv	Läbimõõt
AACSR 21/4 AlMgSi/Fe	21,2	3,53	24,7	6	2,12	1	2,12

Kogu juhtme nimiväärtused					Tavatarne		
	Läbi-mõõt mm	Purustav koormus kN	Alalis-voolu-takistus Ω/km	Mass kg/km	Nimi-pikkus m	Trummel	Grupp
ACSR 21/4 AlMgSi/Fe Fersemal	6,36	10,9	1,56	85,6	2500 5000	K T	A C

Kasutusala

Piirvisang	tavaline juhe	tugevdatud ehitusega juhe
AACSR 21/4 AlMgSi/Fe Fersemal	145 m	102 m

Alumiiniumjuhtmed



Joonis 301. Alumiiniumjuhtme ehitus(Prysmian).

Ehitus: Juhe on alumiiniumtraatidest kokku keerutatud.

Tabel 29. Alumiiniumjuhtme tehnilised andmed

	Rist-lõige	Traadid		Kogu juhtme nimiväärtused				Tavatarne		
	mm²	Arv tk	Läbi-mõõt mm	Läbi-mõõt mm	Purus-tav koor-mus kN	Alalis-voolu-takis-tus Ω/km	Mass kg/km	Nimi-pikkus m	trum mel	Grupp
AAC 132 A1	132	19	2,97	14,9	23,0	0,219	362	2100	E	A

Kasutusala

Piirvisang	tavaline juhe	tugevdatud ehitusega juhe
AAC 132 Al	193 m	145 m

20.3. Mastikonstruktsioonid ja tarvikud

20.3.1. Üldist

20 kV paljas- ja isoleeritud juhtmetega õhuliinidel kasutatakse puidust maste. Terasmaste kasutatakseainult erijuhtudel nt veekogudega ristumise kohtades.

Kõik uued ja renoveeritavad liinid ehitatakse traaversikonstruktsioonidega, mis võimaldab püstitada madalamaid maste, kiirendada paigaldustööd ning kasutada pikemaid visanguid.

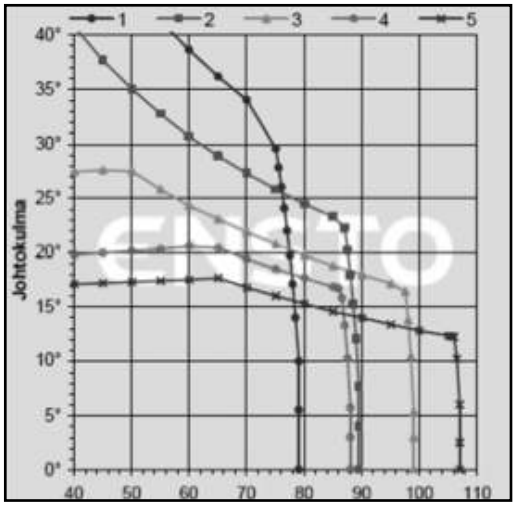
Vanemates konstruktsioonides on palju kasutatud erinevaid konksulahendusi, neid on tutvustatud edaspidi lõigus 28. Vana liini käitlemine.

20.3.2. Kandemastide traaversikonstruktsioonid

Traaversid valmistatakse masstoodanguna ja nende tooraineks on teras. Terastraaverseid kasutatakse enamasti 20 kV õhuliinidel. Vanades konstruktsioonides on veel mõningal määral alumiiniumtraaverseid. Alumiiniumtraavers sobib oma kerguse tõttu paremini objektidele, kus traavers tuleb olude sunnil montööride poolt masti tõmmata ja paigaldada. Alumiiniumtraaversite tootmine on tooraine kalliduse tõttu praeguseks lõpetatud.

Traaversi kasutuspiirid

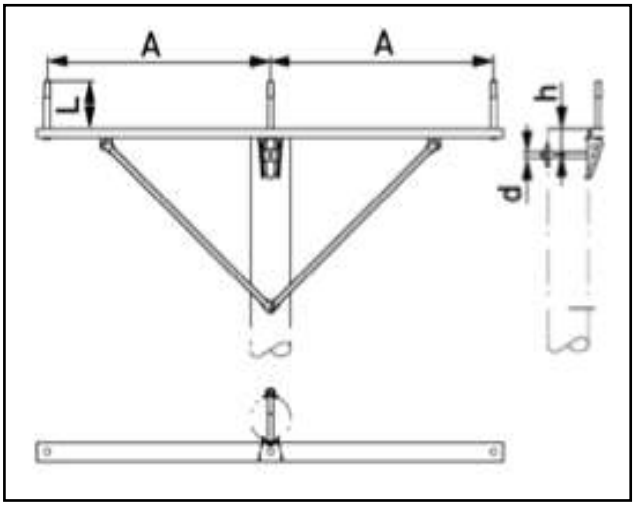
Tootjad arvutavad ja määravad igale traaversitüübile kasutuspiirid. Kasutuspiire kujutatakse joonisel kasutatavale juhtmele lubatud ekvivalentsete visangutena ja teatud liininurkade puhul ekvivalentne visang on ankruvisangutest arvutatud visang, mida kasutatakse trossidest tekitatud jõudude arvutamisel, kui ankruvisangus on rohkem kui üks visang.



Joonis 302. Rõhttraavers SH 66 kasutuspiirid (Ensto)

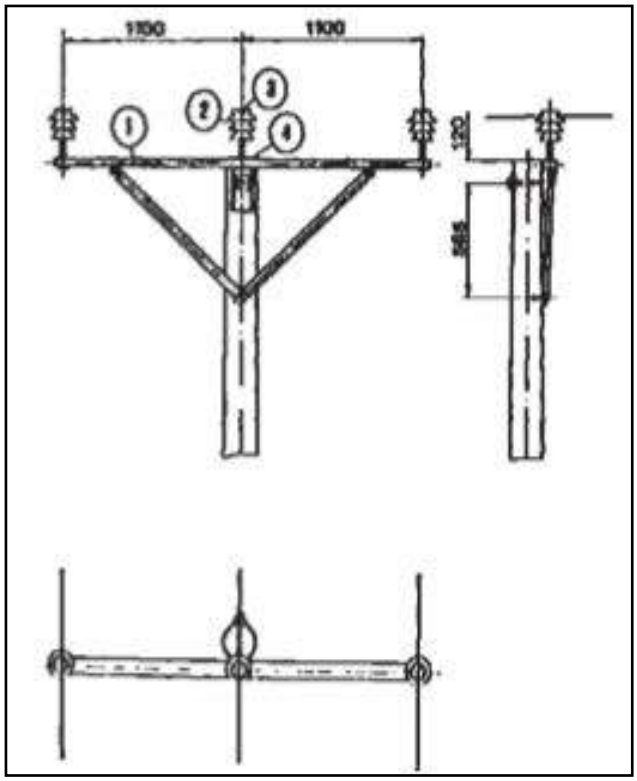
Kasutuspiiride joonisel on järgmised õhuliinide juhtmed:
1 = Swan, 2= Sparrow, 3 = Raven, 4= Al 132 ja 5 = Pigeon.

Rõhttraaversi ehitus - terastraavers TASO-110 (SFS 4380)



Joonis 303. Terastraavers SH66 (Taso 110) (Ensto).

Traavers sobib tappisolaatoritele SH 24.



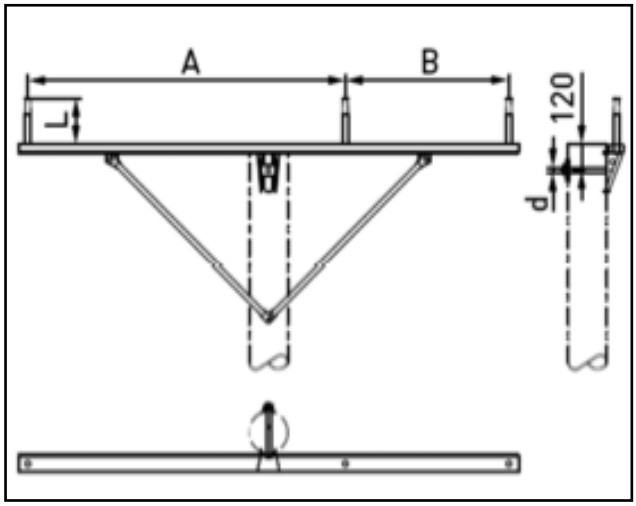
Joonis 304. Terastraavers TASO-110 paigalduse näidisjoonis.

Detailid:

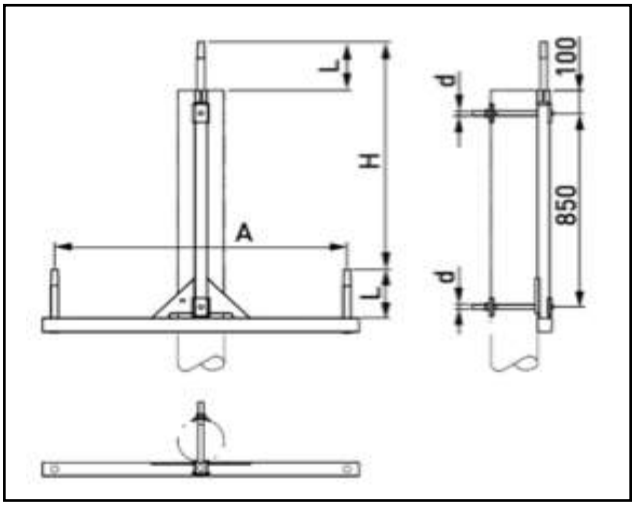
1. Traavers TASO-110	1 tk
2. Tipukaitse	1 “
3. Tappisolaator SH 24	3 “
4. Ühendustraat Al 16	3 “

Paigaldusjuhis:

- traaversi kinnitamiseks puuritakse ø 18 mm auk 50 mm masti tipust allapoole.
- diagonaalsidemete kinnitamiseks tehakse ø 13 mm puuriga u 50 mm sügav auk, kuhu keeratakse 16 mm puidukruvi.
- juhe seotakse tipusoonde.
- kui kasutatakse tipusooneta tappisolaatoreid, seotakse keskmine juhe, välja arvatud nurgamastidel, kordamööda kahele poole isolaatorit. Äärmised juhtmed seotakse sirgel lõigul tappisolaatori masti poolele ja nurkades välisnurga poolele.



Joonis 305. Ebasümmeetriline rõhttraavers SH68 (Ensto).

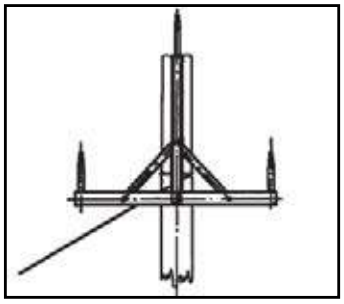


Joonis 306. Kolmnurktraavers SH60 (Ensto).

20.3.3. Kandetraaversimastile tõmmitsate paigaldamine

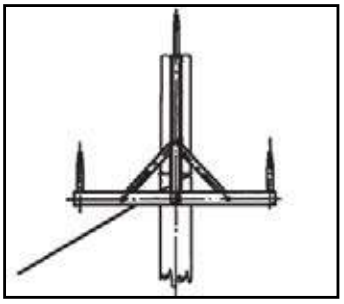
Kandetraaversit kasutatakse peamiselt sirgel liinilõigul, aga neid võib kasutada ka u 15…30° nurgamastidel. Tõmmitsa ülemine ots tuleb tõmmitsate paigaldamisel alati võimalikult juhtmete painutava jõu lähedale saada, et masti tipp selle jõu mõjul ei painduks.

Tõmmitsatele paigaldatakse tõmmitsaisolaatorid, nagu eespool tõmmitsate paigaldamise juures on määratletud.



Joonis 307. Kolmnurktraaversi tõmmitsate paigaldamine.

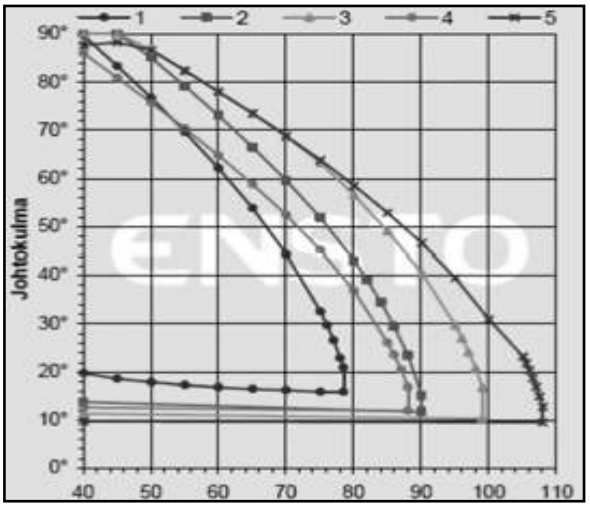
Joonis 308. Rõht traaversi tõmmitsate paigaldamine.



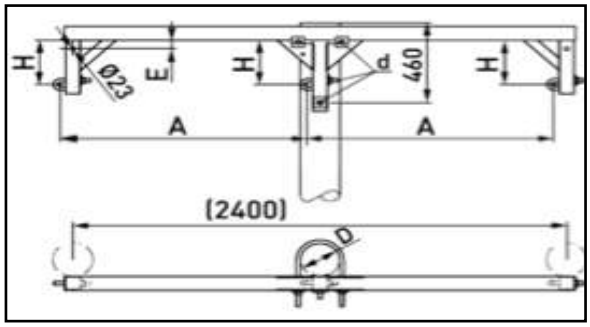
20.3.4. Nurgatraaversite konstruktsioonid

Rõht traaversi ehitus VKOT, rõht nurgatraavers SH 63

Joonis 309. Rõht nurgatraaversi SH 63 kasutuspiirid (Ensto)

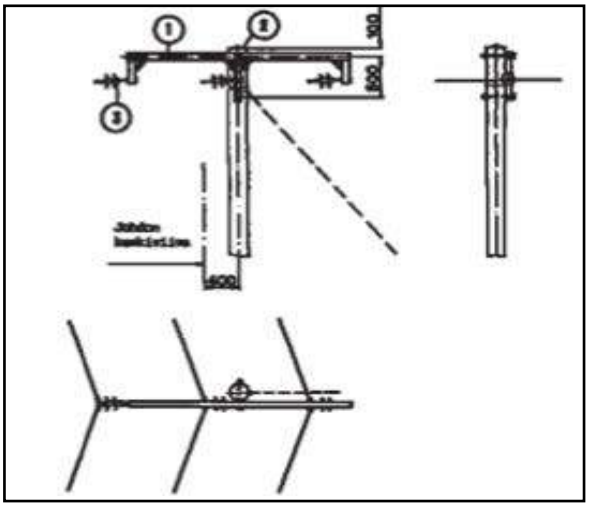


Kasutuspiiride joonisel on järgmised õhuliinide juhtmed:
1 = Swan, 2= Sparrow, 3 = Raven, 4= Al 132 ja 5 = Pigeon.



Joonis 310. Rõhtnurgatraavers SH 63(Ensto).

Kasutuspiirid juuresolevatel kõveratel:



Joonis 311. Rõhtnurgatraaversi paigalduse näidisjoonis.

Detailid:
1. Rõhtnurgatraavers 1 tk
2. Tipukaitse + naelad 1 tk
3. Kandekett 3 tk

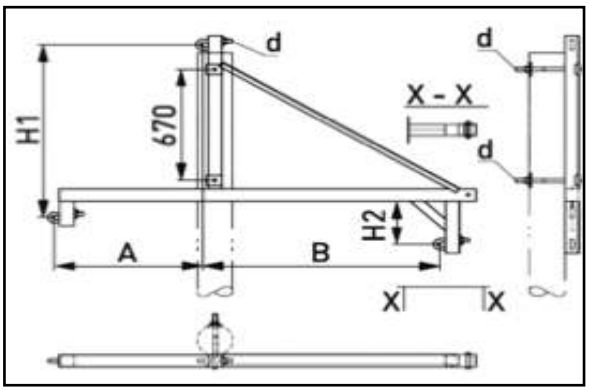
Paigaldusjuhis:
- kandeketi moodustavad tõmbeisolaator ja nurgakandehoidik või veorullikukandur.
- traaversi kinnituse tarvis tehakse augud ø 22 mm puuriga, ülemine auk 100 mm ja alumine 600 mm tipust.
- enne traaversi paigaldamist kinnitatakse vajalike tõmmitsate ülemised otsad, mis jäävad traaversi ja masti vahele.
- traaversi ja masti vahele tulevat kinnituspoltide alusplaadid, mille abil jääb tõmmitsale ruumi.
- traavers pikkus täpselt nurgapoolitaja joone suunaliselt.
- mast püstitatakse 0,4 m liini keskjoonest välisnurga suunas.
- tõmmitsate vahekaugus juhtmetest peab olema vähemalt 220 mm.

Teist tüüpi nurgatraaversid

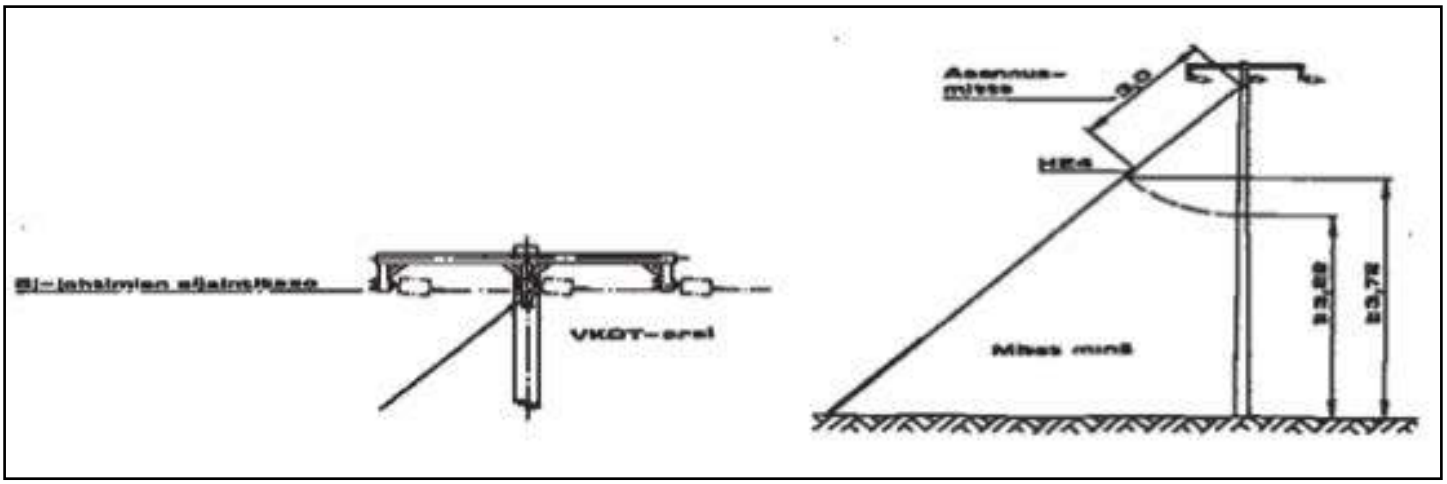
20.3.5. Nurgatraaversite tõmmitsate paigaldamine

20 kV rõhtnurgatraaversikonstruktsiooniga masti tõmmitsad

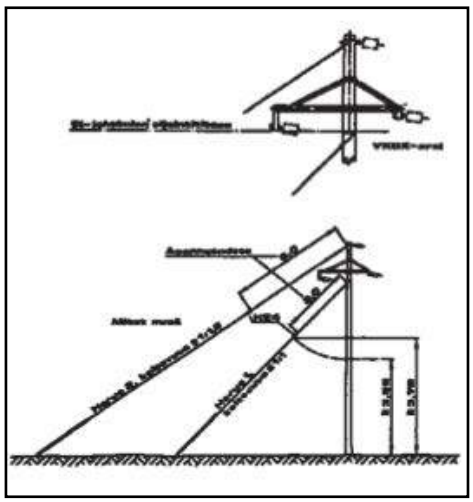
Kui kõrgepingejuhtme tõmmits on tervenisti kõrgepingejuhtmetest allpool, on kinnituskoht masti küljes alumise juhtme rõhtsal tasandil või veidi sellest allpool, tõmmits varustatakse ka ühise kasutuses oleval mastil ainult ühe tõmmitsaisolaatoriga H 24. Isolaator paigutatakse tõmmitsale enamasti 3,0 m (paigaldusmõõt) kaugusele selle ülemisest otsast.



Joonis 312. Kolmnurknurgatraavers SH65 (Ensto)



Joonis 313. Rõhtnurgatraaversi tõmmitsate paigaldamine.



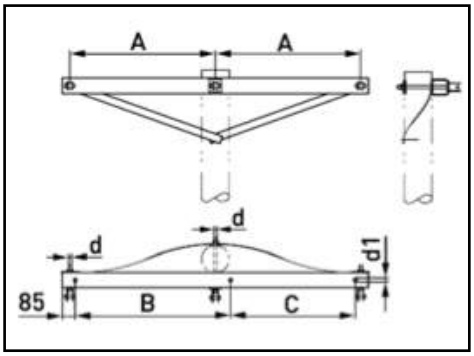
Joonis 314. Kolmnurknurktraaversi tõmmitsate paigaldamine.

Kui mast on väga lühike – maapealne pikkus alla 8 meetri, võib isolaator liiga maapinna lähedale jääda ning dimensioneerida tuleb täpsemini.
20 kV kolmnurknurktraaversi konstruktsiooniga masti tõmmitsad

Tõmmits 1
Kui kõrgepingejuhtme tõmmits on tervenisti kõrgepingejuhtmetest allpool, on kinnituskoht masti küljes alumise juhtme rõhtsal tasandil või veidi sellest allpool, tõmmits varustatakse ka ühise kasutuses oleval mastil ainult ühe tõmmitsaisolaatoriga H 24. Isolaator paigutatakse tõmmitsale enamasti 3,0 m (paigaldusmõõt) kaugusele selle ülemisest otsast.

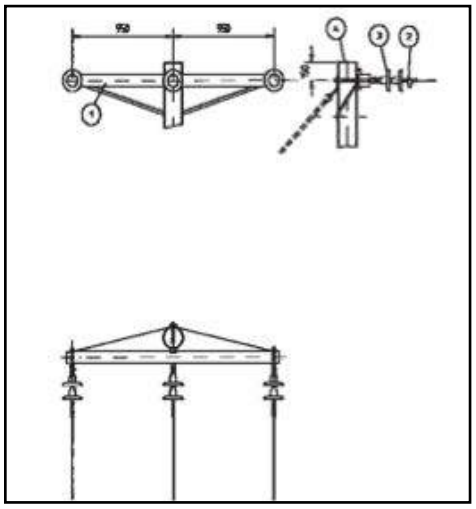
Tõmmits 2
Tõmmitsa kinnituskoht on kõrgepingejuhtmetest kõrgemal. Tavaolukorras varustatakse ka see tõmmits ühe isolaatoriga H 24 ning paigutatakse enamasti 5,0 m (paigaldusmõõt) kaugusele selle ülemisest otsast. Kui tuleb luua valmidus ühiseks kasutamiseks, varustatakse tõmmits kahe isolaatoriga joonisel 310 kujutatud paigaldusmõõtudega.

20.3.6. Lõputraaversid:



Joonis 315. Lõputraavers SH70+SH71, ühe mastiga paigaldis (Ensto)

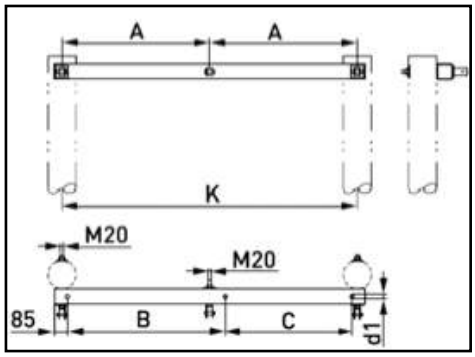
Lõputraavers komplekteeritakse traaversitalast SH70 ja tarvikute komplektist SH71.



Joonis 316. Ühe masti lõputraaversi paigaldusjoonis.

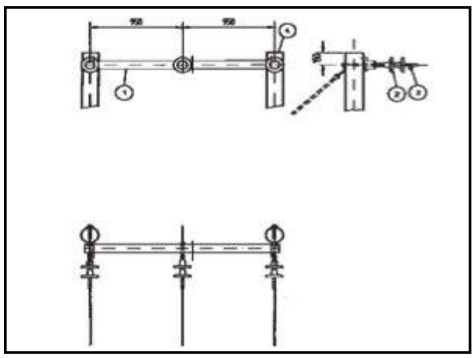
Detailid:
1. Lõputraavers + paigalduskomplekt 1 tk
2. Pingutusklemm 3 tk
3. Tõmbeisolaator 3 tk
4. Tipukaitse 1 tk

Paigaldusjuhis:
- pingutusketi moodustavad tõmbeisolaator ja pingutusklemm.
- traaversi kinnituse tarvis tehakse auk ø 22 mm puuriga, 200 mm kaugusele tipust.
- diagonaalsidemete kinnituse tarvis tehakse ø 13 mm puuriga u 50 mm sügav auk 500 mm tipust.
- traaversi horisontaaltaset tuleb kontrollida enne diagonaalsidemete kinnitamist. Diagonaalsidemed paigaldatakse masti taha.
- äärmisi juhtmeid tuleb pinguldada samaaegselt.
- tõmmitsa ülemise otsa kinnitamist on kujutatud joonisel katkendliku joonega.
- tõmmitsaisolaatorite paigaldamine toimub eespool tõmmitsate paigaldamist käsitlevas lõigus kirjeldatud viisil.



Joonis 317. Lõputraavers SH70+SH72, kahe mastiga paigaldis (Ensto).

Lõputraavers komplekteeritakse traaversitalast SH70 ja paigalduskomplektist SH72

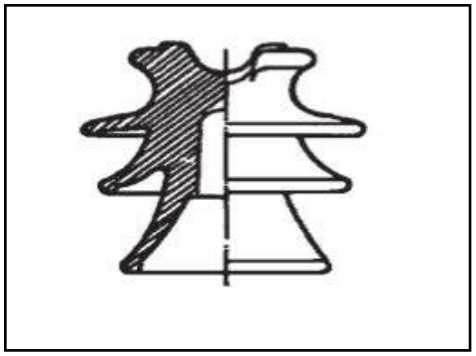


Joonis 318. Kahe masti lõputraaversi paigaldusjoonis.

Detailid:
1. Lõputraavers SH70+SH72 1 tk
2. Pingutusklemm 3 tk
3. Tõmbeisolaator 3 tk
4. Tipukaitse 2 tk

Paigaldusjuhis:
- traaversi kinnituse tarvis tehakse esmast ühe masti sisse auk ø22 mm puuriga 200 mm tipust.
- traavers kinnitatakse ajutiselt teise kinnituskruviga ja traaversi abil tähistatakse rõhtsalt teise masti kinnitusaugu asukoht. Kinnitusauk puuritakse tähistatud kohta eespool kirjeldatud viisil.
- vajadusel tasandatakse teise masti tipp samasse mõõtu ja paigaldatakse tipukaitsed.
- tõmmitsa ülemise otsa kinnitamist on kujutatud joonisel katkendlike joontega. Tõmmitsaisolaatorite paigaldamine toimub eespool tõmmitsate paigaldamist käsitlevas lõigus kirjeldatud viisil.

20.3.7. Paigaldustarvikud



Joonis 319. Tappisolaator SH-24

Tappisolaator SH-24

Valmistatud elektrotehnilisest portselanist ning kaetud emailiga, välja arvatud tapiava kohal. Tapiavas on keere, mille abil saab isolaatori otse traaversitappide otsa kinnitada. Kaabli võib siduda tipusoonde või isolaatori kaela.

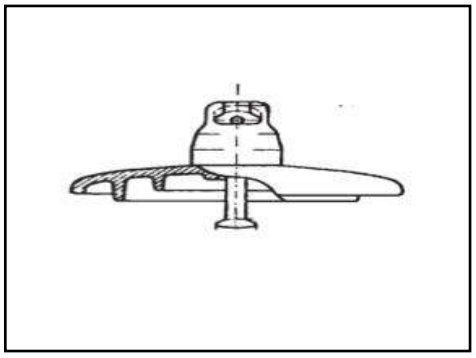
Tappisolaator SDI 37

Joonis 320. Tappisolaator SDI 37.

Sellel isolaatoril on kaablisoonde paigaldatud tõmbehülss, mille kaudu saab kaablit vedada. Kaablite vedamiseks ei ole kaablivedamisratast vaja. Tapiavas on keere, mille abil saab isolaatori otse traaversitappide otsa kinnitada. Kaabli võib siduda tipusoonde või nurkades isolaatori kaela.

Rippisolaatorid (Tõmbeisolaatorid)

Kõrgepinge taldrikisolaator

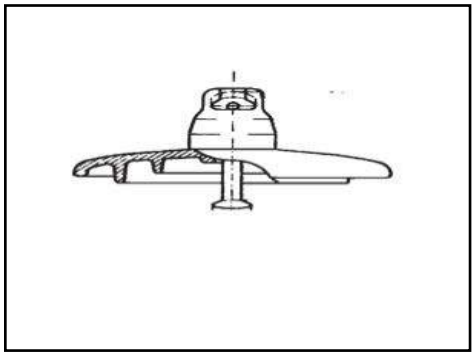


Joonis 321. Kõrgepinge-taldrikisolaator Sediver 1508B.

Ehitus:
Terasesulamist detailidega ühendatud klaasist taldrikisolaator. Ülemine osa on kausja kujuga korpus, vahel on taldrikisolaator ja alumine osa on tapitaoline. Vahekinnitused on tehtud erikitiga.

20 kV liinidel on vaja kahte isolaatoritketis.
Isolaatorid ühendatakse üksteisega pesa-tapp-ühendusega, mis lukustatakse splindiga.

Klaasisolaatori kinnitamiseks on vaja lisadetaile, otsasilmust mastipoolses otsas ja pesasilmust kaabli teises otsas.

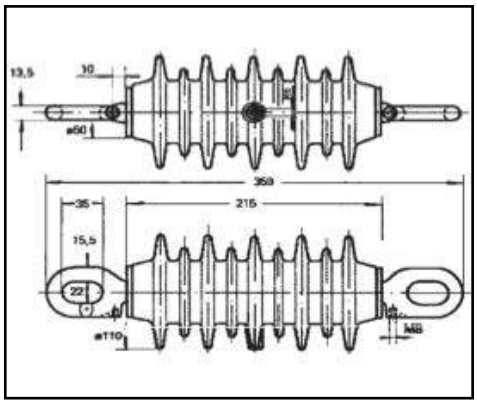


Joonis 322. Otsa- ja pesasilmused.

Tõmbeisolaator V-24

Ehitus:
Äärikuga eriportselanist isolaator, värvuselt sinakashall. Metalldetailid tempermalmist, kuumtsingitud. Võib kinnitada metalldetailide kaudu kõikide mastikonstruktsioonide külge.

Joonis 323. Tõmbeisolaator V-24.



Joonis 324. Valuvaigust tõmbeisolaator

Valuvaigust tõmbeisolaator

Ehitus: Äärikuga valuvaigust isolaator, „pehme“ löögikindel, võib kinnitada metalldetailide kaudu kõikide mastikonstruktsioonide külge.

Tõmbeisolaatorite kasutamine: Nurga-, lõpu- ja ankrumastidel.

Joonis 325. Komposiit-tõmbeisolaator

Komposiit-tõmbeisolaator

Ehitus: Äärikuga isolaator, sulamisolaator. Võib kinnitada metalldetailide kaudu kõikide mastikonstruktsioonide külge.

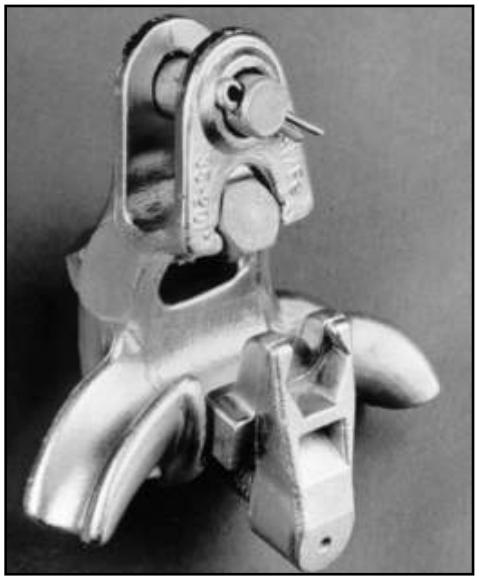
Tõmbeisolaatorite kasutamine: Nurga-, lõpu- ja ankrumastidel.

Nurga- ja lõpukandurid

Nurgakandurid

Ehitus: Kergmetallisulamist valmistatud korpus, milles on puuriava kinnitustappide jaoks.

Juhtmesoones on pingutusdetail, mis on paigaldamise tarvis soonest välja nihutatud. Paigaldamisel pingutatakse pingutusdetail poldi abil juhtme peale. Kinnitus isolaatori silmuse või pesasilmuse külge kinnitustapiga, milles on splintlukustus. Nurgakanduri valikut mõjutavad nurga suurus ja kaabli ristlõike pindala.
Kanduril ei ole paigaldamise tõttu eemaldavaid detaile.



Joonis 326. Nurgakandur.

Veorullikukandur

Veorullikukandur on veorulliku või –rullikutega varustatud nurgakandur. Juhtmete vedamise ajal toimib veorullikukandur nurgas juhtme veorullikuna. Pärast juhtmete pingutamist lukustatakse kandur juhtme külge.

Joonis 327. Veorullikukandur (Ensto).

Ankrupingutusklambrid

Ehitus:
Kergmetallisulamist valmistatud korpus, milles on kinnitustapi puuriava ja auk tali konksule pingutamiseks. Juhtmesoones on poltühendusega pingutuskiil, mille abil saab juhtme õigele kohale lukustada. Pingulduskiil tuleb paigalduse ajaks soonest välja nihutada.
Kanduril ei ole paigaldamise tõttu eemaldavaid detaile.

Klemmid
20 kV õhuliinidel võib kasutada sama tüüpi puuteklemme nagu 0,4 kV kaablite puhul juba kirjeldatud. Suuremad kaabli ristlõikepindalad nõuavad loomulikult suuremaid klemme.

Joonis 328. Ankrupingutusklamber.

20.4. 20 kV paljasjuhtmega õhuliini vahekaugused ümbritsevate objektideni ja teiste liinideni

20.4.1. Vahekaugused VIM A4-93 alusel

20 kV õhuliini vahekaugus- ja paigutuseeskirjad

Vahekaugus maa või vee pinnast:
- ilmastikuoludes 5,22 m
- koormusoludes 4,22 m

Vahekaugus kasvavatest puudest:
- viljapuudest 4,22 m
- teistest puudest 1,22 m

Vahekaugus hoonetest:
- horisontaalne vahekaugus 3,22 m
- vertikaalne vahekaugus 4,22 m
- vahekaugus aknast vms 5,22 m

Vahekaugus raudteerööpast:

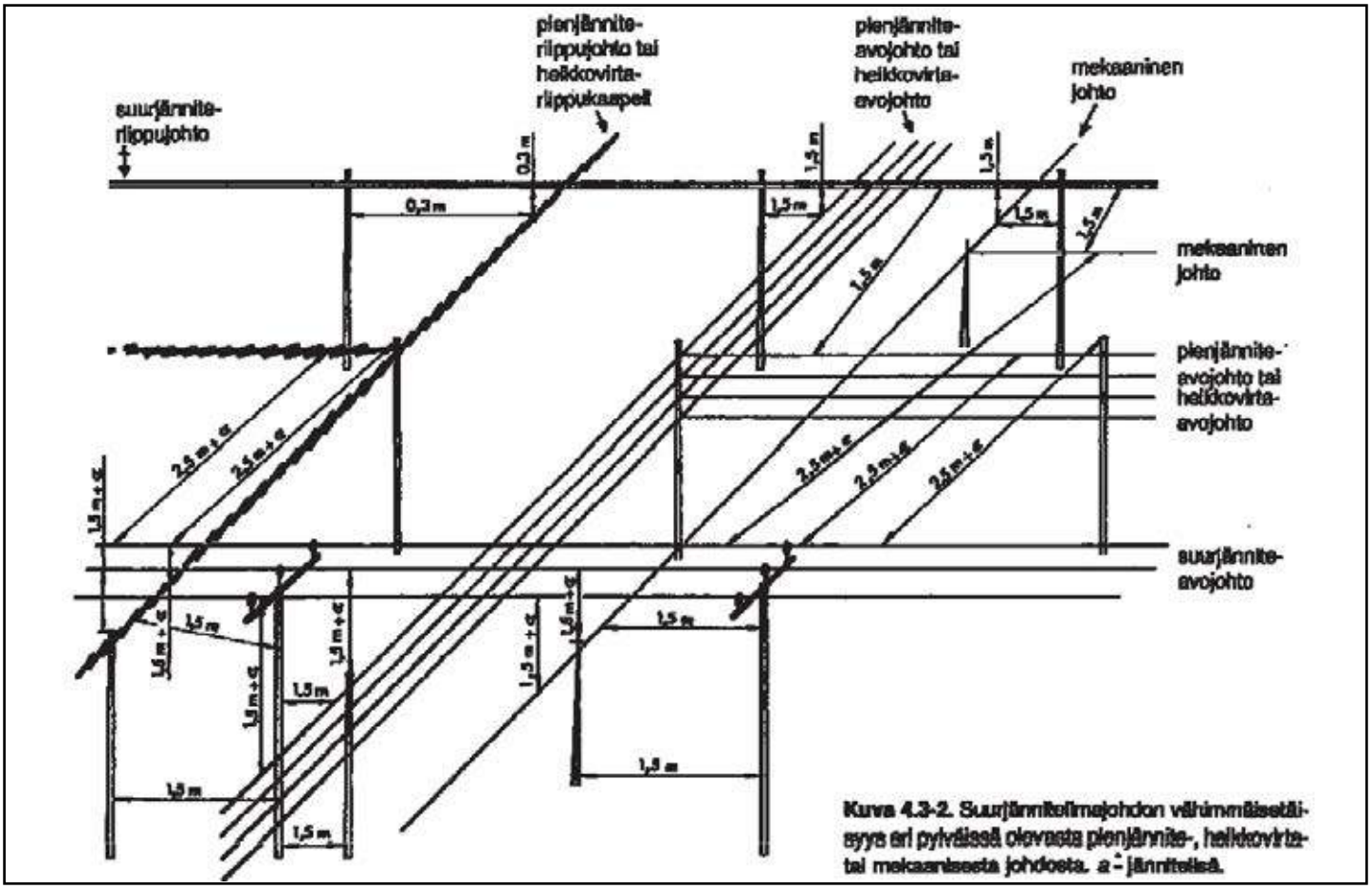
- elektriraudtee liinil 11,72 m
- muul raudteeliinil 7,22 m

Vahekaugus tee või muu liiklustrassi pinnast:

- ilmastikuoludes 6,22 m
- koormusoludes 5,22 m
- vahekaugus laevatee laeva mastist 1,72 m
- ülikõrgete veoste teed 7,0 - 8,0 m

20 kV liin tuleb ehitada tugevdatud konstruktsiooniga liinina selles osas, milles selle horisontaalne vahekaugus raudteerööpast, elektrirongi liini kaablitest või üldkasutatava liiklustrassi teepinna servast on alla 5,22 m.

Joonis 329. Kõrgepingeõhuliini minimaalne vahekaugus eri mastide küljes olevast madalpinge-, nõrkvoolu- või mehhaanilisest juhtmest (VIM 4.3-2.).



Joonis 329. Kõrgepingeõhuliini minimaalne vahekaugus eri mastide küljes olevast madalpinge-, nõrkvoolu- või mehhaanilisest juhtmest (VIM 4.3-2.).

20.4.2. Vahekaugused õhuliinistandardite alusel

Väikseim vajalik õhuvahe erinevate pingete puhul ehk D_{el} väärtused on toodud eespool käesoleva raamatu tabelis 25. D_{el} vastab VIM vabale õhuvahele, pingelisale ja selle vahekauguse väärtused on samad. Vt :. SFS-EN 50341-3-7 tabel 5.4/FI.1.

Vahekaugus maapinnani piirkondades, mis paiknevat hoonestusest, teedest, rööbasteedest ja purjetamiskõlblikest veekogudest kaugemal.

1 – 45 kV SFS-EN 50423-1 standardi tabeli 5.4.4 alusel: Vahekaugus maapinnani looduslikus piirkonnas kõikide koormusjuhtumite korral; kaabli maksimaalne temperatuur, jääkoormus või tuulekoormus, peab olema 5,6 m. Põhinõue on, et sõiduk, inimene jne võib liini alt turvaliselt läbi liikuda.

FI.2 Vahekaugus puudeni
Vahekaugus tavalistest puudest peab olema vähemalt 1 m + D_{el} ja viljapuudest 4 m + D_{el}.

5.4.5.2 Elamud ja muud hooned

FI.1 Liin köetavate hoonete ja lahtiste ladude läheduses

Vahekaugus horisontaalsuunas õhuliinist köetava hooneni peab olema vähemalt 3 m + D_{el}. Kui see nõue ei ole täidetud, peab vertikaalne vahekaugus hoonest olema vähemalt 4 m + D_{el} ´. Õhuliin ei tohi samas olla hoone ühegi osa kohal.

Horisontaalne vahekaugus õhuliinist akende ja rõdudeni peab olema vähemalt 5 m + D_{el}.

Horisontaalne vahekaugus õhuliinist lahtise laoni, kus hoitakse pikki hõlpsasti teisaldatavaid esemeid, peab olema vähemalt 3 m + D_{el}.

FI.2 Hoones lõppev liin
Paljasjuhtmetega õhuliine ei lõpetata hoone seinal, välja arvatud kommutatsiooniseadmetega hoonel.

FI.3 Liin teiste hoonete, ladude vms läheduses
Punktis FI.1 määratletud minimaalne vahekaugus kehtib ka teiste hoonete kõikide osade suhtes…

FI:4 Liin kütuse jaotuspunkti vms läheduses
Õhuliini masti vahekaugus kütuse jaotuspunktist vms peab olema vähemalt pool masti kõrgusest.

FI.5 Kiin antennide, välisvalgustite vms läheduses
Vahekaugus antennide, piksevarraste, välisvalgustite, lipumastide, reklaamtahvlite ja teiste selliste konstruktsioonidega peab olema 2 m D_{el}, kuid siiski vähemalt 3 m.

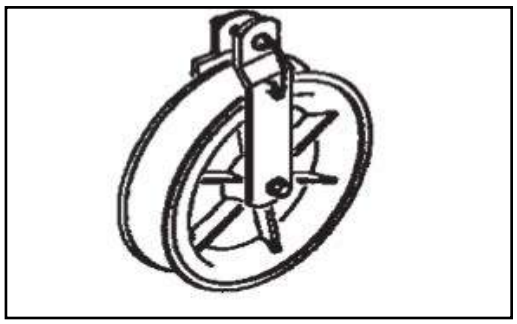
Vahekauguse dimensioneerimist liiklustrasside läheduses on käsitletud detailsemalt edaspidi lõigus 25 Õhuliinide paigaldamine liiklustrasside lähedusse.

21. PALJASJUHTMETEGA 20 kV ÕHULIINI PAIGALDAMINE

21.1. Juhtmete vedamine käsitsi

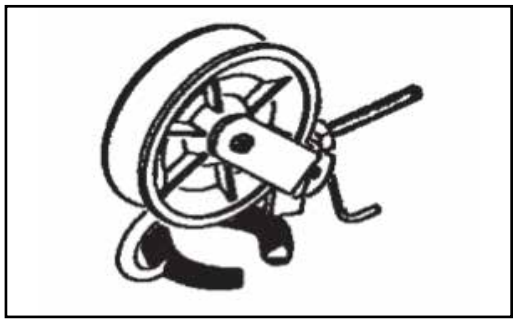
Juhtmeveorullikud
Juhtmete vedamise viisist olenemata tuleb tööks kasutada juhtmeveorullikud, kui traaversitele ei ole paigaldatud tõmbesoonega tappisolaatoreid või veorattakandureid:

Juhtmeveorullikuteehitus peab olema selline, et veetav juhe sobiks hästi rulliku soonde. Rulliku kinnitusseade peab hoidma veorullikut vedamise ajal sellises asendis, et juhe ei jääks vedamise ajal rulliku külge kinni ja jääks terveks.



Joonis 330. Rippisolaatori külge kinnitatav juhtmeveorullik.

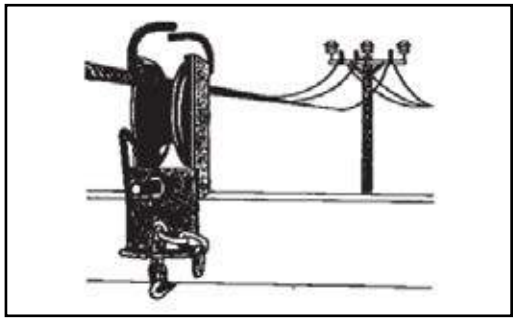
Juhtmeveorullikud võib jagada kinnitusviisi alusel järgmistesse gruppidesse:
- Rippisolaatori külge kinnitatavad; veorullik kinnitatakse splinttapiga rippisolaatori aasa külge
- Tappisolaatori külge kinnitatavad; veorullik kinnitatakse kinnitusdetailide abil tappisolaatori ülemise osa
- Traaversile kinnitatavad; veorullik kinnitatakse kinnitusdetailidega traaversi külge.



Joonis 331. Tappisolaatori külge kinnitatav juhtmeveorullik

Juhtmeveorullikumehhaanilisel vedamisel paigaldatakse rullik tavaliselt iga masti otsa. Rullikute jagamine juhtme vedamise lõigul toimub käsitsi kandes, traktoriga või muul vastaval viisil.

Veorullikud võib masti otsa juba varem valmis viia, siis kinnitatakse veorullikute külge tõmbenöörid, mille abil juhe tõmmatakse masti otsa. Sellisel juhul, kui juhtmeid veetakse üks korraga, viiakse veorullik üles koos vedamisseadme trossiga.



Joonis 332. Traaversi külge kinnitatav juhtmeveorullik

Juhtmeveorullikud tuleb tugevasti kohale kinnitada. Rullik ei tohi vedamise ajal pöörama hakata. Rippu paigaldatavad veorullikud ei tohi vedamise ajal vastu isolaatori osi või masti hõõrduda.

Juhtmeveorullikute toimivust mõjutab suuresti nende käsitsemisviis. Juhtmeveorullik tuleb alati mastist abiköie abil alla lasta. Rullikute lihtsalt alla viskamine võib lõhkuda rulliku detaile ning telje kõveraks väänata. Kahjustatud juhtmeveorullikud raskendavad juhtme vedamist ja vigastavad paigaldatavaidjuhtmeid.

Joonis 333. Veoköied on juhtmeveorullikute külge kinnitatud.

Tõmbamine käsitsi
Väga lühikesel, u 300 m pikkuse vahemaa korral võib juhtmeidvedada ilma masinateta. Vajalik brigaadi koosseis määratakse selle alusel, kus juhtmevedamine toimub. Näiteks teede ületamisel on vaja suurema koosseisuga brigaadi.

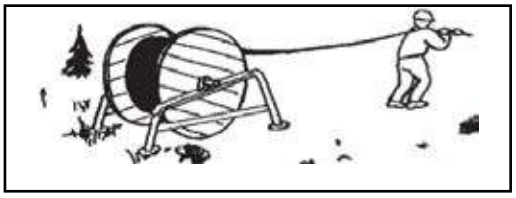
Töö etapid:

1. Trumli paigaldamine pukile
Paigaldustööd tuleb teha hoolikalt. Kaablipuki asend peab olema kindel ja trummel peab saama takistusteta ja tundlikult oma teljel pöörelda. Trumli serva tuleb hoolikalt kontrollida, eemaldada naelad või muud kõrgemad kohad, mis võivad kaablit vedamise ajal vigastada.

Joonis 334. Juhtmetrummel on piduriga varustatud trumlipukil.

Kui kasutatakse piduriga varustatud trumlipukki, ei ole trumli juurde eraldi töömeest vaja.

2. Ettevalmistus vedamiseks
Kui juhet tuleb vedada pikemat maad, on praktiline võimalus trumlite paigutamiseks selline, et kaks trumlit on vedamise alguspunktis ja üks trummel lõigu teises otsas. Sellisel juhul ei ole vaja asjatult edasi tagasi kõndida. Kui tööd teeb kolm töölist, A, B ja C, jagatakse nende tööülesanded järgmiselt:

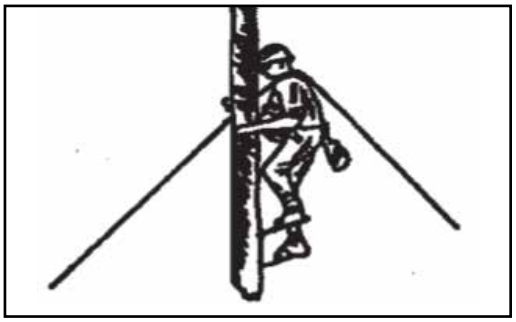


Joonis 335. Vedamishaare juhtmest käsitsi vedamisel.

Veetaval lõigul vajalikud veorullikud jagatakse A, B ja C vahel võrdselt ning ja B ja C varustusse kuuluvad ronimisvöö ja ronimisrauad.

3. Vedamine

A alustab juhtme vedamist ja jätab veorulliku iga masti juurde. B ja C järgnevad üks või kaks mastivahe tagapool ja tõstavad juhtmeid masti otsa ja kinnitavad veorullikud. Vedamise lõppfaasis kui juhe kaalub rohkem B ja C abistavad A-d vedamisel . Vedamine on lihtsam, kui vedajad on kahe mastivahe kaugusel üksteisest võrreldes olukorraga kui kõik veaksid korraga kaabli otsast. Kui veetava lõigu teises otsas on kaks trummlit, tõmmatakse need eespool kirjeldatud meetodit rakendades lahti. Vahepeal on soovitav A, B ja C ülesandeid omavahel vahetada

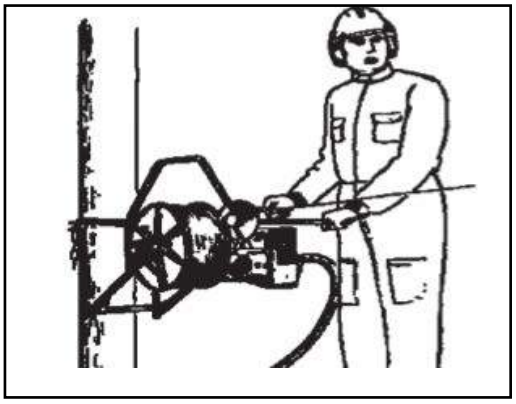


Joonis 336. Juhtme ja veorulliku viimine masti otsa.

21.2. Juhtmete mehhaaniline vedamine

21.2.1. Veoseadmed

Veoseadmeid, mida kasutatakse juhtmete vedamise abivahenditena, on väga palju erinevaid mudeleid ning seetõttu neid siinkohal detailsemalt ei tutvustata.



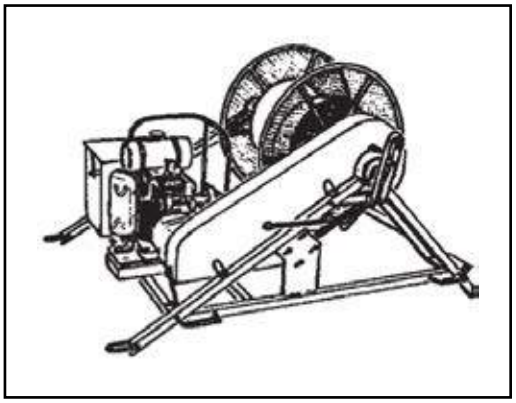
Kasutada olevad veoseadmed (kerimismasinad) võib jõuallika alusel jagada järgmiselt:
- oma jõuallikaga varustatud masinad
- maasturi või traktori jõuülekandega ühendatavad masinad
- hüdraulikamootoriga masinad.

Oma jõuallikaga varustatud masinad

Joonis 337. Masti külge kinnitatav veoseade.

Kõige kergem veoseadmelahendus on selline, kus ajami saab kerimisseadme küljest lahti ühendada ning monteerida selle külge kandevaljad ajami seljas kandmiseks. Mootor paneb nurkülekande abil tööle korpuse peale paigaldatud veotrossitrumlid või kerimisraami.
Seadme korpus kinnitatakse masti külge sobivale kõrgusele. Seade sobib kergemateks kaablivedamistöödeks ja sellega saab vedada üht kaablit korraga. Maksimaalne veojõud on 7,5 kN.

Torustik raamiga korpusele paigaldatud kerimismasin töötab efektiivsemalt kui eespool kirjeldatud masin. See vastab kerimisseadmetele kehtestatud nõuetele selles, et suudab vedada üheaegselt kolme kaablit.

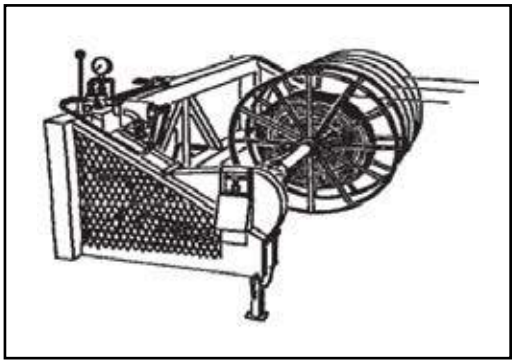


Joonis 338. Torustik raamiga veoseade.

Mootori veojõud kantakse veotrumlile tsentrifugaalsiduri, vähenduskäigu ja jõuülekandeketi vahendusel. Korpus on varustatud ankrurõngastega, mis tagavad seadme paigalpüsimise vedamise ajal. Seade on varustatud piduriga.

Kerimisseadmes võib vastavalt otstarvele kasutada järgmisi trleidumm:
- poolitatav trossitrummel (demonteeritud juhtme kerimiseks)
- trummel kolme veotrossi samaaegseks lahtivedamiseks või kolme juhtme samaaegseks pealekerimiseks
- terastrummel, millele mahub 1000 m veotrossi
- trumlikomplekt 4x1000 m veotrossile
- puidust trummel ø 1000x760 mm demonteeritava juhtme kokku kogumiseks.

Kerimisseadme veojõud on olenevalt mootorist 7,7 - 16,7 kN.



Maasturi või traktori jõuülekandega ühendatavad masinad

Joonis 339. Traktori jõuülekandega ühendatav veoseade.

Masina ehituslik rakendus oleneb maasturi või traktori jõuülekande väljavõtu asukohast. Traktorites on jõuülekande väljavõtt tavaliselt taga, siis võib juhtmeveoseadme kinnitada traktori kolmpunkt-haakeseadme külge. Sellisel juhul saab veoseadet traktoriga kaasas vedada.
Joonisel 339 kujutatud kerimisseadmega saab juhtmeid trumlitele kerida. Nii saab üheaegselt kerida neljajuhet.

Maasturitel paigutatakse kerimisseade olenevalt auto ehitusest ette või taha. Kerimisseadmega saab ühendada trossitrumlid juhtmete lahtikerimiseks, juhtmetrummel juhtmete pealekerimiseks või otse puidust juhtmetrumlile peale kerimiseks.

Hüdraulikamootoriga töötavad masinad

Hüdraulikamootoriga kerimismasin on varustatud oma hüdraulikamootoriga, mis on ühendatud traktori või maasturi hüdraulikasüsteemiga.

Oma korpuse ehituse poolest vastab see eespool kirjeldatud kerimisseadmetele, kuid hüdraulikamootoriga varustatud seadmel on muuhulgas järgmised eelised:
- sujuv pöördekiiruse ja veojõu regulatsioon.
- käigukasti ja sidurit ei ole vaja.
- pöörlemissuunda on kerge vahetada.
- mootori ülekoormuse tekkeohtu ei ole.
- masinat on lihtne kasutada.
- võib kasutada ka juhtmete pingutamiseks

Joonis 340. Trumlikäru lisavarustusse kuulub hüdraulikamootoriga töötav kerimisseade.

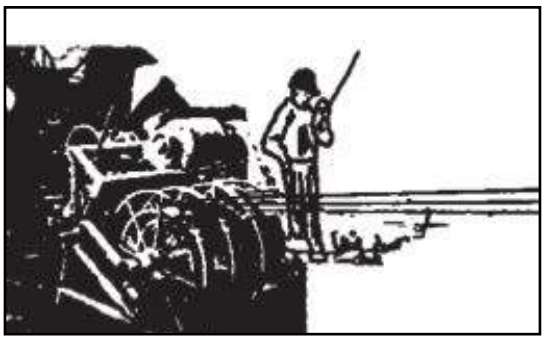
Kasutuskoolitus
Kerimismasinaid on erinevat tüüpi, seepärast toimub nende kasutuskoolituse korraldamine konkreetse masina puhul eraldi.

21.2.2. Juhtmetevedamine kerimismasinaga

Olenevalt olukorrast veetakse samal ajal üht või kolme juhet.
Kerimismasina kasutamisel veetakse juhtmed kohale veotrossiga, mille otsa on juhe kinnitatud.

Töö etapid

1. Veoseadme paigutamine vedamislõigu lõpuossa
2. Veotrossi vedamine veetaval lõigul ja ühtlasi juhtmeveorullikute paigaldamine
3. Trumli paigaldamine trumlipukile



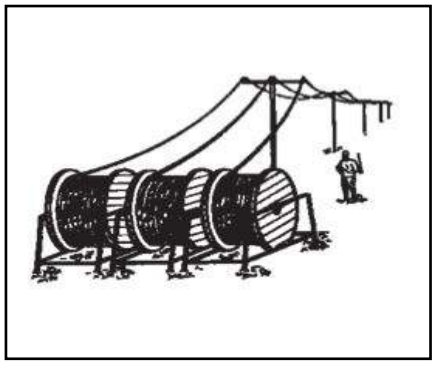
Joonis 341. Veoseadme paigutamine veetava lõigu lõpuossa.

Trummel paigaldatakse piduriga varustatud trumlipukile, trumlit ei ole vaja töö ajal pidevalt jälgida.

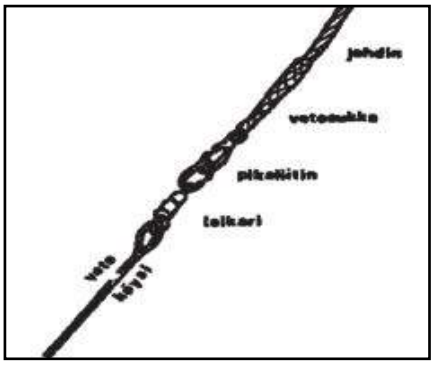
4. Juhtme kinnitamine veotrossi külge

Vahepeal kasutatakse keerdplokki ja juhe kinnitatakse tõmbesukaga.
Kasutatakse ka otsekinnitust veotrossi külge.

Joonis 342. Veotrossi ja samas juhtmeveorullikute paigaldamine.



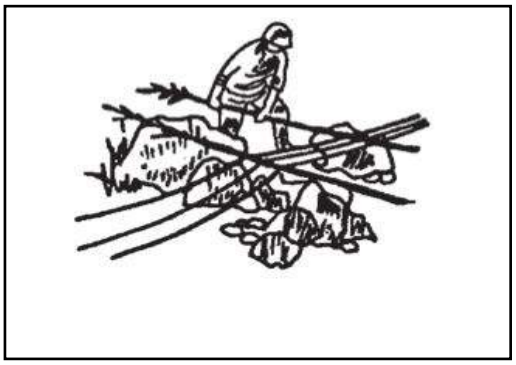
Joonis 343. Trumlid piduriga varustatud trumlipukkidel.



Joonis 344. Juhtme kinnitamine veotrossi külge.

5. Vedamisetapp

Trumlil jälgitakse algul trumlite pöörlemist. Trumli juurest liigutakse juhtme juurde tõmmet kontrollima ning hoitakse raadiotelefoni teel ühendust veoseadme operaatoriga. Liinitrassile paigutunud montöörid ei tohi olla masti otsas, sest masinaga vedamisel võib juhtme või veotrossi külge takerdumine eluohtliku olukorra tekitada. Kui üks faasijuhe on veetud, veetakse veotross uuesti veoteele ja vahetatakse ühtlasi juhtmeveorullikute asukohad. Kui üheaegselt veetakse kolme juhet, ei ole nimetatud toiming vajalik.



Joonis 345. Juhet vigastavate takistuste katmine juhtme vedamisteel.

Teras/alumiinium-, alumiiniumsulamist ja alumiiniumist juhtmete vedamisel tuleb järgida järgmisi käitlusjuhiseid:

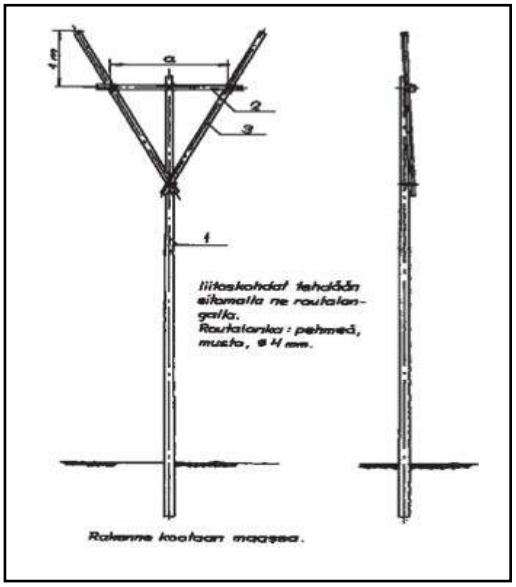
- juhtmeid ei ole lubatud neid kaitsmata vedada piki kivist pinnast, üle okastraat- või kiviaedade või muudes sellistes kohtades, kus juhtmedvõivad viga saada.
- selliste takistuste peale pannakse juhtme kaitsmiseks puid või oksi.
- juhtmete vedamisel tuleb kasutada sobivaidveorullikuid.
- Kaablit juhet ei tohi vedada üle isolaatorikonksude, ka mitte juhtme demonteerimisel
- juhtme pidurdus trumlil peab olema õigesti reguleeritud.
- juhtmeid ei tohi vedada üle äsja kunstväetisega väetatud põldude.

Juhtme osas oleks kõige parem, et juhe ei lohiseks vedamise ajal mööda maad. See on võimalik siis, kui juhtmedon vedamisel piisavalt pingul ja vedamine toimub ühtlaselt.

Juhtmete vedamisel tuleb sageli ületada teid, teisi liine jne. Need ülemineked tuleb teha nii, et töö häiriks kõrvalisi isikuid minimaalselt ja oleks paigaldusbrigaadi jaoks turvaline.

Liiklustrasside läheduses töötamiseks on koostatud eraldi juhised.

Tee ületamisel võib kasutada ületamise pukke, mis paigaldatakse tee servale võimalikult lähedale. Pukid dimensioneeritakse selliselt, et kaablid ei laskuks vedamise ajal tee kohal liiga alla.



Joonis 346. Teeületuspukk.

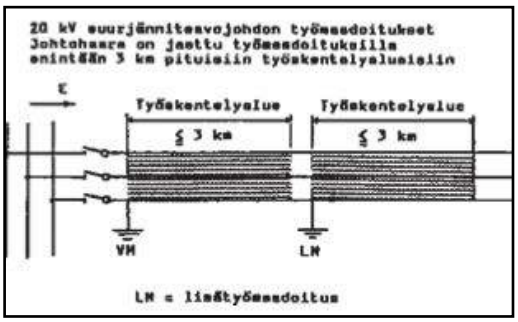
21.2.3. Ehitatava liini töökohamaandus

Soome elektriohutusstandardi SFS 6002 Punkt 6.2.4 Töömaandused
6.2.4.1 Üldist

Riiklikud juhised
" töökohamaandus on oluline turvameede, sest vaatamata väljalülitamisele võib töökoht olla pingestatud kas inimliku eksituse, isolatsiooni purunemise, juhtmeteomavahelise kokkupuute (nt ristumiskohas juhtmetevedamise või remontimise ajal) või muu põhjuse tõttu. Õhuliini või aparaatide lattidel võib lisaks induktsiooni või influsiooni tagajärjel tekkida lähedal olevast kaablit (latist) või ilmastikuolude tõttu ohtlik pinge. Sellistel juhtudel, kus edaspidi nõutakse töökoha maandamist kaitselahutatud aparatuuri osale, millel veel töökohamaandust ei ole, tuleb toimida nii, nagu oleks see lõik veel pingestatud.
Nõue töökohamaanduse tegemiseks kehtib töötamisel sellise aparatuuri osaga, mis on juba kasutusele võetu. Töökohamaanduse kohta kehtivaid nõudeid tuleb rakendada ka sellise ehitatava, aga süsteemiga veel ühendamata seadmestiku osaga, kus võib, nagu eespool kirjeldatud, tekkida ohtlik pinge."

Ehitataval 20 kV õhuliinil kasutatakse töökohamaandusena lisatöökohamaandust.

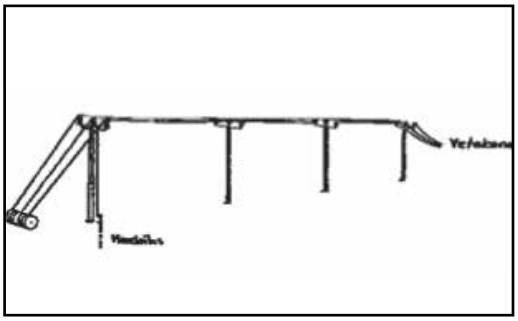
Lisatöökohamaandus tehakse alles siis, kui otsesed töökohamaandused on tehtud. Lisatöökohamaandus tehakse ilmastikutingimustest tekitatud liigpingete ning lähedal paiknevate juhtmete tõttu tekkivate pingete maandamiseks siis, kui tegelik töökohamaandus ei ole töölõigule piisavalt lähedal.



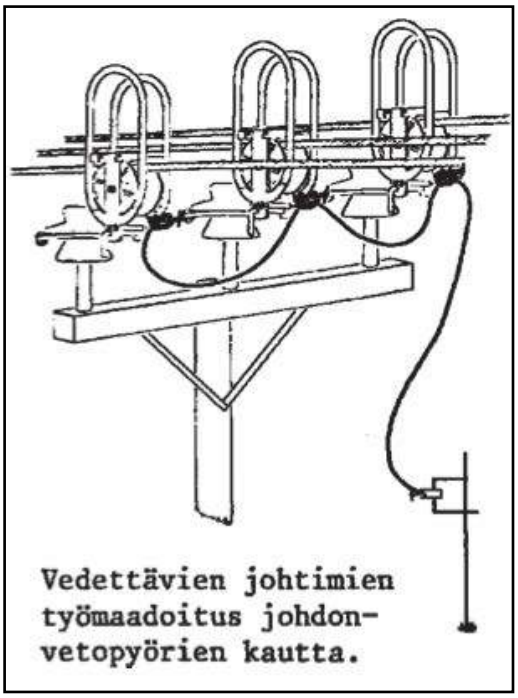
Joonis 347. Töökohamaandusskeem 20 kV õhuliinil.

Lisatöökohamaanduse maanduselektroodina võib kuni 24 kV liini puhul näiteks 0,5 m sügavusele pinnasesse rammitud varrast või püsipaigaldusega maanduselektroodi.

Töölõigu lisatöökohamaandusi tuleb teha vastavalt vajadusele. Kui töö hõlmab kogu liini, tuleb maandusi teha iga 3 km järel.
Lisaks sellele võib töökohamaandust täiendada teistes mastidest üle isolaatorite veetud trossidega ebameeldivate potentsiaalivahede kõrvaldamiseks. Tegelik ja lisatöökohamaandus tuleb loomulikult teha enne juhtmete pingutamist .



Joonis 348. Ehitatav kõrgepingeliin on juhtmeveorullikutevahendusel töömaandatud.



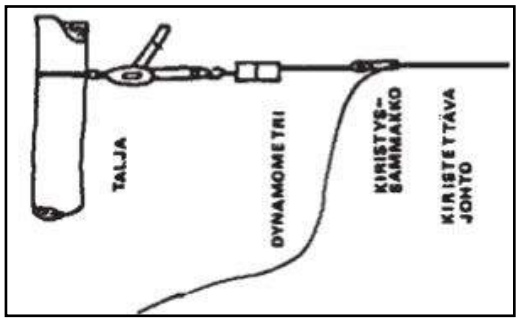
Joonis 349. Kõrgepingeliini juhtmete töömaandamine veorullikuteabil, paigaldusjoonis.

Juhe tuleb maandada ka siis, kui juhejääb näiteks masti külge kinnitatuna võrku ühendamist ootama. Nendel objektidel võib töökohamaanduse tegemiseks kasutada õhuliinide töökohamaandusvahendeid.

21.3. Juhtmete pingutamine

Juhtmete pingutamine toimub tavaliselt üks veetav lõik korraga. Kui lõigul on palju nurki, tuleb pingutusvahemaad vähendada.
Kui töö hõlmab mitut pingutatavat lõiku, tehakse seda enamasti töö kulgemise suunas.

Juhtmedpingutatakse enamasti otse veorullikutel, kuid kui juhtmed on pingutamise ajaks veorullikutelt maha võetud, tuleb need abikinnituse abil tappisolaatorite külge kinnitada. Nurkades tuleb pingutamise ajal kasutada veorullikuid. Kui nurkades kasutatakse veorullikuid, ei ole eraldi veorullik vajalik. Tappisolaatoritele kinnitatav abikinnitus tuleb paigaldada selliselt, et see võimaldaks juhet pingutada, kuid hoiaks selle teiselt poolt ka tappisolaatori kaelal õiges kohas paigal.



Joonis 350. Juhtme paigaldustrossi tekitatud tõmbejõu mõõtmine.

Õige pingsuse fikseerimiseks kasutatakse mõõtmist dünamomeetriga või rippe mõõtmist. Pingutusvahendina kasutatakse vintsi või tali.
Dünamomeeter ühendatakse pingutusseadme ja konnklemmi vahele pingsustmõõtma. Selle hetke temperatuuri mõõdetakse termomeetriga.

Tabel 30. Väljavõte Raven-juhtme paigaldustrossi tekitatud tõmbejõu ja paigaldusrippe tabelitest ACSR 54/9 Raven. Pinguldusmoment 0° juures 45.0 N/mm2 (RJ 8:94).

Paigaldustrossi tekitatud tõmbejõud kilonjuutonites

VISAN G m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
40,0	5,38	4,63	3,89	3,16	2,47	1,85	1,37
50,0	5,32	4,58	3,85	3,14	2,49	1,93	1,49
60,0	5,25	4,52	3,80	3,13	2,51	1,99	1,60
70,0	5,16	4,45	3,75	3,11	2,53	2,06	1,70
80,0	5,07	4,37	3,70	3,09	2,55	2,12	1,79
90,0	4.97	4,29	3,65	3,07	2,57	2,17	1,87
100,0	4,86	4,20	3,59	3,05	2,59	2,22	1,94
110,0	4,74	4,11	3,53	3,03	2,61	2,27	2,00

Paigaldusripped meetrites

VISAN G m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
40,0	0,08	0,09	0,11	0,13	0,23	0,31	0,40
50,0	0,12	0,14	0,17	0,21	0,27	0,34	0,44
60,0	0,18	0,21	0,25	0,31	0,38	0,48	0.60
70,0	0,25	0,29	0,35	0,42	0,51	0,63	0,76
80,0	0,33	0,39	0,46	0,55	0,66	0,80	0,95
90,0	0,43	0,50	0,59	0,70	0,83	0,99	1,15
100,0	0,55	0,63	0,74	0,87	1,02	1,19	1,37
110,0	0,68	0,78	0,91	1,06	1,23	1,41	1,60

Lõplik pingutamine toimub selliselt, et juhe tõmmatakse esmalt 5...15 °C paigaldustingimustest madalamale temperatuurile vastava pingsuseni, seejärel antakse veidi järele, kuni saavutatakse valitsevale temperatuurile vastav pingsus. Pingsustabelite koostamisel on arvestatud alumiiniumjuhtmete venimist.

Pingutusseadmena on hea kasutada vintsi, millel on pikk tõmbevaru. Pingutatud juhtmedankurdatakse pingutusmasti külge. Sageli pingutatakse juhtmeidka otse masti otsa.

Pingutatud liinilõigu esteetilise välisilme tagamiseks tuleb dünamomeetriga mõõta esimese juhtme pingsuse õigsust ning kontrollida, et teiste juhtmete ripe vastaks esimesena pingutatud juhtme rippele. Rippe kontrollimisel võib abivahendina kasutada niinimetatud tagasipöörduva laine meetodit . Montöör teeb katkestamata mastivahes samaaegse löögi pingutatud ja pingutamata juhtme pihta ja pressib pärast lööki juhtmeid käte jõul. Löögist tekitatud lööklaine naaseb löömiskohta. Kui tagastumisaeg on kummaski juhtmes sama, on pingsus võrdne.

Kui pingutatavas juhtmespöördub laine kiiremini tagasi, on see juhe liiga pingul, kui aeglasemalt, on juhe liiga lõtv.

Pärast ühe veetud lõigu pingutamist ankurdatakse juhtmed ajutiselt kas masti külge või maha jalami külge või üles masti otsa. Kuhtmete ankurdamiseks tuleb kasutada sellist meetodit, mis juhtmeid ei kahjustaks. Kasutuskõlblik ankurdusvahend on umbes 1,5 m pikk terastrossiga varustatud konnklemm trossi teises otsas on konks trossi masti ümber kinnitamiseks.

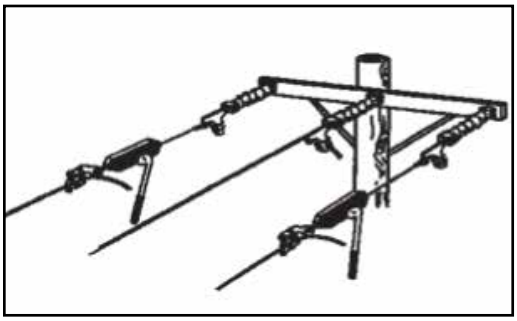
Joonis 351. Pingutatud juhtmeteankurdamine masti külge.

21.4. Juhtmete lõpetamine

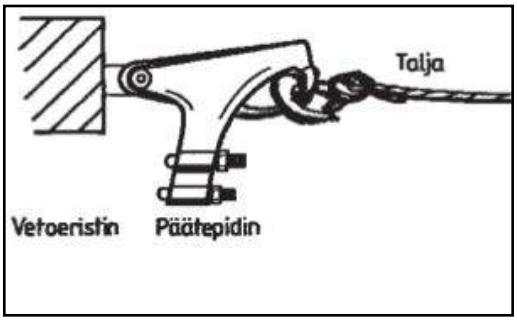
Lõpumastis on juhtmed enamasti alguses pingutatud masti külge ja hiljem tõstetakse õigele kohale lõpumasti otsa. Pingutamisel peab arvestama, et juhtmetele jääks võimalikuks ühendamiseks veel piisavalt pikkust.

Juhtmed tuleb enamasti lõpetada lõputraaversi külge. Ka siis tuleb arvestada ohutuid vahekaugusi pingestatud liiniosadest.

Äärmised juhtmedpingutatakse üheaegselt, et traavers ei vääduks (vt joonis 344).



Joonis 352. Juhtmetepingutamine lõputraaversi külge.



Joonis 353. Tali konksu kinnitamine lõpukanduri külge.

21.5. Juhtmete sidumine

21.5.1. Eeskirjad ja juhised

Standardi SFS-EN 50341-3-7 riiklikult kehtiv nõue sätestab:
” FI.1 Käiduga seotud tegurid
Juhtmekinnitus peab olema selline, et juhe ei hakkaks juhtme kõrvalolevas visangus katkemise tagajärjel kinnituskohas libisema. - - - ”

Juhisena võib kasutada väljaandes A4-93 Tugevvooluõhuliinid sidumise kohta antud nõudeid (VIM 3.2.1.4.):
“ c. Kinnitus ja riputamine
Juhe ja kandetross tuleb kinnitada või riputada nii, et see paigalduse või käidu ajal ei kahjustuks.

Kui juhe kinnitatakse tappisolaatori külge traadiga sidudes, tuleb juhe siduda sirgel liinilõigul isolaatori külgsoonde masti poolele või tipusoonde ning nurgas isolaatori külgsoone välisnurga poolele.

Tugevdatud ehitusega õhuliinil peab juhtme kinnitus olema selline, et juhe ei hakkaks juhtme kõrvalolevas visangus katkemise tagajärjel kinnituskohas libisema ..”

Juhised sidumiseks

Ära vigasta juhet!
Kaabel tuleb kinnitada selliselt, et see paigaldamise või kinnitamise käigus viga ei saaks:
- Paigaldamise käigus välditakse juhtme vigastamist sellega, et paigaldamisel ei kasutata mingeid tööriistu või kasutatakse ainult spetsiaalselt selleks tööks ettenähtud töövahendeid.
- Käidu ajal kahjustumist välditakse kaitstes juhet isolaatori või juhtme materjalist kõvema materjali vastu hõõrdumise või kokkupressimise eest

Ära unusta õiget kinnitusviisi!
Kui juhe kinnitatakse tappisolaatori külge traadiga, tuleb see siduda:
- Sirgel liinilõigul isolaatori külgsoonde masti poolele või tipusoonde.
- Nurgas isolaatori külgsoone välisnurga poolele.

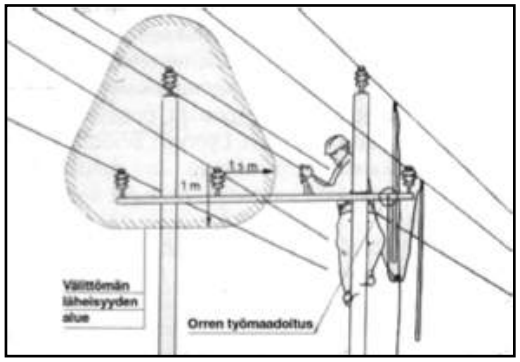
- Sidumisel tuleb arvestada juhtme raskusest tekitatud koormust ning siduda juhe teistest kõrgemal olevas isolaatoris selle tipusoonde.

Mittelibisev ühenduskoht:
- Juhe ei tohi hakata juhtme kõrvalolevas visangus katkemise tagajärjel kinnituskohas libisema eriti siis, kui õhuliin on tugevdatud ehitusega.

Pane tähele, et külgsoonde sidumise kohta kasutatakse väljendit, juhe seotakse isolaatorile kaela.

21.5.2. Tööohutus

Kui töötatakse paralleelsetel kaheahelalistel liinidelvõi kui üks liinideston pingestatud, tuleb hoolitseda selle eest, et töötaja ühegi kehaosaga, tööriistaga või tarvikuga ei ulatuks pingestatud alale (vt SFS 6002, Lisa I). Pingestatud alale sattumine on lihtne, kui nt ühendustraati käsitsetakse hoolimatult ja seda ei ole otstarbekohaselt painutatud.



Joonis 354. Sideme tegemine topeltliinilvt traaversi töökohamaandust, mis kõrvaldab ohu, kui pingestatud liini isolaator on purunenud.

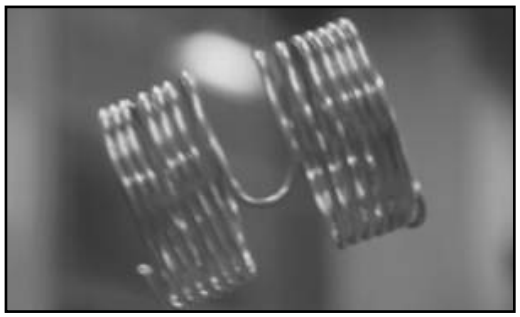
21.5.3. Sidumistraat

Sidumistraadina kasutatakse Al 16 ja Al 25 lõõmutatud alumiiniumtraate. Tabelis 27 on toodud sidumistraatide pikkused tavalistel juhtmetel.

Tabel 31. Sidumistraadi pikkus tavalisematel õhujuhtmetel

		Sidumisstraadi pikkus/m	
Juhtme mark	Sidumis-traat	Külgsoone side	Tipuside
Swan	Al 16	3,2	3,6
Fersemal 25	Al 16	3,2	3,6
Sparrow	Al 16	3,4	3,9
Raven	Al 16	3,7	4,3
Pigeon	Al 25	4,5	4,8
Al 132	Al 25	4,8	5,2

Nagu eespoolt toodud tabelist nähtub, on vajalikud sidumistraatide pikkused sellised, et sirge sideme käsitsemine on ebapraktiline ja pingestatud osade läheduses eluohtlik.
Käsitlemise hõlbustamiseks on sidumistraat keritud poolile, mille läbimõõt on umbes 100 mm.



Joonis 355. Sidumistraadipool.

Poolid võib juba nt laos või töökojas valmis kerida ning nende kerimisel võib kasutada lihtsaid manuaalseid poolikerimisseadmeid. Seade tuleb töö ajaks tugevasti nt kruustangide vahele kinnitada, et traadi saaks võimalikult tihedasti silindrile kerida. Sidumistraat painutatakse keskelt keskmise tapi mõlemale poole ja keritakse poolile kahel pool keskmist tappi. Kui traat on tervenisti keritud, keskmine tapp eemaldatakse ja valmis sidumistraadipool võetakse silindri pealt maha.
Kasutusel on ka teisi kerimisviise.

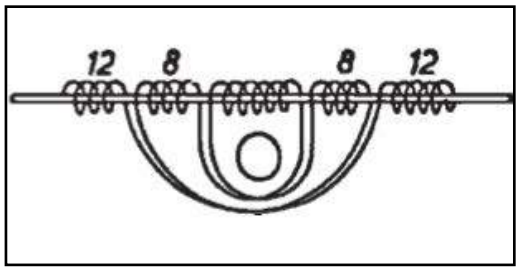
Joonis 356. Sidumistraadipooli valmistamine.

Joonis 357. Valmis külgsooneühendus.

21.5.4. Sidumine külgsoonde

Kui juhe seotakse isolaatorite külge, kasutatakse enamasti külgsoonde sidumist. See sidumisviis on tavaline võte sirgetel liinilõikudel ja nurkades.
Hea sideme saavutamiseks tuleb:

- Sidumistraat tihedalt nii juhtme kui ka teise traadi keermete ümber keerata.
- Sidumistraadi kerimissuund peab langema kokku juhtme soonte suunaga.
- Sidet peab olema võimalik teha ja lahti võtta ilma töövahenditeta. Sellega välditakse juhtme juhusliku vigastamise võimalikkust. Kuna tööriistade kasutamine ei ole vajalik, võib juhtmeotsa viimistletud lõpetamisega raskusi tekkida. Selle ärahoidmiseks ei püüta viimast traadiotsa piki juhet tihedalt kokku suruda, vaid traadiotsad painutatakse juhtme suunas sideme või juhtme peale. Sidumistraadi otsa ei tohi jätta orana püsti, sest lühisvoolud võivad sellise ora põlema panna ja selle tulemusel ka juhet vigastada.



Joonis 358. Külgsoonesideme sidumisskeem

Külgsoonesideme sidumisskeemis on kujutatud sidumispõhimõtet. Keskmise osa kerimist alustatakse sidumistraadi keskelt ja keritakse samas ulatuses mõlemas suunas.

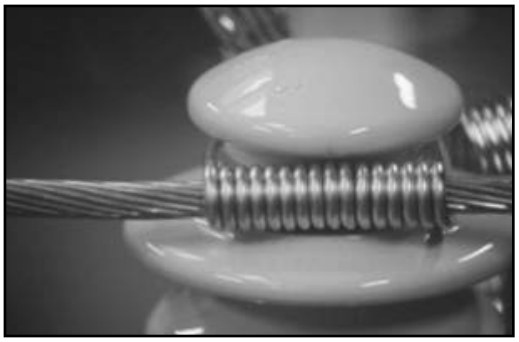
Tähelepanu tuleb pöörata lisaks eespool toodud juhistele ka järgmisele asjaoludele:

- Keskel olev lõik, mis moodustab juhtme kaitsepooli, peab olema nii pikk, et sidumistraat ja juhe moodu staksid võimalikult täisnurkse ühenduse sidumistraadi ja isolaatori kaela vahel.
- Kaitsepooli kerimiseks tuleb isolaatoril SH-24: kerida Al 16 traadiga 18 keeret ja Al 25 traadiga 15 keeret ning isolaatoril SDI-37: Al 16 traadiga 22 keeret ja Al 25 traadiga 17 keeret
- Kui sidumistraat viiakse juhtmelt isolaatori kaelale, tuleb meeles pidada, et sidumistraat, mis lähtub juhtmest kõrgemalt, tuuakse ümber isolaatori kaela uuesti juhtmele sellest kõrgemal. Ja vastavalt altpoolt lähtunud traat tuleb tagasi juhtmest allapoole.
- Kaitsepoolile järgnevaid sidumistraadikeermeid peab olema 8 ja viimase lõigu keermete arv on 12.

Kui juhe on isolaatori külgsoones valmis, alustatakse sidumist (joonis 359), esimesena tehakse kaitsepool.

Joonis 359. Kaitsepooli tegemine.

Praktikas tuleb kaitsepool teha isolaatori kõrvale. Kui kaitsepoolil on piisavalt traadikeermeid, keeratakse mõni keere maha ja viiakse isolaatori külgsoonde lõplikku asukohta.

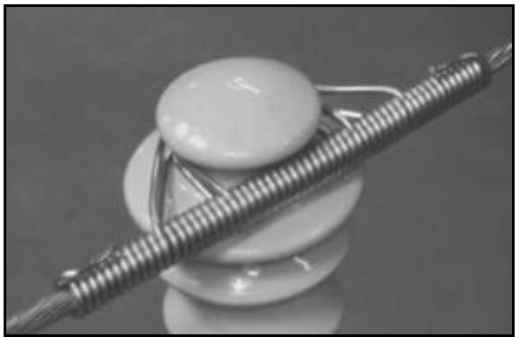


Joonis 360. Pool pingutatakse kohale.

Pool pingutatakse kohale (joonis 360). Õigesse kohta pingutatud kaitsepooli pikkus on ligikaudu sama kui isolaatori kaela läbimõõt. Sellest tulenevalt jäävad sidumistraadid juhtmelt täisnurga all isolaatori külgsoonde.

Joonis 361. Sidumistraadid isolaatori külgsoones.

Pärast isolaatori ümber ringi tegemist tuleb sidumistraat tagasi juhtmele kaitsepooli teise otsa (joonis 361). Juhtme kohalt lähtunud traat tuleb tagasi juhtme kohale ja altpoolt lähtunud traat juhtmest allapoole. Sidumistraat viiakse isolaatori külgsoonde ja tõmmatakse pingule. Selle töö käigus tuleb jälgida, et kaitsepooli mõlemast otsast lähtunud traadid ei ristuks ja paigutuksid täpselt paralleelselt külgsoone keskele.



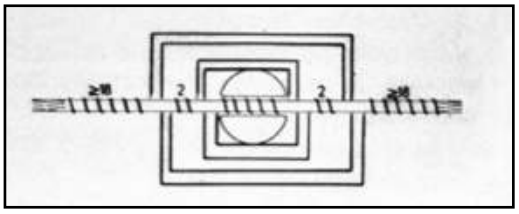
Joonis 362. Sidumine külgsoonde ei tohi juhet painutada.

Külgsooneside võib kergesti juhet painutama hakata, kui isolaatori kaela ümber olevaid traate liiga palju pingutatakse. Sidumisel tuleb seda arvestada. Sidumiskoht peab olema vastupidav, kuid ei tohi juhet painutada ega vigastada.

21.5.5. Sidumine tipusoonde

Joonis 363. Sidumine tipusoonde.

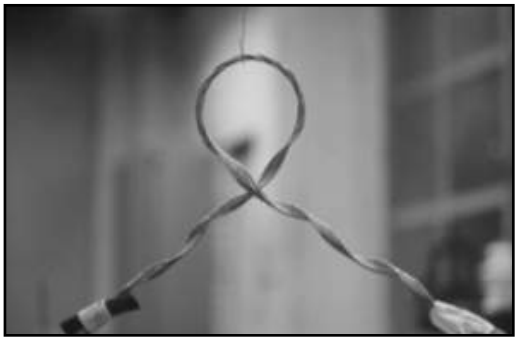
Sidumist tipusoonde (joonis 363) kasutatakse üha rohkem, sest juhtmete ristlõiked suurenevad ja tipusoonde sidumisviis talub suuremat vertikaalset koormust. Samas tuleb arvestada, et see sidumisviis ei sobi kasutamiseks nurgamastides, vaid ainult sirgetel liinilõikudel. Seda kasutatakse eriti siis, kui ühe masti isolaator on ebatasase maastiku tõttu teise masti isolaatorist kõrgemal.



Tipusoonde sidumisel kehtivad samad juhised nagu külgsoonde sidumisel.

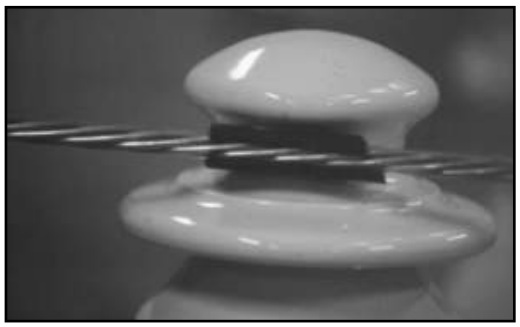
Joonis 364. Tipusoonde sidumise sidumisskeem.

21.5.6. Eelpingutatud spiraalside



Joonis 365. Eelpingutatud spiraalsidekülgsoonde sidumiseks.

Sidumine külgsoonde või tipusoonde võib toimuda ka eelpinguldatud spiraalsidemega (joonis 365). Sideme juurde kuulub juhtme kaitsmiseks mõeldud poolitatud kummiga pehmendatud detail, mis on kinnitatud tavaliselt kleeplindiga sideme teise otsa. Sideme ühes otsas on tähistussilt, millel on märgitud, millise juhtme jaoks see side on mõeldud.



Joonis 366. Pehmenduse paigaldamine juhtme alla.

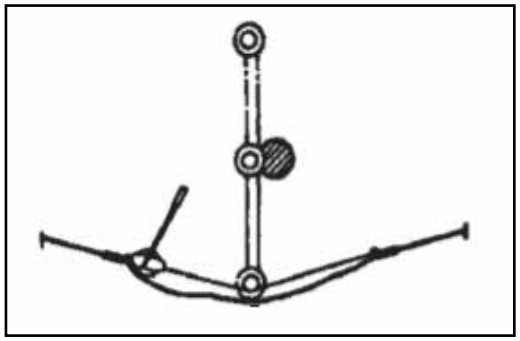
Sidumist selle sidemega (joonis 366) alustatakse paigutades kummipehmendi juhtme ja isolaatori kaela vahele nii, et juhe jääb pehmenduse sisse. Kummi ülesandeks on kaitsta juhet isolaatori vastu hõõrdumise eest.

Joonis 367. Kahe spiraalsideme kasutamine.

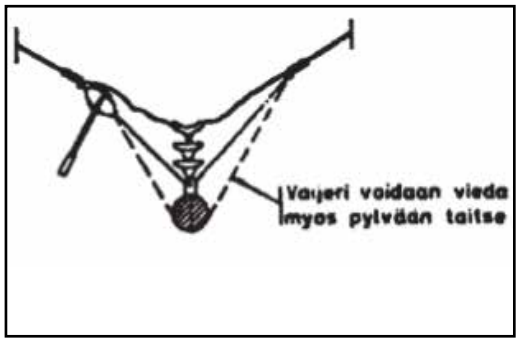
Sidumist alustatakse traadi juhtme ümber kerimisest. Tänu sideme kujule on seda tööd kerge teha. Sidumisel ei tohi kasutada tööriistu, tööd tuleb teha käsitsi.

21.5.7. Sidumise abivahendid

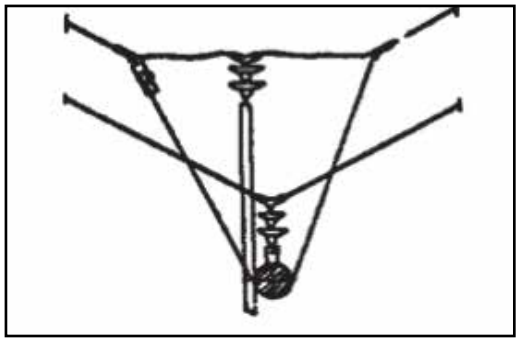
Alumiiniumjuhtme peale tuleva kaitsepooli kohale paigutamine on nurgamastidel töömahukas. Abivahendina võib kasutada tali, mille mõlemas otsas on konnklemmid. Tali abil tõmmatakse juhe kaitsepooli paigaldamisel ajaks lõdvale.
Sama meetodit võib kasutada ka tõmbeisolaatorinurgas nurgakanduri paigaldamisel.
Töötaja peab oma ohutuse tagamiseks asetuma sidumise ajaks välisnurga poolele.



Joonis 368. Juhtme lõdvendamine välisnurgas kaitsepooli paigaldamiseks.

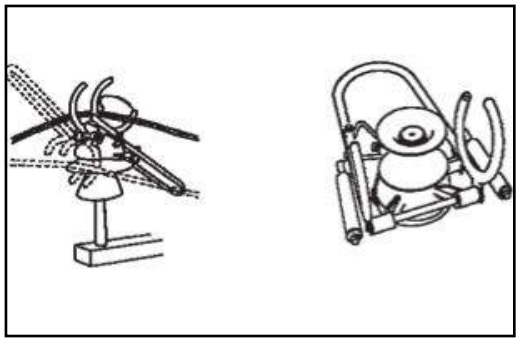


Joonis 369. Trosstali kasutamine rippisolaatoriga nurgamastil.



Joonis 370. Trosstali kasutamine traaversiga nurgamastil.

Objektidel, kus mast on teistest mastidest kõrgemal, võib juhtme käsitsi tõmbeisolaatori tippu tõstmine võimatuks osutuda.
Sellisel objektil tuleks kasutada sellistjuhtmeveorullikut, mille ehitusse kuulub ka juhtme tõstemehhanism.



Joonis 371. Tõstemehhanismiga varustatud juhtmeveorullik.

Sidumise käigus eemaldatakse mastide otsast juhtmeveorullikud. Rullikuid ja ka muid seadmeid ei tohi masti otsast lihtsalt alla kukutada. Kasutuskõlblik lahendust on kasutada köit, mille abil tarvikud saab masti otsast alla lasta või vastupidi, masti otsa tõmmata.

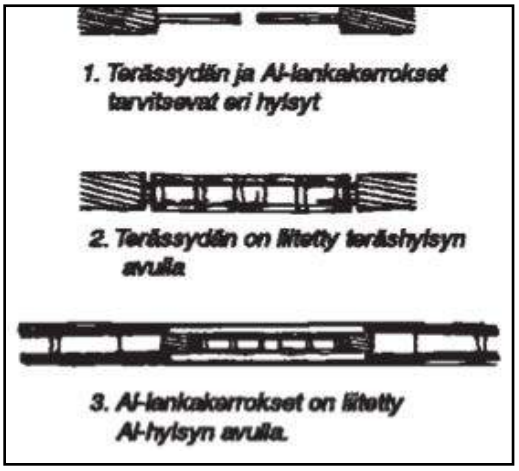
21.6. Juhtmete jätkamine ja hargnemine

Üldist
Standardi SFS-EN 50341-3-7 riiklikus nõudes on sätestatud:
" FI.1 Käiduga seotud tegurid

" Ristuvas visangus tuleb vältida ühenduskoha sattumist keskmisse visangusse"

Ühenduskohti ei tohiks paigutada teisest ühenduskohast või lõpukandurist alla 3 kaugusele, sest ühenduskoha tugevus põhineb eriti terasalumiiniumist juhtmete puhul osaliselt terastraadi ja alumiiniumsoonte vahelisel hõõrdumisel.

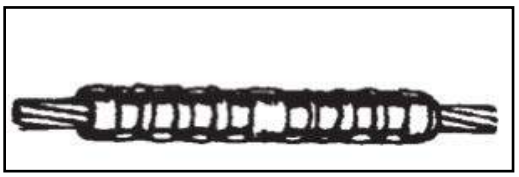
Kokkupressitavad ühenduskohad
20 kV liinidel kasutatakse tavaliselt ühe pressklemmiga ühenduskohti. Suuremate ristlõigetega teras/alumiiniumist juhtmeid jätkatakse kahest pressklemmist koosneva liitekohaga, siis jätkatakse mitmesoonelist terastrossi eraldi klemmiga ja selle peale paigutatakse alumiiniumist pressklemm.



Joonis 372. Kahest pressklemmist koosnev ühenduskoht.

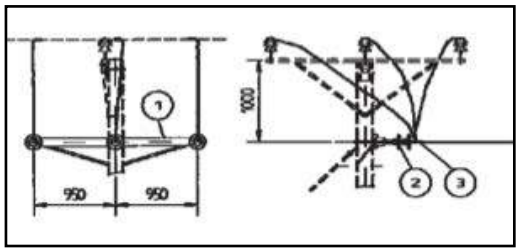
Kiilühendused

Kiilklemmide abil saab õhuliini juhtmeid jätkata ilma paigaldustööriistadeta. Klemmides on jätkuhülsi sees hammastega kiilud, mis püsivad paigal vedrude jõul. Klemmide otstes on lisaks terasest suundotsikud ja plastist suundotsikud ning jätkuhülsi keskel vahesein.
Juhtme jätkamist ühe pressklemmiga ja kiilühendusega on kirjeldatud eespool AMKA kandetrossi jätkamist käsitlevas lõigus.



Joonis 373. Ühest pressklemmist koosnev ühenduskoht.

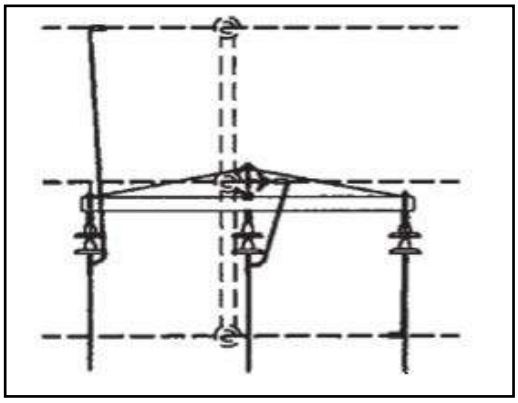
Näide juhtme hargnemisest:



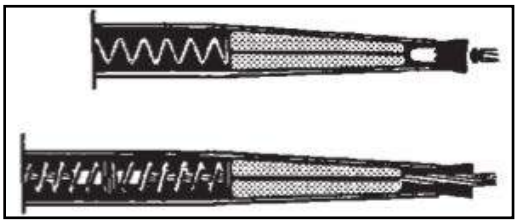
Joonis 375. Näide juhtme hargnemisest.

Detailid joonised:

1. Lõputraavers	1 tk
2. Pingutuskett	3 tk
3. Puuteklemmid	3 tk



Joonis 376. Juhtme hargnemine, vaade ülalt.

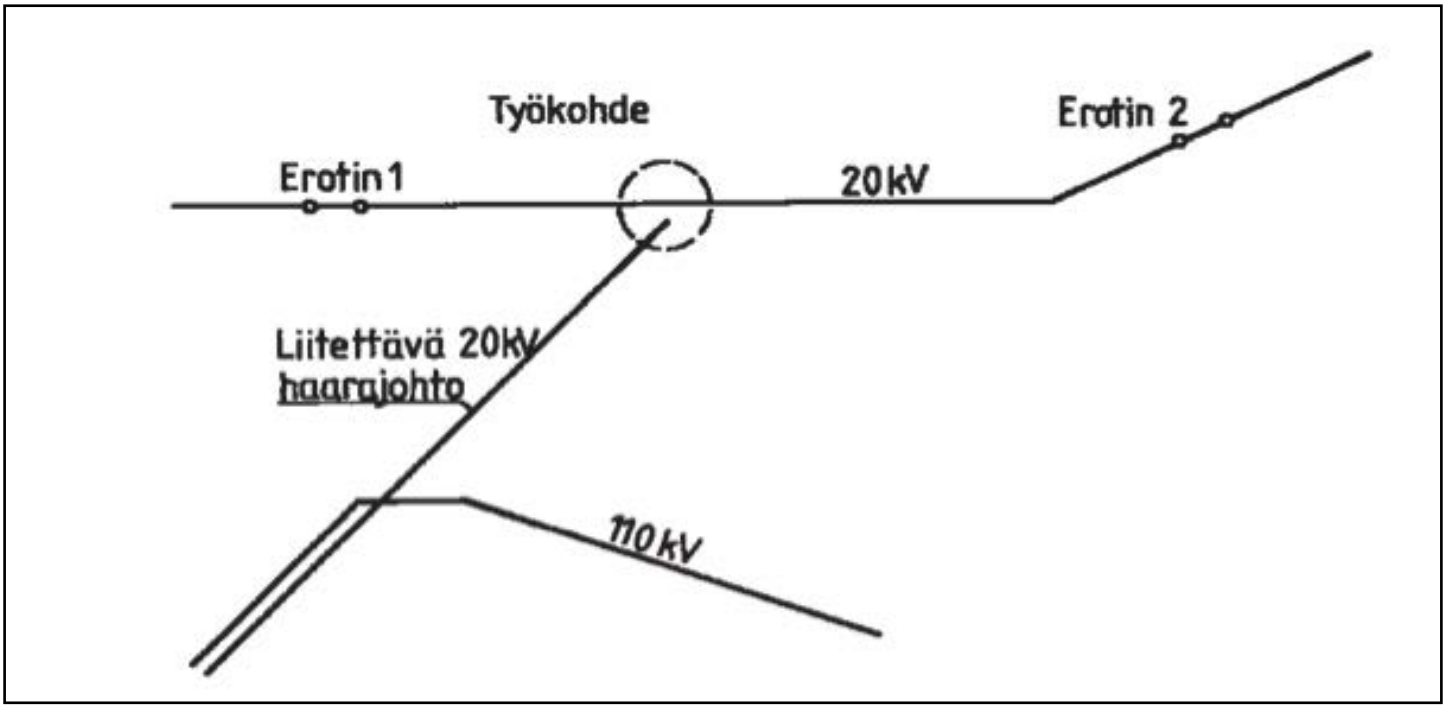


Joonis 374. Kiilühendus.

Paigaldusjuhend;
- Ühendusjuhtmetena kasutatakse hargneva liini juhtmeid, mis on veetud tervikunaläbi ankruklambri.
- Ühendusjuhtmete vahekaugus masti pingestamata osadest peab olema vähemalt 220 mm.
- Ühendusjuhtmete vahekaugus üksteisest peab olema vähemalt 220 mm, kuid otstarbekohane oleks kasutada suuremat vahekaugust, näiteks on 350 mm.
- Ühendusjuhtmed paigaldatakse selliselt, et need on pingul, kuid ei tõmba magistraalliini ühenduskohta nii palju, et juhe painduks.
- Ühenduskoht teostatakse alumiiniumjuhtmete puhul ettenähtud viisil.
- Enne ühendamist kontrollitakse faaside järjestust.

21.7. Toite katkestusega liini ühendamine kasutuses oleva võrguga

Alljärgnevalt on näidise abil käsitletud neid meetmeid, mida tuleb rakendada enne, kui saab alustada haruliini ühendamist kasutusel oleva magistraalliiniga.



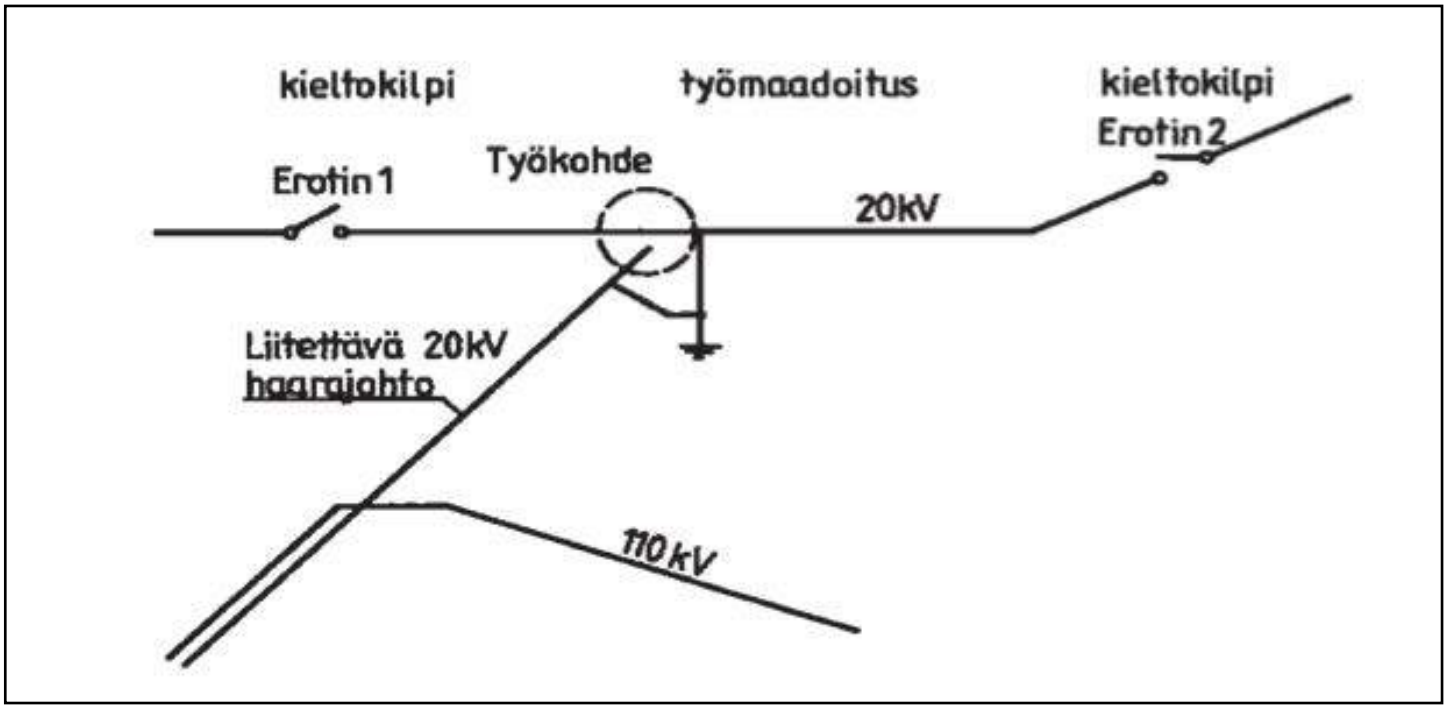
Joonis 377. Haruliini ühendamine 20 kV ringliiniga. Lähedal paikneb 110 kV liin.

Haruliin on juba varem valmis tehtud, kuid seda ei ole saanud magistraalliiniga ühendada. Magistraalliinile võib toite tagada kahest suunast, kuid haruliin ei ole energiaallikaga ühendatud.
Haruliin kulgeb pikalt 110 kV liini kõrval ning läheb selle alt läbi. Magistraalliiniga samade mastide otsas on AMKA.

Magistraaliin on ringliin, kuhu saab toidet andakahest suunast. Haruliini ei ole energiaallikaga ühendatud, seega tagasitoite ohtu ei ole. Kui tegemist on pika liiniga, võivad ohtlike olukordi põhjustada tagasitoitega võrreldavalt varugeneraator, laenguga kaablid ja kondensaatorid, äike või lähedal paiknev liin nagu antud juhul

Töökoha ettevalmistamine ühendamiseks.

Toitekatkestusplaan näitab, et töökoht tuleb teha pingetuks, lahutades 20 kV lahklülitid 1 ja 2, mis lukustatakse avatud asendis ja varustatakse keelavate siltidega „Ära ühenda – töö pooleli“. Magistraalliin töömaandatakse töökohal. 110 kV liin tekitab (pingestamata) 20 kV haruliini ohtliku pinge, seega tuleb haruliin töömaandada, kuigi seda ei ole veel energiaallikaga ühendatud. Töökohamaandused tuleb ühendada üksteisega, et töötaja ei satuks ühendustöö ajal vooluringi osaks.



Joonis 378. Haruliini ühendamine 20 kV ringliiniga elektritoite katkestamisega. Lähedal paikneb 110 kV liin.

Joonis 379. Välispaigalditesse sobiv pingeindikaator

Magistraalliin tuleb loomulikult töömaandada ja ka haruliin tuleb antud juhul töömaandada 110 kV juhtme tekitatud pinge tõttu. Töökohamaandused tuleb üksteisega ühendada, seega on antud juhul mõlema töömaandusvahendi maandurid ühendatud sama maanduselektroodi külge.

Pingeindikaatori seisukorda tuleb kontrollida enne pingetusekontrolli. Joonisel kujutatud pingeindikaatoriga kontrollitakse pingetust sisseehitatud testimisseadme abil. Pingetust kontrollitakse igas faasijuhtmes eraldi. Pingeindikaatori puuteelektrood peab kontrollitavat juhet puudutama.

Pingetuse kontrollon vajalik ka haruliinil. Pingetuse kontrolliltuleb jääda ohutu kaugusele töömaandatavatest juhtmetest, mistõttu enne haruliini pingetuse kontrollimiston kontrollitudmagistraalliini alumiste faaside pingetus ja need on ka töömaandatud.

Töömaandamist alustatakse kõige lähematest ehk alumistest juhtmetest. Magistraalliini keskmine faas töömaandatakse alles pärast haruliini töömaandamist.

Antud juhul piisab magistraalliinile ühest (lühisvoolu taluvast) töömaandusest, sest töö toimub ühe masti otsas ning ükski juhe ei ole katkenud või juhet ei lõigata.

Magistraalliini alumiste faaside töömaandamise järel fikseeritakse haruliini pingetus ja töömaandatakse haruliin. Haruliini töömaandus on antud juhul tüübilt lisatöömaandus, mille eesmärgiks on kõrvaldada 110 kV liini põhjustatud induktiivpinge.
Töö tehakse antud juhiseid järgides. Enne töö alustamist tuleb veenduda, et töökoht on ohutu, töökoha ega selle vahetusse lähedusse ei jää pingestatud osi.

Pärast töö lõpetamist korjatakse töökohas kokku kõik töövahendid ja tarvikud ning veendutakse selles, et tööd on kõikides lõikudes lõpetatud ja töötajad on lahkunud. Töömaandus eemaldatakse, alustades magistraalliini kõige ülemisest faasist, seejärel eemaldatakse haruliini töömaandus ning 20 kV juhet ja AMKA ühendav töömaandus. Lõpuks eemaldatakse magistraalliini alumiste

faaside töömaandus. Enamasti tuleb lisatöömaandus eemaldada enne töömaandust, kuid haruliini lisatöömaandus on antud juhul lühist taluv. Viimasena eemaldatakse maandusjuhid maanduselektroodi küljest.

21.8. Tööd kasutuses oleval liinil

20 kV õhuliinidel töötatakse enamasti siis, kui juhtmed ei ole pingestatud. Sellisel juhul tuleb juhtmed töömaandada eespool punktis 21.7 kirjeldatud, standardis SFS 6002 punkti 6.2.4 nõuetele vastaval viisil.
Elektriala spetsialist (Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsus nr KTM 516/1996) võib teha tööd pingestatud osade läheduses, kui ta järgib töölõigu osas standardis SFS 6002 punktis 6.2.5 toodud juhiseid. Juhtmetel võib teha ka pingealuseid töid standardi SFS 6002 punktis 6.3 toodud nõudeid järgides.

21.9. Pingealused tööd

21.9.1 Üldist

Alates 1996. aastast on Soomes teostatud 20 kV õhuliinidel lülitusi pingealuse tööna. Töömeetodina on kasutusel nn. lühikese varda meetod, kus montöör töötab pingestatud töölõigust väljaspool ja ulatub pingealuse töö piirkonda ainult isoleeritud pingealuse töö töövahendite abil.

Soome elektriohutusstandardi SFS 6002 pingealuse töö üldiste tingimuste kohta on sätestatud, et kui töölõigu pingetuks tegemine põhjustab suuri ebameeldivusi, võib teatud töid teha ka siis, kui aparatuur on pingestatud ja on täidetud järgmised tingimused:

- Pingealuse töö tegijal peab olema piisav pädevus ja eriväljaõpe
- Pingealuses töös tuleb rakendada töömeetoditest tulenevaid turvameetmeid ning kasutada nõuetekohaseid töö- ja kaitsevahendeid.

Soome Elektrikontrollikeskuse poolt 22.2.1996 kinnitatud R10-JÄNNITETYÖKIRJA sisaldab juhiseid 20 kV õhuliinide pingealuste tööde tegemiseks. Pingealuse töö käsiraamatusse on tehtud 2000. aastal täiendusi ja lisatud standardist SFS 6002 tulenenud muutused.

21.9.2 Pingealuse töö klassid

Suunisena mõeldud klassifikatsiooni eesmärgiks on tuua selgust tööde grupeerimisse, juhiste koostamisse, koolituse kavandamisse ja töö teostamisse.

Kategooria 1
Lihtsad tööd, kus pingestatud osi ei kinnitata ega monteerita lahti. Näiteks linnupeletuspallide paigaldamine.

Kategooria 2
Ühendustööd, näiteks haruliini, trafo või kaabli ühendamine ja vastavad tööd.

Kategooria 3
Tööd, kus tööriistale on suunatud mehhaanilised jõud, näiteks traaversi või masti vahetamine erimeetmetega või vastavad tööd.

21.9.3. Tööohutus pingealusel tööl

Pingealune töö on sama ohutu kui mistahes muu elektritöö, kui selle tegemise põhitingimuste täitmine tagatud. Eriti hoolikas tuleb olla järgmiste tingimuste täitmisel:
a) töötajate sobivus pingealuseks tööks
b) ettevõtte pingealuse töö töökorraldus

c) piisavad erialased oskused
d) piisav ja põhjalik pingealust tööd käsitlev eriväljaõpe
e) õiged töövahendid
f) töö eelnev planeerimine
g) õigesti korraldatud töövahendite hooldus
h) töö teostamisse kaasatud toetus ja täienduskoolitus

21.9.4 Paljasjuhtmetega 20 kV õhuliinidel lubatud pingealused tööd

1. Haruliini külge ja lahti ühendamine, seda võib teha lõikudel, kus haruliini traavers on üle 1,5 m kaugusel magistraalliini traaversist.

Joonis 380. Haruliini ühendamine 20 kV magistraalliiniga pingealuse tööna.

2. Juhtme lahklülitiga lahku ühendatava haruliini kinni ja lahti ühendamisel ühendatakse lahklülitist magistraalliiniga; võib teha töölõikudel, kus haruliini traavers on üle 1,5 m kaugusel magistraalliini traaversist.

3. Koormamata maakaabli külge- ja lahtiühendamine; kaablilõpumuhvile tuleb teha töömaanduspunkt lülituse teostamiseks ja võib teha objektidel, kus peakarkassi ülemine kinnituskruvi on üle 1,5 m kaugusel magistraalkaabli traaversist.

Joonis 381. Koormamata maakaabli ühendamine 20 kV magistraalliiniga pingealuse tööna.

4. Haruliini lahti ühendamine, kui hargnev juhe on ühendatud tavaliste klemmidega; on võimalik teha, kui hargnev juhe on magistraalliinist piisavalt kaugel.

5. Linnupeletuspallide paigaldamine, on 1. kategooriasse kuuluv töö.

Nüüd on kasutusel ka 3. kategooria tööd. Võimalik on 20 kV õhuliini masti välja vahetamine või masti tipukonstruktsiooni väljavahetamine. Sellest on detailsemalt juttu lõigus 28. Vana juhtme käsitsemine.

Õhuliinidel võib pingealuse tööna teha ka näiteks lahklülitite hooldust ja paigaldamist. Sellest on detailsemalt juttu lõigus 27. Juhtmete lahklülitid ja lahklülititega alajaamad.

21.10. 20 kV õhuliinide tähised

21.10.1. Üldist

Hoiatussilte on vaja elektriaparatuurile hoiatama ohtude eest, mis seostuvad poolelioleva tööga või elektriaparatuuri kasutamisega, ja ohtude eest, mis tulenevad elektriaparatuuri ehitusest. Elektriaparatuuri ehituse

eest hoiatavate siltide kasutuselevõtu kohta on sätestatud standardites SFS 6000, SFS 6001 ja õhuliinistandardis SFS-EN 50341-3-7.

21.10.2. Eluohtlik -silt õhuliini masti otsas

Hoonete või liiklustrasside läheduses olevat mastid ja 20 kV õhuliini ja sidejuhtme ühiskasutuses olevad mastid tuleb varustada standardis SFS 6002 kirjeldatud sildiga „Eluohtlik“.

21.10.3. 20 kV mastide ühise kasutuse eest hoiatav lint

Iga ühises kasutuses olev mast, ka ajutine, tuleb varustada kollase, 20 mm laiuse hoiatusrõngaga, mis kinnitatakse masti otsa korrosioonikindlate naeltega.
20 kV õhuliinil hoiatusrõngas tuleb kinnitada alumisest pingestatud osast allapoole vähemalt 1,22 m vertikaalsele lõigule.

21.10.4. 20 kV õhuliinivõrgu faasijärjestuse tähistamine

Faasijärjestuse tähistamine on sageli vajalik kohtades, kus on olemas faasijärjestuse segunemise oht. Sellisteks kohtadeks on näiteks võrguettevõtete vahelised varutoitepunktid ja jaotusvõrgus olevad maakaablimastid.
Vajadusel tehakse faasijärjestust osutav tähistus näiteks tähistustega L1, L2, L3, mis vastaks juhtmete faasijärjestusele. Tähistused tehakse kas juhtmetele või masti otsa kinnitatavate tähistega.

Joonis 382. Faasijärjestuse märkimine õhuliinile (YJ 8:09 Joonis 2).

21.10.5. Õhusõidukite hoiatustähised 20 kV mastidele

Lennukontrolli või liinikoridori puhastamist kontrolliva helikopteri hoiatamiseks ≥110 kV ülekandevõrgu liinikonstruktsioonide ja sideliinide mastide tõmmitsate eest kinnitatakse 20 kV mastidele hoiatustähised.
Helikopterilendurit hoiatavad selged tähised tehakse õhuliinist allapoole järgmiselt:
3. mast enne ristumist; kolm tähist/linti
2. mast enne ristumist; kaksi tähist/linti
1. mast, vähemalt 100 m enne ristumist; üks tähis/lint
Tähistuslindi laius peab olema umbes 100 mm ja lintide vahekaugus u 200 mm. Tähistus on soovitatav teha näiteks kollase alumiiniumist lindiga.
Kõige ülemine tähis tehakse pingealuse töö piirkonnast allapoole.

Joonis 383. Õhusõidukite hoiatustähised 20 kV õhuliini masti otsas (YJ 8:09 Joonis leheküljelt 6).

21.10.6. Töömaanduskoha tähistamine

Kaetud juhtmetega õhuliinide kasutamisel tehakse mõnedele mastidele töömaanduse hõlbustamiseks mastide püstitamise käigus maanduselektrood. See maanduskoht tähistatakse masti külgeotsa kinnitatava maandustähisega.

Joonis 384. Töömaanduskoha tähistamine (YJ 8:09 Joonis 3).

21.11. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontrollülevaatus

21.11.1. Dokumenteerimine

Pärasteale ehitustööde valmimist dokumenteeritakse jaotusvõrgus toiminud muudatused, kas tagastades tellijale asendiplaanitöökaardi, millele on kantud uus ehitatud liiniosa või märkides otse tellija võrguandmebaasi uue ehitatud liinilõigu.

21.11.2. Kasutuselevõtukontrollülevaatus

Kasutuselevõtukontrollülevaatus teostatakse Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsuses nr KTM 517/1996 sätestatud viisil:

”Kasutuselevõtukontrollülevaatused
§ 3
Elektripaigaldiseleaparatuuridele tuleb teostada kasutuselevõtukontrollülevaatus, mille käigus selgitatakse piisavas ulatuses välja, et elektripaigaldisaparatuur ei tekita elektriohutusseaduse (410/96) § 5 kirjeldatud ohtu või häireid.
§ 4
Kasutuselevõtukontrolliülevaatuse kohta tuleb elektripaigaldiseaparatuuri haldaja jaokskäsutusse koostada ülevaatusprotokoll teatud eranditega.
Ülevaatusprotokollist peavad selguma objekti tuvastusandmed, ülevaade elektripaigaldiseaparatuuri eeskirjadele ja määrustele vastavuse kohta, kasutatud kontrollimismeetodite kokkuvõte ning ülevaatuste ja testide tulemused. Protokoll kinnitatakse ülevaatuse teostaja allkirjaga …..”

Kõrgepingeelektripaigaldiste standard SFS 6001 annab kõrgepingeseadmete kontrollimiseks muuhulgas järgmised juhised:
Punkt 10 Ülevaatus ja testimine kasutuskohas enne käikuandmist

Ülevaatuse ja testidega veendutakse paigaldise ja seadmete nõuetekohasuses võrreldes tehniliste määratlustega.
Ülevaatust võib teostada järgmistel viisidel:
- visuaalselt
- toimivuse testimisega
- mõõtmistega

Paigaldise detailide ülevaatusi ja teste võib teostada pärasteale tarnet või paigaldust.
Ülevaatuse ulatus oleneb seadmeteaparatuuri tüübist ja ulatusest. Tavaliselt teostatakse järgmisi toiminguid:
a) seadmete tehniliste näitajate (mõõtmisväärtused kaasa arvatud) kontrollimine arvestades nõutud kasutustingimusi
b) pingestatud osade ning pingestatud osade ja maanduste vaheliste miinimumvahekauguste kontrollimine
c) pingetest kaablitele

d) miinimumkõrguste ja kaitsekauguste kontroll
e) elektriseadmete ja paigaldiste osade visuaalsed kontrollid ja/või toimivuse testimine
f) kaitse-, kontrollimis-, mõõte- ja juhtimisseadmete oletusväärtuste kontrollimine ja võrdlemine dimensioneerimisväärtustega ning seadmete toimivuse testimine ja/või mõõtmine
g) tähistuste, ohutussiltide ja turvaseadmete kontroll
h) dokumenteerimise õigsuse ja vajalike töö-, kaitse- ja kasutusvahendite kontrollimine
i) kasutus- ja hooldusjuhiste kontroll

Maandussüsteemidele kehtivaid erinõudeid on kirjeldatud punktis 9.6…9.8.

Kasutuselevõtukontrolliülevaatuse käigus koostatakse elektrijaotusvõrgu kasutuselevõtuprotokoll, kuhu töötaja märgib valminud töölõigu ohutustaseme te. Kasutuselevõtuprotokolli näidis on toodud joonisel 296.

22. ISOLEERITUD JUHTMETEGA ÕHULIINIDE KASUTAMINE JA OMADUSED

22.1 Üldist

20 kV liinide arv on elektritarbimise suurenemise ja elektrivõrgu ülekandevõimsuse paranemise tõttu viimastel aastatel oluliselt kasvanud. Enamik 20 kV liinidest on praegu paljasjuhtmetega õhuliinid. Metsades vajalikud liinikoridorid ja teisalt metsadest tulenevad käidukatkestused õhuliinidel on suurendanud vajadust muuta õhuliinid kasutuskindlamaks ja vähendada liinile vajaliku koridori pindala. Sellel eesmärgil on 20 kV pingega liinide jaoka töötatud välja metallkestata plastiga kaetud juhtmed ehk PAS-liinid.

PAS-liinid on vähendanud riketest põhjustatud katkestusi. PAS-liini juhtme PEX-plastkate hoiab ära juhtmete hetkelise kokkupuute või võõrkeha mõjul tekkiva käidukatkestuse. Tänu isolatsioonile on lume või jääkoorma tõttu liinidele vajunud puudest põhjustatud rikked peaaegu täiesti kadunud.

PAS-liinile vajalik liinikoridor metsas on umbes 40% võrra väiksem kui paljasjuhtmega õhuliinidel. See võimaldab paigaldada õhuliine ka planeeringuga kaetud aladele. Metsa piirkondades on liinikoridori laiust vähendatud 4 meetrini tüvest tüveni. Tänu väiksemale liinikoridorile on PAS-liin traditsioonilise paljasjuhtmetega õhuliini eriti teede servadesse paigaldamisel sisuliselt välja tõrjunud.

Alajaamadest tulevate väljundfiidrite osas hoiavad PAS-süsteemid ruumi kokku, mis on ka maastikukujunduse seisukohalt hea lahendus. Eriti märkimisväärne on ruumi kokkuhoidparalleelkulgemisel.

PAS-paigaldustöös kasutatavad tarvikud (klemmid, ankruklambrid ja kandurid) peavad olema varustatud läbistavate hammastega. Isolatsiooni läbistavad hambad hõlbustavad paigaldamist ja kui juhtme isolatsiooni ei pea paigaldamiseks maha koorima, hoitakse ära ka juhtmesoonte kahjustused. Soovitatav on kasutada ka veekindluse suhtes testitud tooteid, mis hoiavad ära niiskuse sattumise juhtme sisse. Ka paljaks jäävate juhtmete otsad kaetakse katetega.

PAS-paigaldistes kasutatakse juhtmena ka Rootsis valmistatud BLL-T-juhtmeid, mis on seal välja töötatud kõrgepingeõhuliini juhe. BLL-T juhtmeid saab kasutada samal viisil nagu Soomes valmistatud PAS-juhtmeid. Kasutatavaid klemme ja elektrikaarekaitseid on testitud ka BLL-T-juhtmetel. BLL-T –juhe on raskem kui PAS-juhe, seda tuleb liinikonstruktsioonide projekteerimisel arvestada. Maastikus on BLL-T juhe eraldatav oma rohelise värvuse tõttu, PAS-juhe on värvuselt must.

22.2. PAS-liini juhe

22.2.1 Üldist

PAS-liinideks nimetatakse plastiga kaetud kõrgepingeõhuliine. Lühend PAS tähendab Päällystetty (kaetud) Avojohto (õhuliin) Suurjännitteelle (kõrgepingele). Juhtmed kinnitatakse mastide küljes olevate tapp- või rippisolaatorite külge.
Juhtmed on ümara ristlõikega, tihendatud alumiiniumisulamist juhe, mis on kaetud musta PEX-plastiga.

22.2.2. Juhtme ehitus

Vana definitsioon T 68-91: “Juhtmed peavad olema ümara ristlõikega alumiiniumsulamist juhtmed. Juhtmed peavad olema kaetud musta PEX-plastiga, plastikihi nimipaksus peab olema vähemalt 1,6 mm.”

Õhuliinistandardi definitsioon 2.1.14.1 (1 - 45 kV SFS-EN 50423)
”Kaetud juhe
Juhe, mis on ümbritsetud isoleerivast materjalist kattega, mis kaitseb juhusliku kokkupuute eest teiste kaetud juhtmetega ja maandatud osadega. Kuna juhtmeid ei ole elektriliselt kaitstud, ei ole plastiga kaetud juhtmed

puutekindluse tagamiseks piisavalt isoleeritud.”

Juhet kaitsva plastikihi paksus on praegusel ajal 2,3 mm (SFS 5791).

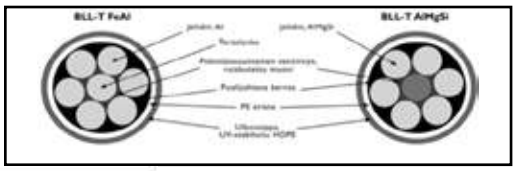
PAS-juhtmeid on kasutusel kolmes erinevas suuruses:
PAS 35 , 50, 70, 95, 120 ja 150

Joonis 385. PAS-juhtme ehitus (Prysmian).

Tabel 32. PAS-juhtme (Prysmian SAX-W tootemargi) omadused

Juhtme mark	Juhtme omadused						Tarneandmed		
	Juhtme läbimõõt mm	Kaetud juhtme läbimõõt mm	Alumiiniumi mass kg/km	Kaabli mass kg/km	Juhtme min tõmbe-tugevus kN	Väikseim painde-raadius tõmbel m	Stan-dardne tarne-pikkus m	Tarne-trummel	Trummel+ kaabli mass kg
SAX-W 50	8,0	12,7	120	200	15,5	0,18	2000	13G	505
SAX-W 70	9,7	14,3	180	270	22,5	0,20	2000	13G	645
SAX-W 95	11,3	16,1	245	350	30,4	0,22	2000	15G	845
SAX-W 120	12,8	17,6	310	425	38,0	0,25	2000	15G	1000
SAX-W 150	14,2	18,9	385	510	47,3	0,27	2000	K16	1215

SAX-W 20 kV juhe on kaetud pikisuunas veekindel õhuliini juhe. Juhe on veekindel ümara ristlõikega alumiiniumisulamist juhe. Pealiskiht on ilmastikukindel must PEX-plast.



Joonis 386. BLL-T juhtme ehitus (Onninen).

Tabel 33. BLL-T juhtme omadused (Onninen)

Juhtme mark	Juhtme omadused								
	Palja juhtme läbimõõt mm	Kaetud juhtme läbimõõt min-max mm	Juhtme kaal kg/km	Nimi-pinge kV	Juhtme min tõmbe-tugevus kN	Rist-lõige mm²	Traatide arv Fe+Al/ läbim.mm		
62FeAl	10,1	14,6-16,1	309	24	19	62	(1+6)3.37		
99FeAl	12,8	17,3-18,8	449	24	29,8	99	(1+6)4,25		
157AlMgSi	16,3	20,8-22,3	575	24	43,7	157	19x3,36AlMgSi		

BLL-T on kaetud kõrgepinge õhuliin. Selles on juhtmed kas terasalumiiniumist või alumiiniumisulamit. Pikisuunaline veekindlus on tagatud juhtme pinnale pihustatud plastikihiga. Juhet ümbritseb pooljuhtiv kiht, mille peal on kaks plastist kattekihti.

22.3. PAS-liini paigaldamisetöö kohta kehtivad nõuded ja soovitused

22.3.1. Üldist

PAS-liinide kasutamisel ei pea paljasjuhtmega õhuliinide kohta kehtivaid vahekauguse nõudeid järgima. Vajalik liinikoridor on kitsam kui paljasjuhtmega õhuliinil.

PAS-liini pingestatud juhtme puudutamine on keelatud. PAS-liini pingestatud osade vahetus läheduses on vahekaugused samad kui paljasjuhtmega 20 kV õhuliini puhul.

PAS-liinide ehitamisel tuleb järgida järgmisi põhimõtteid (lühendatud Sähkötarkastuskeskuse väljaande T 68-91 alusel).

Lisaks eespool toodud õhuliinide kohta kehtivatele nõuetele kehtestatakse PAS-liinidele järgmised nõuded:

a. Liinid tuleb ehitada tugevdatud konstruktsiooniga.
b. Juhtmeid tuleb käsitseda ettevaatlikult, et juhtmeid kattev plastkiht ei kahjustuks. Juhtmeid ei tohi lohistada. Juhtme pealiskihti kooritakse selliselt, et juhe ei kahjustuks.
c. Liinide puhul tuleb kasutada neile ettenähtud Sähkötarkastuskeskuse poolt heaks kiidetud tarvikuid.
d. Kohtades kus liigpingete esinemine on tõenäoline, nt põllud, kõrgemad punktid maastikus jms, tuleb kasutada elektrikaarest kaitsmiseks kaarekustustusseadmeid. Kaitse tuleb paigutada ka kohtadesse, kus inimesed liiguvad ja viibivad (vt Soome elektriohutuseeskirjade (StM) § 10 lg 2).

e. Liinide kontrollimisel avastatud juhtme isolatsiooni kahjustused tuleb kõrvaldada.
f. Liinikoridori puhastamisel tuleb arvestada puude kasvuvaru, et vältida hõõrdumisest ja osaliste laengute tõttu tekkivaid kahjustusi.
g. Pärast tormi on soovitatav liin üle kontrollida, et leida võimalikud liinile langenud puud.
h. Liinile kukkunud puude koristamisel tuleb pinge välja lülitada.
i. Liinid tuleb töömaandada standardi SFS 6002 punkti 6.2.4.3. alusel kõikidest toitesuundadest lahku ühendatud kohtade paljastes lõikudes või nendele punktidele võimalikult lähedal.
j. Võrgu osas, kuhu liin kuulub, peab olema rakenduv maalühisekaitse ja sellel vähemalt häire edastav varukaitse.
k. PAS-juhtmetes tekib teatud tingimustes paljastest juhtmest kergemini lagedates kohtadesühtlase külgtuule mõjul resonants. Sellises kohas on soovitatav kasutada resonantsi taluvaid konstruktsioone, resonantsikaitseid ja resonantsi summuteid.

22.3.2. PAS-liini vahekaugused ümbritsevate objektidenija teisteste liinideni

PAS-liini kohta kehtivad enamasti samad vahekauguse nõuded nagu vastavate 20 kV paljasjuhtmetega õhuliinide puhul. PAS-liinidele on kehtestatud siiski järgmised erandid:

1. Vahekaugus muude puude kui viljapuudega võib olla 0,3 m + 0,22 m (vt SFS-EN 50423-1 FI.2).

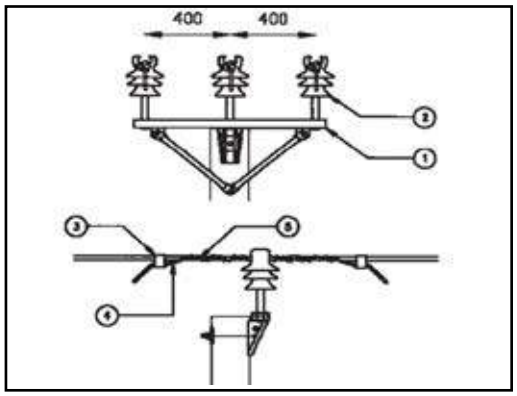
2. PAS-liini voolujuhtmete kinnituskohtade minimaalne vahekaugus ehk lühim vahemaa teise PAS-liini voolujuhtmest ja kõrgepinge-rippjuhtmest ühiskasutuses oleva masti konstruktsioonist võib olla kolmandik paljasjuhtmega õhuliini kohta VIMis sätestatud vahekaugustest ehk 0,58m, erijuhtumina lubatud konstruktsioonide puhul ka vähem.

3. PAS-juhtmete faasivahed eraldi kinnitatud konstruktsioonide alusel.

22.3.3. PAS-liini paigaldustarvikud

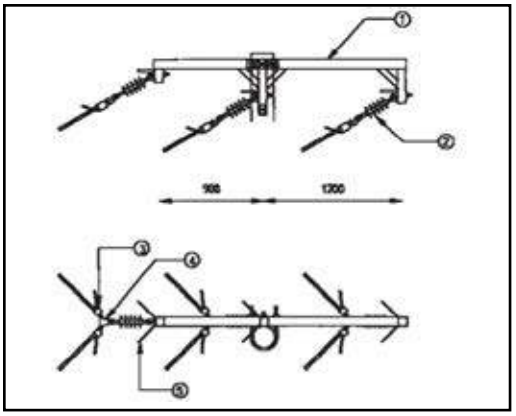
PAS-konstruktsioonides kasutatakse enamasti õhuliinidele tüüpilisi konstruktsioone ja samu tugiisolaatoreid ning muid tarvikuid.

22.2.5.1. Õhuliini tugiisolaatori kasutamisel põhinevad konstruktsioonid



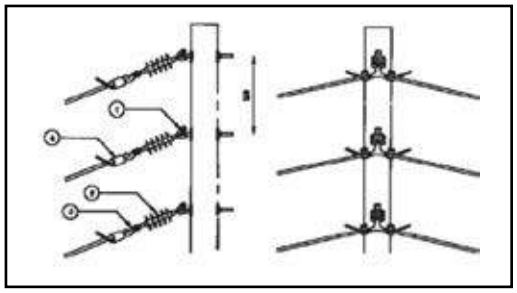
Joonis 387. Sirge liiniosa horisontaalne traavers tipuehitus.

Tarvikud joonisel:
1. PAS-horisontaalne traavers 80 x 40 x 3
2. Tappisolaator
3. Elektrikaarekaitse klemm
4. Alumiiniumtraat
5. Eelpingutatud spiraalside.



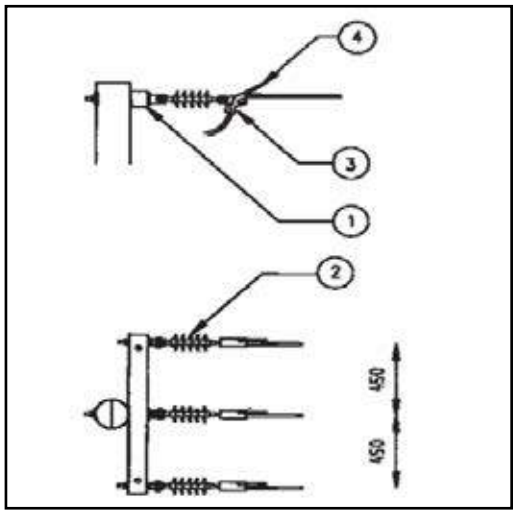
Joonis 388. Nurgamast, horisontaalne nurgatraavers.

Tarvikud joonisel:
1. PAS-nurgamast 80 x 80 x 3
2. Tõmbeisolaator
3. Elektrikaarekaitse klemm
4. Kandeklamber PAS 35 - 120 mm2
   või veorulliku kandur
5. Elektrikaarekaitse traaversile.



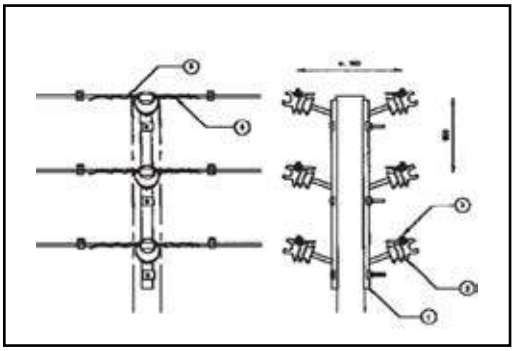
Joonis 389. Nurgamast, tõmbeisolaatorinurk.

Tarvikud joonisel:
1. Kandekonks
2. Tõmbeisolaator
3. Kandeklamber PAS 35 - 120 mm2
   või veorulliku kandur
4. Elektrikaarekaitse klemm



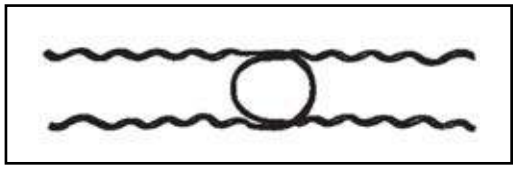
Joonis 390. Lõpumast.

Tarvikud joonisel:
1. PAS-lõputraavers I-mastile 100 x 100 x 4
2. Tõmbeisolaator
3. Ankruklamber PAS 35 - 120 mm2
4. Elektrikaarekaitse sarv ankruklambrile



Joonis 391. Sirge II-liini vertikaalne traavers, tipuehitus.

Tarvikud joonisel:
1. PAS-II-liini vertikaalne traavers
2. Tappisolaator
3. Elektrikaarekaitse klemm
4. Alumiiniumtraat
5. Eelpingutatud spiraalside.



Joonis 392. PAS-liini spiraalside

PAS-liini spiraalside sobib tipusoonde ja külgsoonde sidumiseks. Ühe juhtme sidumiseks on vaja kahte sidet. Side on plastiga kaetud terastraadist.

PAS-liinide hargnemine teostatakse VIMis õhuliinide kohta kehtestatud eeskirju järgides.

23. PAS-LIINIDE PAIGALDAMINE

23.1. PAS-liinide vedamine

PAS-liinide juhtmeid tuleb vedamisel ja paigaldamisel käsitseda ettevaatlikult, et juhtme isolatsioonikiht viga ei saaks. Juhtmeid ei tohi lohistada (Sähkötarkastuskeskus T 68-91).
Teavitamise nõue: Juhtmeid ei tohi lohistada, töö eeldab juhtme vedamist pingutatult; kasutada tuleb piduriga varustatud trumlipukki, veotrosse ja vedamisseadet, mis veab korraga üht või mitut juhet.
Sooja ilmaga (üle 25 C°) hakkab isolatsioonikiht pehmenema, seetõttu on eriti juhtmete pingutamisel tõsine juhtmete kahjustamise oht. Ka vedamise ajal võib valede meetodite kasutamisel tekkida juhtmeisolatsiooni pindmiste vigastuste tekkeoht.

Töö kirjeldus

Mastide püstitamisel paigaldatakse tugiisolaatoritele või juhtmete vedamise rullikutele abitrosse tõmbetrossi vedamiseks. Trossi veetakse plasthülsiga ava (SDI 37 isolaator) kaudu. Peale trossi paigaldamist keeratakse plasthülssi nii, et see sulgeb pealt tõmbesoone ja hoiab ära trossi või tõmbetrossi välja langemise. Abitrossina kasutatakse õhukest plastköit, mida saab pärast kasutamist kergesti hävitada.

Joonis 393. Tõmbetrossid tugiisolaatoritel.

Vedamise ettevalmistamisel veetakse tõmbetrossi vedamismasinalt juhtmetrumlitele. Mastidel veetakse tõmbetrossid abitrosside abil üle isolaatorite või juhtmete vedamise rataste.

Trumliotsas paigaldatakse juhtmetrumlid piduritega varustatud trumlipukkidele. Tõmbetrossid kinnitatakse tõmbesukkadega PAS-juhtmetele.

Tõmbemasinalt veetakse alguses lõdvad lõigud tõmbetrossidelt pingule ja kui juhtmed hakkavad trumlitelt maha kerima, reguleeritakse trumlite pidurdused vedamiskiirusele sobivaks.

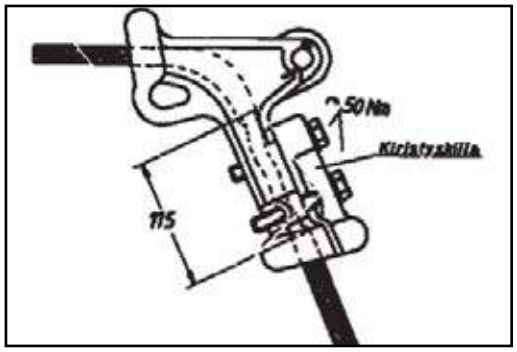
Joonis 394. PAS-juhtme ühendamine tõmbesukaga.

Tõmbamise ajal jälgitakse juhtmete liikumist eriti neis kohtades, kus juhtmed võivad konstruktsioonide või teiste objektide vastu hõõrduda. Vajadusel tõmbamine katkestatakse ja vastu juhet hõõrduv takistus eemaldatakse.

23.2. PAS-liini lõpetamine

Liini juhtmete lõpetamiseks kasutatakse kiilukujulist ankruklambrit, mille paigaldamiseks ei pea juhet koorima või ankrupingutusklemmi, mille paigaldamine nõuab juhtme koorimist.

Joonis 395. Kiiluga ankruklambri paigaldamine PAS-liinile (Ensto).

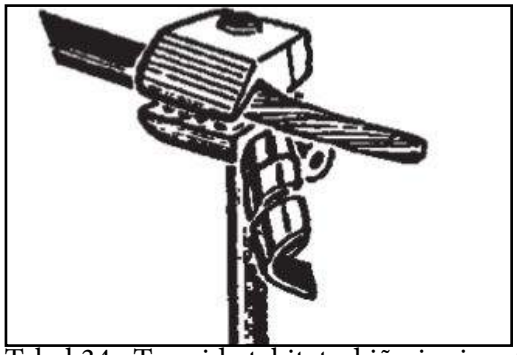


Joonis 396. Ankrupingutusklemmi paigaldamine PAS-liinile.

PAS-liini juhe kooritakse alati kogu klemmi ulatuvas pikkuses. Vahetut elektrikaare eest kaitsmata kanduri visangu poolele paigaldatakse projekteerija määratud spetsiaalne elektrikaarekaitse.
Pingutusklemm paigaldatakse kooritud osa juhtmele ja poldid pingutatakse antud juhise alusel (55 Nm) momendiga.

23.3. PAS-liini juhtme koorimine

Juhtme katte eemaldamisel tuleb jälgida, et juhtmesse ei tekiks ristisuunalisi sisselõikeid.
PAS-liini juhtme PEX plastist isolatsioonikiht on näiteks AMKAga võrreldes palju sitkem. Kattekihi põikisuunas läbi lõikamist on kõige turvalisem teha nööri ja pikisuunas kaablinoaga.
Juhtme katte eemaldamiseks võib kasutada ka spetsiaalset koorimisvahendit, millega kate treitakse maha.



Joonis 397. Juhtme isolatsioonikatte eemaldamine koorimisvahendiga.

23.4. PAS-liinide pingutamine

Juhtmed pingutatakse nt tabelis 27 toodud paigalduspingsuseni. Juhtmete paigalduspingsust mõõdetakse dünamomeetritega. Alguses pingutatakse veidi üle õige paigalduspingsuseni ja seejärel lõdvendatakse pingsus sobivaks. Pingutamise käigus tuleb veenduda, et juhtmed on liinikoridoris maast ülespoole kerkinud.

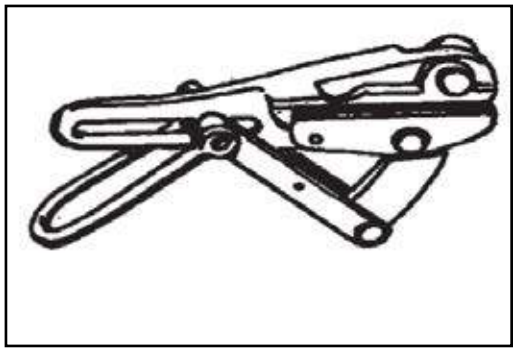
Tabel 34. Trosside tekitatud jõu ja rippetabel PAS-liinile 150 mm² (RJ 8:94)
Paigaldustrossi tekitatud jõud kilonjuutonites. Pingsus 0 ° juures 35 N/mm²

Visang m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
30	14,45	12,36	10,28	8,22	6,21	4,34	2,84
40	14,24	12,16	10,11	8,09	6,15	4,42	3,11
50	13,98	11,92	8,89	7,92	6,08	4,51	3,35
60	13,66	11,62	9,63	7,73	6,01	4,59	3,56
70	13,29	11,28	9,35	7,53	5,93	4,66	3,74
80	12,87	10,91	9,04	7,33	5,86	4,72	3,90
90	12,41	10,50	8,72	7,12	5,80	4,78	4,04
100	11,92	10,08	8,39	6,93	5,74	4,83	4,16

PAIGALDUSRIPE MEETRITES

Visang m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
30	0,04	0,05	0,05	0,07	0,09	0,13	0,20
40	0,07	0,08	0,10	0,12	0,16	0,23	0,32
50	0,11	0,13	0,16	0,20	0,26	0,35	0,47
60	0,16	0,19	0,23	0,29	0,37	0,49	0,63
70	0,23	0,27	0,33	0,41	0,52	0,66	0,82
80	0,31	0,37	0,44	0,55	0,68	0,85	1,03
90	0,41	0,48	0,58	0,71	0,87	1,06	1,26
100	0,52	0,62	0,75	0,90	1,09	1,30	1,51

Konnklemmidtuleb valida nii, et juhtme pealiskiht pingutamisel ei kahjustuks. Traditsioonilised konnad enamasti PAS-liinidele ei sobi. Konnadena kasutatakse siledate mokkadega mudeleid, millel on tavalisest pikem haardepiirkond. Nende konnade kasutamisel tuleb sooja ilmaga ettevaatlik olla, kuna juhtme pealiskiht võib kortsu minna ja konn võib libiseda.



Joonis 398. PAS-liinidele sobib siledate mokkadega konnklemmid.

Pingutatud juhtme ankurdust on kõige kindlam teha juhtme kooritud otstest õhuliinikonnadega.

23.5. PAS-liinide sidumine

PAS-liinid seotakse kattekihi pealt. Sidemena kasutataks valmis spiraalsidemeid, kaks sidet ühe isolaatori kohta. Sideme kerimist ümber juhtme tuleb paigaldusjuhise alusel alustada võimalikult isolaatori kaela lähedalt, siis püsib side isolaatori küljes kõikides käiduolukordades.

Joonis 399. PAS-liini sidumine spiraalsidemega.

23.6. Elektrikaarekaitse ja elektrikaarekaitsete paigaldamine

23.6.1. Elektrikaarekaitse

23.6.1.1. Üldist

Elektrikaar tekib, kui õhuliini või selle läheduses paiknevat objekti tabab välk ja tekitab liinis liigpinge. Liigpinge on liini kõikides faasides ligikaudu sama suur. Maanduse ja faasi vahel võib liigpinge tõusta mitmesaja kilovoldini. Otsene välgulöök liini on haruldane.
Liigpinge laetakse maha lähimas mastis, tekitades elektrikaare traaversi ja juhtme vahele. Pärast liigpinge maha laadimist tekitab võrk elektrikaare tekitatud lühisesse kasutussagedusega lühisvoolu, mille suurus on tavaliselt mitu kiloamprit. Suurus oleneb võrgu lühisevõimsusest ja kaugusest alajaamani. Elektrikaare juhtmepoolne ots püüab liikuda elektritoite suunas.
Tavaliselt toimub liigpinge liikumine õhuliinil vabalt, kuid PAS-liinil kujuneb plastist kate vabale liikumisele takistuseks. Elektrikaar põletab süttides isolatsiooni väikese augu ning jääb ühele kohale põlema, kuni juhe kahjustub ja põleb läbi. Alajaamas paiknevad kaitseseadmed ei toimi sellises olukorras piisavalt kiiresti ja ei kaitse juhet.

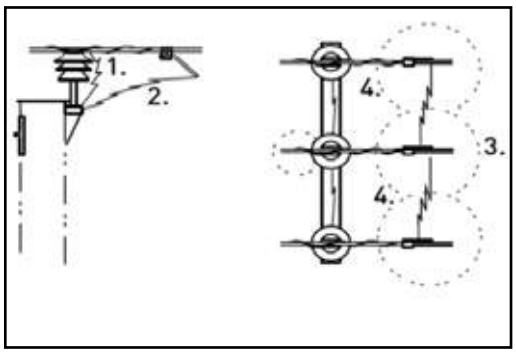
Kahjustuste vältimiseks tuleb PAS-liine kaitsta, paigaldades liinil sobivatesse kohtadesse elektrikaarekaitsed. Kaitsete ülesandeks on pakkuda elektrikaarele turvaline mahalaadimisvõimalus ilma, et juhe kahjustuks. Elektrikaarekaitse abil kaitstakse PAS-liine ja samas tagatakse toimimise ka teistele võrgu komponentidele. Kaitse abil tagatakse häireteta elektrienergia jaotus, mis on elektritarbijale suur eelis.
Elektrikaarekaitsed paigaldatakse kohtadesse, kus liigpinge esinemine on tõenäoline, näiteks põllud, kõrged punktid maastikus jne. Kaitse tuleb paigaldada ka kohtadesse, kus inimesed liiguvad ja viibivad. Sellised kohad on hooned, hoonete krundid ja vahetu ümbrus ning liiklustrassid ja spordiväljakud. Elektrikaarekaitsete paigalduskohad määratakse projekteerimise käigus.

23.6.1.2. Elektrikaarekaitse teostusviisid

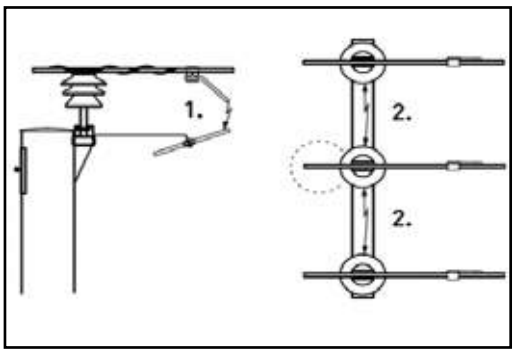
Elektrikaarekaitset võib teostada järgmistel viisidel:
- Elektrikaarekaitse
- Sädemik
- Voolupiirik
- Liigpingepiirik

Kaitse valik oleneb ka võrgu lühisvoolu näitajatest. Kaitse valimisel tuleb ühtlasi arvestada kaitse tõttu elektrijaotuses tekkiv katkestus, linnukaitse, kahjustumine ja kaitse hind.

Elektrikaarekaitse
Elektrikaarekaitse on projekteeritud nii, et see suunab tekkiva elektrikaare juhtmest ja isolaatorist kaugemale. Sarv-elektrikaarelahendiga teostatud kaitse on soovitatav viis tapp- ja tugiisolaatoritel.



Joonis 400. Elektrikaarekaitse põhimõtteline skeem (Ensto).



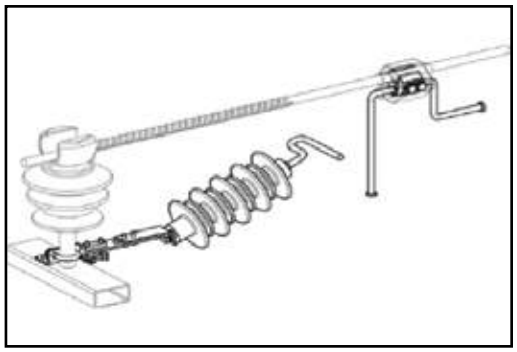
Joonis 401. Sädevahemiku põhimõtteline skeem (Ensto).

Elektrikaar ei tohi põledes juhet ennast kahjustada. Elektrikaar süttib üle isolaatori (1.), liikudes seejärel edasi isolaatori kaelale keeratud Al-traadi kaudu sarv-elektrikaarelahendini (2.). Sarvlahendi otsas põledes ioniseerib elektrikaar õhu elektrit juhtivaks (3.) ja tekitab sellega faaside vahele lühise (4.), mille tulemusel rakenduvad alajaama kaitseseadmed ja kustutavad elektrikaared.
Sarv-elektrikaarelahendite omavaheline vahekaugus ei tohi ületada PAS-faasivahet.
Väikeste lühisvoolude, 1,5 – 2,5 kA, tuleb kasutada topelttraadiga varustatud elektrikaarekaitseid.

Õhu sädevahemik
Väikeste lühisvoolude korral liigub elektrikaar aeglaselt ja koormab isolaatorit pikka aega. Selleks, et elektrikaar ei kahjustaks isolaatorit, tuleb see süüdata otse sädevahemikus
(1.), siis tekib lühis traaversi kaudu (2.), alajaama kaitseseadmed rakenduvad ja kustutavad elektrikaare.

Sädevahemik talub ka suurte lühisvoolude tekitatud koormusi. Elektri toitesuund sädevahemiku toimimist ei mõjuta, seega võib sädevahemiku paigaldada ükskõik kummale poole isolaatorit. Sädevahemikud võib paigaldada ka masti eri pooltele. Sädevahemikku võib kasutada koos tugi- tõmbe- ja rippisolaatoritega.

Voolupiirik
Voolupiiriku kasutamine on soodsam kui lihtsa liigpingepiiriku kasutamine. See põhineb asjaolul, et saab kasutada väiksemat liigpingepiirikut. Talitluspinge ei mõju üle liigpingepiiriku, sest piiriku teine ots on õhus.



Joonis 402. Voolupiiriku põhimõtteline skeem (Ensto).

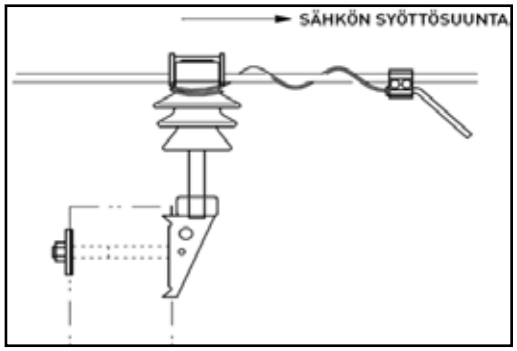
PAS-liini sattunud välgulaeng kandub metalloksiidpiiriku ja sädevahemiku kaudu isolaatorist mööda, kuid talitluspinge enam piirikust läbi ei pääse. Piiriku süttimine toimub madalamal tasemel kui isolaatori ülelöögitasand, ja laeng suunatakse piiriku kaudu
Piirikusse eksivad linnud ja muud loomad või oksad ei sunni piirikut rakenduma. Traavers tuleb maandada.
Voolupiiriku toimimine ei põhjusta alajaamas lüliti rakendumist, see tagab häireteta elektrijaotuse. Elektri toitesuund ei mõjuta piiriku toimimist. Voolupiiriku võib paigaldada ka masti eri külgedele.

Liigpingepiirik
Liigpingepiirik kaitseb lisaks juhtmele hästi ka teisi võrgukomponente. Elektrikaart ei teki ja piirik ei põhjusta rakendumisega elektritarbijale märgatavat voolukatkestust. Liigpingepiiriku paigaldamine suurendab oluliselt võrgu ehituskulusid ja seda kasutataksegi enamasti mastalajaamades ja kaablilõpumastidel. Sellisel juhul ei ole paigaldistes PAS-liini kaitsmiseks teist kaitsemeetodit vaja.

23.6.2. Elektrikaarekaitsete paigaldamine

23.6.2.1. Elektrikaarekaitse paigaldamine

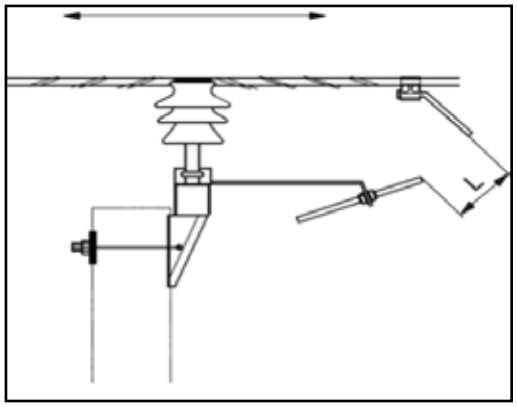
Paigaldamine toimub tarvikupakendil olevat paigaldusjuhist järgides. Näidetena on toodud elektrikaarekaitse paigaldamine horisontaalsele traaversile, I-juhe, radiaalne võrk.



Joonis 403. Elektrikaarekaitse paigaldamine; horisontaalne traavers, radiaalne võrk I-juhe (Ensto).

Radiaalses võrgus paigaldatakse elektrikaarekaitsed koormuse poolele sarvlahend allapoole. Elektrikaarekaitse klemmi paigaldamisel ei pea juhtme isolatsiooni eemaldama, sest klemm on isolatioonikihti läbistav. Kui sidumiseks kasutatakse Al-sidumistraati, peab selle ristlõike pindala olema 25 mm2 ja sideme klemmipoolne ots tuleb paigaldada klemmi. Kui kasutatakse eelpinguldatud sidet, tuleb elektrikaarekaitse klemm ühendada spetsiaalse 25 mm2 Al-traadiga selliselt, et traat keeratakse isolaatori kaela, keerates selle kaks korda ümber juhtme ja seejärel kaks korda ümber isolaatori kaela.

Näitena elektrikaarekaitse paigaldamine horisontaalsesse traaversikonstruktsiooni ringvõrgus õhuliinil:



Joonis 404. Elektrikaarekaitse paigaldamine: Horisontaalne traavers, ringvõrk õhuliin (Ensto).

Ringvõrgus paigaldatakse elektrikaarekaitseklemmid mõlemale poole isolaatorit sarvlahend allapoole. Kui sidumiseks kasutatakse Al-sidumistraati, peab selle ristlõike pindala olema 25 mm2 ja sideme klemmipoolne ots tuleb paigaldada klemmi. Kui kasutatakse eelpinguldatud sidet, tuleb elektrikaarekaitse klemm ühendada spetsiaalse 25 mm2 Al-traadiga selliselt, et traat keeratakse kaks korda ümber isolaatori kaela ja vähemalt kaks korda ümber juhtme. Lõpuks kinnitatakse Al-traadi otsad klemmi sisse.

23.6.2.2. Õhusädevahemiku paigaldamine

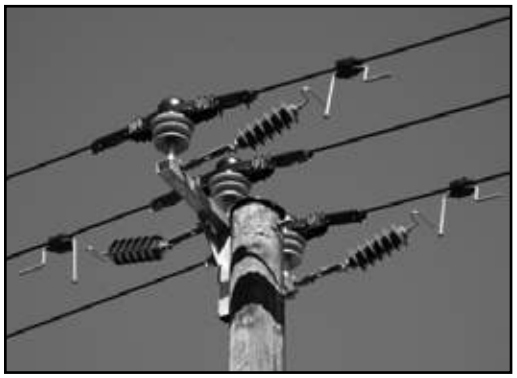
Õhusädevahemik moodustatakse kasutades paigalduskomplekti, milles on elektrikaarekaitseklemm ja sarv-elektrikaarelahend koos vajalike tarvikutega.
Näitena paigaldusest on horisontaalne traavers.

Joonis 405. Õhusädevahemik paigaldatuna horisontaalsele traaversikonstruktsioonile (Ensto).

Paigalduskomplekte on vaja 3 tk ühe traaversi kohta. Elektrikaarekaitse klemm paigaldatakse juhtme külge ja sarv-elektrikaarelahend traaversitapi külge. Sädevahemikuks määratakse 130-150 mm. Sädevahemik võib paikneda kummal pool isolaatorit tahes, sest elektri toitesuund ei mõjuta kaitse toimivust.

Paigaldusnäide nurgatraaversi PAS-veorullikukandur.

Joonis 406. Õhusädevahemik nurgatraaversil, PAS-veorulliku kandur, sädevahemik tõmbeisolaatoril (Ensto).



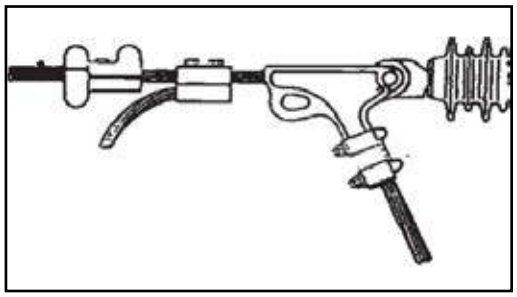
Nurgatraaversil on soovitatav kasutada PAS-veorulliku kandurit. Sädevahemikukomplektiga tehakse sädevahemik tõmbeisolaatori abil. PAS-juhet ei koorita kandurile paigaldamisel, sest kanduri klemm on isolatsiooni läbistav. Selle paigaldusviisiga saavutatakse kõige parem liinikaitse ja hoitakse ära raadiohäirete teke. Sädevahemikuks reguleeritakse 130-150 mm.

23.6.2.3. Voolupiiriku paigaldus

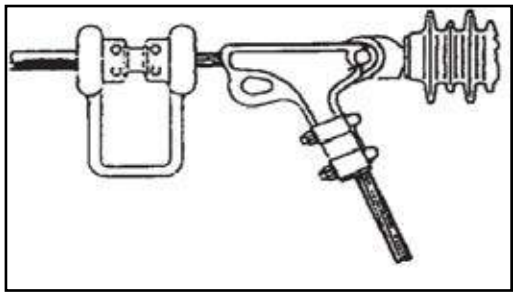
Paigaldus tehakse juhise alusel paigalduskomplektiga, milles on liigpingepiirik, kinnitusraam, klemm, sarv-elektrikaarelahend ja korpus. Liigpingepiirik kinnitatakse reguleeritava kinnitusraamiga traaversitapi külge. Sarv-elektrikaarelahend kinnitatakse isolatsiooni läbistava klemmiga juhtme külge.
Liigpingepiiriku ja sarv-elektrikaarelahendi sädevahemikuks reguleeritakse 80 ± 10 mm. Traavers maandatakse kinnitusraami küljes oleva maandusklemmi külge. Mastil peab olema maanduselektrood.

23.7. Puuteklemmi paigaldamine

Objektidel, kus elektrikaare põlemine on saanud alguse puuteklemmist ja võib põhjustada juhtme katkemise, kasutatakse elektrikaarekindlaid puuteklemme või kaitstakse ühenduskoht elektrikaarekaitsega.



Joonis 407. Puuteklemmi kaitsmine elektrikaarekaitsega.



23.8. Töömaanduskoha paigaldamine PAS-liinile

PAS-liin tuleb varustada töömaanduspunktidega selliselt, et nende vahe oleks maksimaalselt 3 km. Liini otstes peab samuti oleme võimalus töömaanduse paigaldamiseks.

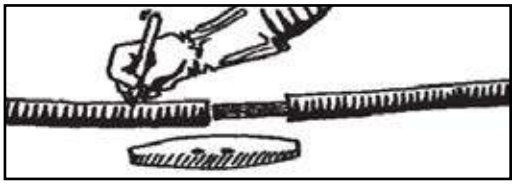
Elektrikaarekaitseklemmid sobivad tavaliselt töömaanduseks, seega on kontakti tagamiseks oluline, et need on pingutatud õige pingutusmomendiga.
Töömaandusklemmid on praegu varustatud ka isolatsiooni läbistavate klemmidega, seega ei ole paigaldamisel vaja pealiskihti eemaldada, kuid need tuleb hoolikalt pingutada.

Joonis 408. Töömaanduskoha paigaldamine juhtmele.

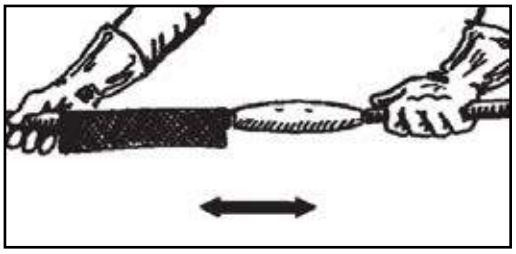
23.9. Töökohamaandamine PAS-liinidel

PAS-liinid on töökohamaanduse osas võrreldavad paljasjuhtmetega õhuliinidega, seega kehtivad nende kohta sama töömaandusjuhised, mida on käsitletud eespool paljasjuhtmetega õhuliinide juures.
Probleemi võib PAS-liinide puhul tekitada vedamise ajal läheduses paiknev 110 kV liin, mis tekitab PAS-liini indutseeritud pinge, mille mahalaadimine juhtmetest on raskendatud. Abivahendina võib kasutada eespool kirjeldatud AMKA-liinidele välja töötaud töökohamaandamist trumlipuki kaudu. Piduriga varustatud trumlipukis paljastatakse PAS-liini juhtme trumlist tulev ots ja ühendatakse trumlipuki võlliga, mis pöörleb trumliga samal kiirusel. Trumlipukk maandatakse varraste abil maasse ja vajadusel juhtmetega maanduselektroodi külge.

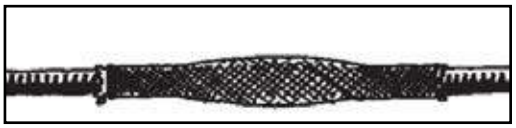
Joonis 409. PAS-liini juhtme vedamisaegne töömaandus trumlil.



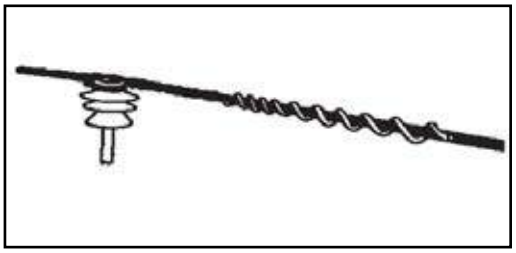
Joonis 410. Juhtme koorimine jätkamiseks.



Joonis 411. Termokahanev muhv jätkukoha peal.



Joonis 412. Valmis PAS-jätkukoht.



Joonis 413. Resonantsisummuti paigaldamine.

23.10. PAS-liini jätkamine

Juhtmete jätkamiseks kasutatakse PAS-liinidel kiilukujulisi jätkuhülsse. Jätkukoha peale tuleb paigaldada isolatsioonimaterjalist kate, mis võib olla termokahanev või mähitav.

Tööetapid kiilukujulise jätkuhülsi kasutamisel

1. Juhtmed tõmmatakse sirgeks ja neile märgitakse jätkukoha pikkus (termokahaneva suka pikkus).
2. Juhtme pealiskihile märgitakse pool jätkuhülsi pikkusest. Juhtme kaitsekattest eemaldatakse märgitud (klemmi sisse lükatav) pikkus juhet kriimustamata. Koorimiseks kasutatakse ristlõike puhul nööri ja pikilõike puhul kaablinuga või spetsiaalset koorimisvahendit.

3. Paljastatud juhtmetelt eemaldatakse harjamisega oksiidikiht.
4. Üks juhe lükatakse jätkuhülssi kuni lõpuni (kogu kooritud lõigu pikkuses) ja tõmmatakse tugevasti tahapoole.
5. Termokahanev sukk pannakse üle jätkuhülsi juhtme peale ja lükatakse ka teine juhe jätkuhülssi kuni lõpuni ja tõmmatakse juhtmetest tugevasti vastupidistes suundades.
See etapp on väga oluline, sest sellega tagatakse ühenduskoha kiilude lõikumine juhtmetesse. Kui see etapp jääb nõrgaks, võib jätkukoht termokahaneva plasti paigaldamise ajal lõdveneda ja jahtumisel libisema hakata.
6. Juhtme isolatsiooni karestatakse liivapaberiga kogu tähistatud termokahaneva suka pikkuses ning juhe ja jätkuhülss puhastatakse mustusest ja määrdeainetest.
7. Jätkuhülssi ja juhtmeid soojendatakse ettevaatlikult.
8.Termokahanev sukk paigutatakse jätkukohta ja surutakse keskelt alustades kokku. Kokkusurumist jätkatakse otste poole liikudes nii, et liim pressitakse suka otstest ühtlaselt välja. Kuumutamiseks kasutatakse pehmet kollast leeki.
9. Jätkukohal lastakse enne paigaldustööde jätkamist korralikult jahtuda.

23.11. Resonantsi summutamine

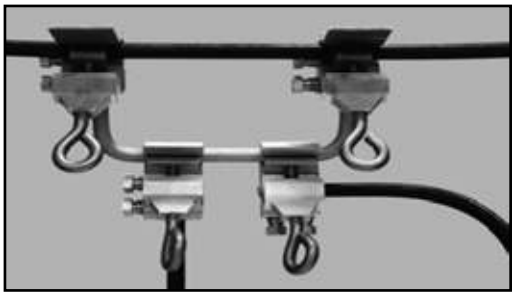
PAS-liinid on teatud tingimustes resonantsi tekke suhtes paljastest juhtmetest tundlikumad. Resonants võib tekkida eriti avatud kohtades ühtlase külgtuule mõjul (põllud, sood, järvepinnad). Sellises kohas on soovitatav kasutada resonantsi taluvaid konstruktsioone, resonantsikaitset ja resonantsi summutamist.

23.12. Pingealused tööd PAS-liinidel

23.12.1. Üldist

PAS-liinidel tehakse peaaegu kõiki neid pingealuseid töid, mida on käsitletud eespool 20 kV paljasjuhtmetega õhuliinide pingealustel töödel. Pingealune töö nõuab alati eriväljaõppe saanud töötajate kaasamist, lubatud töömeetodite ning selliste konstruktsioonide kasutamist, mis võimaldavad tagada, et pingestatud osade läheduses töötamise vahekauguste nõuded on täidetud.

23.12.2. PAS-liini pingealuse töö ühendushoob



Joonis 414. PAS-liini isolatsiooni läbistavate pingealuse töö klemmid ja ühendushoob

Joonis 415. PAS-haruliini ühendamine paljasjuhtmetega õhuliiniga pingealuse tööna

Joonis 416. Paljasjuhtmetega haruliini ühendamine PAS-liiniga pingealuse tööna.

Pingealuse töö puhul paigaldatakse PAS-liinile isolatsiooni läbistavate klemmide abil ühendushoob. Selle ühendushoova kaudu toimub otsene õhuliinide ühendamine pingealuse töö klemmide abil.

23.12.3. Näiteid PAS-liini ühendamisestpingealuse tööna

23.13. PAS-liinide tähistused

PAS-liinidel kasutatakse samu keskpingevõrgu tähistusi, mida on kirjeldatud lõigus 21.10. 20 kV paljasjuhtmetega õhuliinide tähised.

23.14. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll

PAS-liinidele teostatakse samalaadne dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll nagu on eespool kirjeldatud 20 kV paljasjuhtmetega õhuliinide puhul lõigus 21.11. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll.

24. 20 kV UNIVERSAALKAABLI PAIGALDISED

24.1. Üldist

Varem on paigaldatud kõrgepingekaablina SAXKA-kaableid, mille jaoks on spetsiaalsed riputustarvikud. SAXKA-kaableid sai paigaldada ainult õhupaigaldisena. Praegusel ajal , on kõrgepingeuniversaalkaablid SAXKA-kaablid välja tõrjunud, sest neid kaableid võib lisaks õhuliinidena kasutamisele paigaldada ka pinnasesse.

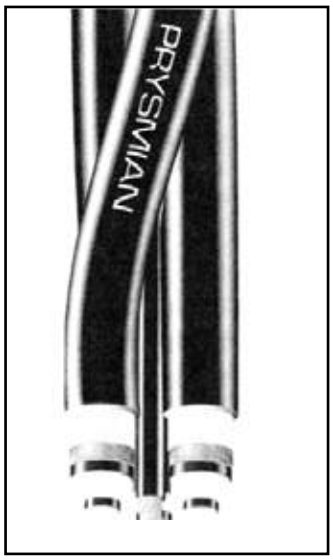
24.2. Kõrgepinge universaalkaabli konstruktsioon

24.2.1. Õhuliinistandardi punkti 2.1.14.2 (1 - 45 kV SFS-EN 50423-1) alusel

”isoleeritud õhukaablisüsteem
süsteem, milles iga juhe on ümbritsetud isoleerivast materjalist tehtud kattega, mis tagab täieliku kaitse kõikide faaside vaheliste või maandatud osadesse suunatud lekkevoolude eest. Paljude juhtudel on iga faasijuhi ümber kaitsekiht. Näited selliste isolatsiooniga kaetud õhukaablisüsteemidest on: rippkeerdkaablid (ABC), isekandev ja kanduri külge seotud maakaabel ning „universaalsed“ kaablisüsteemid.”

24.2.2. Näidiskaabliks on AHXAMK-WM -kaabli konstruktsioon

AHXAMK-WM -kaabel on täiusliku plastkattega kõrgepingekaabli ehitusega 12/20 kV universaalkaabel, mis koosneb ilmastikukindla PE-plastiga kaetud terasestkandetrossi ümber keritud kolmest PEX-isolatsiooniga alumiiniumjuhtme ühefaasilistest kaablitest.



Joonis 417. Universaalkaabel A HXAMK-WM 20 kV (Prysmian).

24.3. Kasutuskohad

AHXAMK-WM -kaabel sobib kasutamiseks 10 ja 20 kV õhuliinide kaabli asendajana. Eriti sobilik on see kaablimark järgmistes kasutuskohtades:

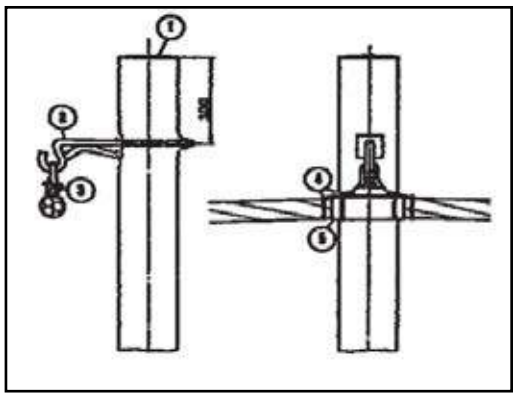
- kui toide on mingil põhjusel ajutine, näiteks elektritoide ehitus objektidele.
- objektidel, kus loodus tahetakse võimalikult puutumatuna hoida.
- ühiskasutusega paigaldistes madalpingerippkaablite ja sidekaablitega.
- vana võrgu ümberehitus- ja laiendustöödes.
- remondikaablina võrguehitustööde ajal ja talitlushäirete puhul.
- alajaamadest ja lülitustrafodest lähtuvate liinidena.

24.4. Vaheaugused ümbritsevate objektideni ja teiste liinideni

Kõrgepinge-universaalkaabli minimaalsed vahekaugused maapinnast, hoonetest, puudest, liiklustrassidest jms on samad nagu madalpingerippkaablitel. Vahekauguse nõuded on kehtestatud tugevvooluliinide eeskirjades ja nüüd ka õhuliinistandardites. Kaabel ei vaja liinikoridori, vaid vahekaugust kasvavate puudega piirab nõue, et püsti olevate puude oksad ja tüved ei tohi kaablit kahjustada.

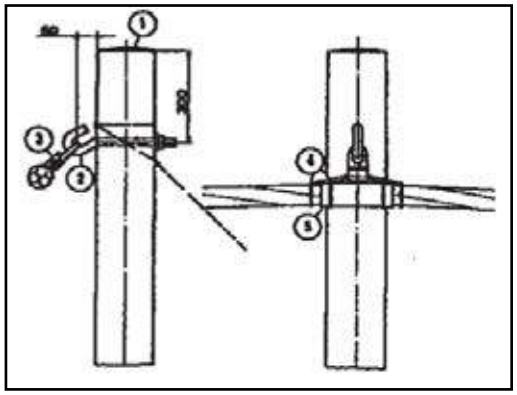
Kuna AHXAMK-WM -kaabel on kaitsemaandatud kestaga varustatud kõrgepinge-universaalkaabel, võib vahekaugus teistest rippkaablitest olla ühiskasutuses olevatel mastidel minimaalselt 0,3 m (vt SFS 6003 tabel 1). AHXAMK-WM -kaabel paigaldatakse mastil rippkaablitest kõige ülemiseks ja lisaks püütakse see paigutada teisele poole kui teised masti külge kinnitatud rippkaablid.
AHXAMK-WM –kaabli teistest kaablitest eristamiseks tähistatakse see ühiskasutuses olevatel mastidel spetsiaalse hoiatussildiga. Sildi võib kinnitada otse kandekonksu alla.

24.5. Paigaldustarvikud



Joonis 418. Kandemast.

Kandemast
Detailid joonisel:
1. Tipukaitse 1 tk
2. Kandekonks RKKU 1 tk
3. Kandeklamber SO86 1 tk



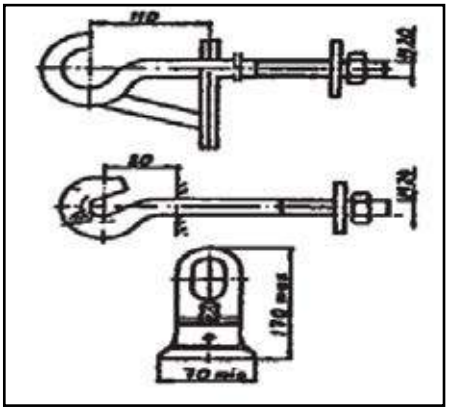
Joonis 419. Nurgamast

Nurgamast
Detailid joonisel:
1. Tipukaitse 1 tk
2. Kandekonks REKS 1 tk
3. Veorulliku kandur SO150 1 tk

Kandurid ja kandeklambrid

Sirgel liinilõigul kasutatakse kandekonksu RKKL (SFS 3812) (joonis). Selle abil jääb kaabel mastist piisavalt kaugele. Väliseid nurki püütake vältida, kujundades sise nurkki, milleks kasutatakse konksu REKS (SFS 3813).

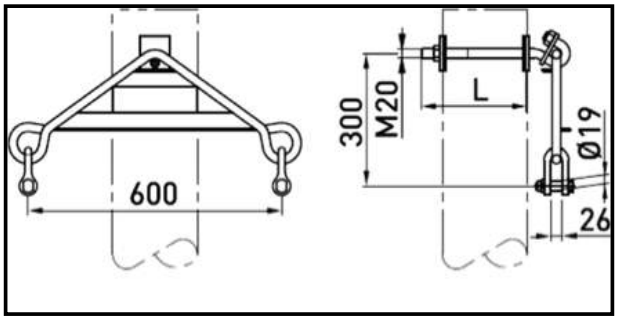
Kaabli kande¬trossi konksu külge kinnitamiseks on vajalik SFS 3814 -stan¬dardile vastav kandeklamber RSR.



Joonis 420. Kandekonksud RKKL ja REKS

Joonis 421. Kandeklamber SO241 (Ensto).

Joonis 423. Näide universaalkaabli nurgapaigaldusest (Empower).

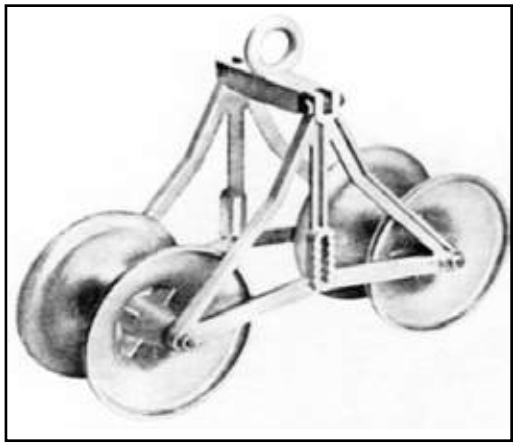


Joonis 422. Kandetraavers suurtele nurkadele SOT73 (Ensto).

Ankruklamber
Ankruklambrit kasutatakse AHXAMK-WM -kaabli kandetrossi pingutushoidikuna kandekonksu või silmuspoldi juures. Kui trossi ots lükatakse paigaldusjuhises kirjeldatud viisil läbi klambri, selle lukustusmehhanism rakendub ning kinnitab trossi kandva lõigu kindlalt ja soovitud pikkuses.

24.6. Paigaldamine, otste ja jätkukohtade tegemine

Paigaldamine
AHXAMK-WM -kaabli vedamine toimub samal viisil nagu AMKA-liinil, kuid liini kaal ja paksus seavad vedamisseadme võimsusele omad nõuded. Järske nurki tuleks vältida või kaabel veetakse sellisel puhul nt kahe lauge nurgaga.
Liini liikuvas sõidukis olevalt trumlilt maha kerimine ja seejärel mastide otsa tõstmine on kasutuskõlblik tööviis teeservadesse paigaldamisel, kus tee ja liinide ristumine seda ei takista.



Joonis 424. Kaabliveorullikud.

Tabel 35. Näide trosside tekitatud tõmbejõu ja ripete tabelist (osa tabelist RJ 8:94)(SAXKA 3x70.

Paigaldustrosside tekitatud tõmbejõud kilonjuutonites

Visang m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
30	14,28	12,96	12,08	11,08	10,17	9,34	8,61
40	13,92	12,96	12,08	11,27	10,53	9,86	9,26
50	13,58	12,80	12,08	11,42	10,82	10,27	9,78
60	13,80	12,66	12,08	11,54	11,05	10,60	10,18
70	13,07	12,55	12,08	11.64	11,23	10,85	10,50
80	12,89	12,47	12,08	11,71	11,37	11.05	10,76
90	12,76	12,40	12,08	11,77	11,48	11,21	10,96
100	12,64	12,35	12,08	11,82	11,57	11,34	11,12

PAIGALDUSRIPE MEETRITES

Visang m	TEMPERATUUR °C						
	-20	-10	0	+10	+20	+30	+40
30	0,21	0,23	0,25	0,27	0,30	0,33	0,35
40	0,39	0,42	0,45	0,48	0,51	0,55	0,58
50	0,62	0,66	0,70	0,74	0,78	0,82	0,86
60	0,91	0,96	1,01	1,05	1,10	1,15	1,20
70	1,27	1,32	1,37	1,43	1,48	1,53	1,58
80	1.68	1,74	1,80	1,85	1,91	1,96	2,02
90	2,15	2,21	2,28	2,33	2,39	2,45	2,51
100	2,69	2,75	2,81	2,88	2,94	3,00	3,06

Otste ja jätkukohtade tegemine

AHXAMK-WM -kaabli faasijuhid nõuavad kõrgepingekaabli konstruktsiooni tõttu alati usaldusväärset lõpetamist. Otste ja jätkukohtade tegemine toimub tootja paigaldusjuhist järgides.
Otste ja jätkukohtade tegemine on kõrgepingekaablite juurde kuuluv töö ja eeldab eriväljaõppe läbimist.

Joonis 425. Paljasjuhtmega õhuliini ühendus AHXAMK-WM -kaabliga (Etelä-Suomen Energia).

Joonis 426. AHXAMK-WM -kaabli üleminek maakaablipaigaldiseks (Etelä-Suomen Energia).

25. ÕHULIINIDE EHITAMINE LIIKLUSTRASSI NING PUHKEALA LÄHEDUSSE

25.1. Üldist

Praegu ja kuni 31.12.2010 reguleerivad õhuliinide ehitamist Tugevvooluõhuliini eeskirjad (Vahvavirtailmajohtomääräykset) VIM A4-1993. Pärast 31.12.2010 ehitatavate õhuliinide ehitamist reguleerivad uued õhuliinistandardid.

Avalike teede osas reguleerib liinide ehitamist ka Tiehallinto juhis „Sähköjohdot ja yleiset teed". Raudteede osas reguleerib õhuliinide ehitamist Ratahallintokeskuse üldjuhis liinide ja kaablite kohta Ratahallintokeskuse territooriumil. Õhuliinide ehitamist veeteede lähetusse reguleerib Merenkulkulaitos. Nii avalike teede kui ka raudteede ja veetee ületamiseks on vaja taotleda luba ning loatingimustes määratakse ka liini asukoht ja ehitusviis. Kaasajal on kolm eespool nimetatud asutust ühendatud Liikennevirastoks (Soome transpordiamet).
Tugevvooluõhuliinide eeskirjad liigitavad ka puhkealad, näiteks spordiväljakud koos tribüüniga teeks, mille kohta kehtivad samad vahekauguste nõuded nagu teealade kohta. Uus õhuliinistandard SFS-EN 50423-1 kehtestab puhkealade kohta spetsiaalsed vahekauguste nõuded. Vt raamatu lõik 25.5.

Vaba õhuvahe, minimaalne vajalik õhuvahe

Minimaalne vajalik õhuvahe, mis hoiab ära kahjuliku ülelöögi faasijuhi ja maa potentsiaali all olevate objektide vahel järskudel või laugetel transientliigpingetel. Del võib olla kas sisemine vahekaugus, kui tegemist on juhtme kaugusega mastikonstruktsioonist või välise vahekaugusega, kui tegemist on vahekaugusega juhtmest takistuseni (vt SFS-EN 50341-3-7 tabel 5.4/FI.1).

Õhuliinidele nõutud vaba õhuvahe tabelist VIM 3.1-1 ja elektriline põhivahekaugus tabelist 5.4/FI.1

Tabel 36. Pingevaru ja elektriline põhivahekaugus eri pingete puhul.

Pinge kV	Osa tabelist VIM 3.1-1 Pingevaru m	Osa tabelist 5.4/FI.1 elektriline põhivahekaugus D_{el} m
1	0,06	-
1…10	0,12	0,12
20	0,22	0,22
30	0,32	0,32
45	0,48	0,48
110	0,9	0,90
220	1,5	1,5
400	2,9	2,9

25.2. Õhuliin tee või sellele vastava muu liiklustrassi läheduses

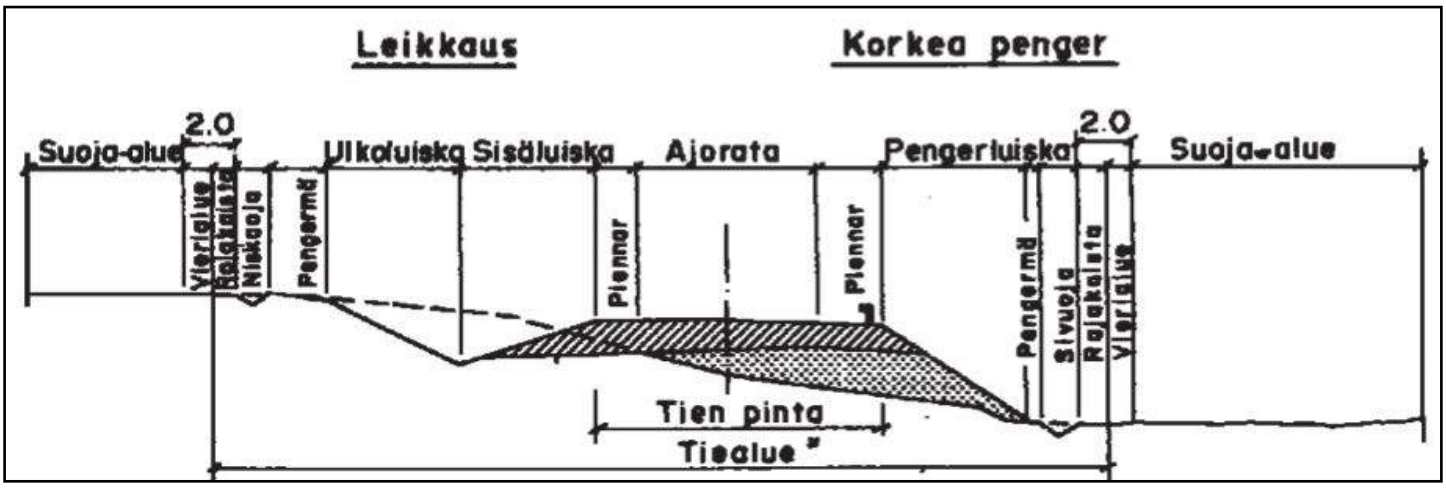
25.2.1. Üldist

Metsades paiknevatele 20 kV õhuliinidele tormi tõttu tekkinud kahjustused ja ka lumekoormast tekkinud rikked on tekitanud surve viia võimalikult palju liine teede servadesse. Enamasti ehitataksegi uued 20 kV õhuliinid teede äärde.

Kui elektriliinid paigutatakse avalike teede lähedusse, tuleb hoolitseda selle eest, et nendest liiklusele, teehoiule ja maastikule tekitatud ebameeldivused jääksid minimaalseks. Liinide paigutamisel järgitakse Tiehallinto juhist "Sähköjohdot ja yleiset teed".

Teealale või selle lähedusse rajatavale õhuliinile tuleb enne ehitustööde alustamist taotleda Tiehallintolt paigu-

tusluba, loa taotlemisel järgitakse Tiehallinto kehtestatud juhiseid. Paigutusluba määrab ära ka õhuliinitöödel rakendatavad liikluskorralduslikud tööd.



Joonis 427. Maantee osade nimetused.

Joonisel 427 on kujutatud tee ristlõike eri osade kohta kasutatud nimetusi:

Teeala on märgitud maastikku maamõõtmise käigus või ulatub meetri kaugusele teekraavi, või kui kraavi ei ole, teenõlva või –lõike välisservast.

Kõrvalala on 2 m kaugusel kraavi või 3 m kaugusel nõlva või lõike servast.

Kaitsevöönd ulatub 20 m kaugusele maantee ja 12 m kaugusele kohaliku tee sõiduraja keskjoonest.

Nähtavusala tähendab piirkonda, mille vabana hoidmine seda piiravatest takistustest on vajalik liiklusohutuse tagamiseks:
- teel olevate kurvide kohal
- tee ristmikel ja ühenduskohtadel
- tee ja raudtee ühetasandilistel ristmikel

25.2.2. Tee läheduses paiknevate õhuliinide erinõuded antud eeskirjade, juhiste ja standardite alusel

25.2.2.1. Vahekauguse nõuded VIM A4-93 alusel

Tugevvooluõhuliinide eeskirjades on teed jagatud eeskirjadest lähtudes kahte gruppi:
a. Ülikõrgete eriveoste teedevõrku mittekuuluvad teed
b. Ülikõrgete eriveoste teedevõrku kuuluvad teed

VIM 4.2.1.2.

Tee ja sellele vastab muu liiklustrass

Teele vastavaks muuks liiklustrassiks loetakse nt tänav, maastikusõiduseaduse alusel loodud mootorsaanimarsruut, väljak, spordiväljak koos tribüüniga ning üldkasutatavad ja eraomandis olevad koorma peale ja maha laadimise ning parkimiskohad koos sinna viivate ühendusteedega.

Punkt a. Ülikõrgete eriveoste teedevõrku mittekuuluvad teed

Ülalpool oleva rippkaabli, maandusjuhi ja piksekaitse vertikaalne vahekaugus liiklustrassi pinnast peab olema

ilmastikuoludes vähemalt 5,5 m ja koormusoludes ning tugevdatud konstruktsiooniga juhtmes ka maandusjuhi ja piksekaitse katkemise järel kõrvalolevas visangus (vt punkt 2,2) vähemalt 5 m. Kui rippkaabel on krundi territooriumil paikneva, ka sõidukite liikluseks avatud eratee või avaliku tee või tänava juurde kuuluva jalgrattatee või kõnnitee kohal, võib selle vertikaalne vahekaugus olla ilmastiku- ja koormusoludes 4 m.

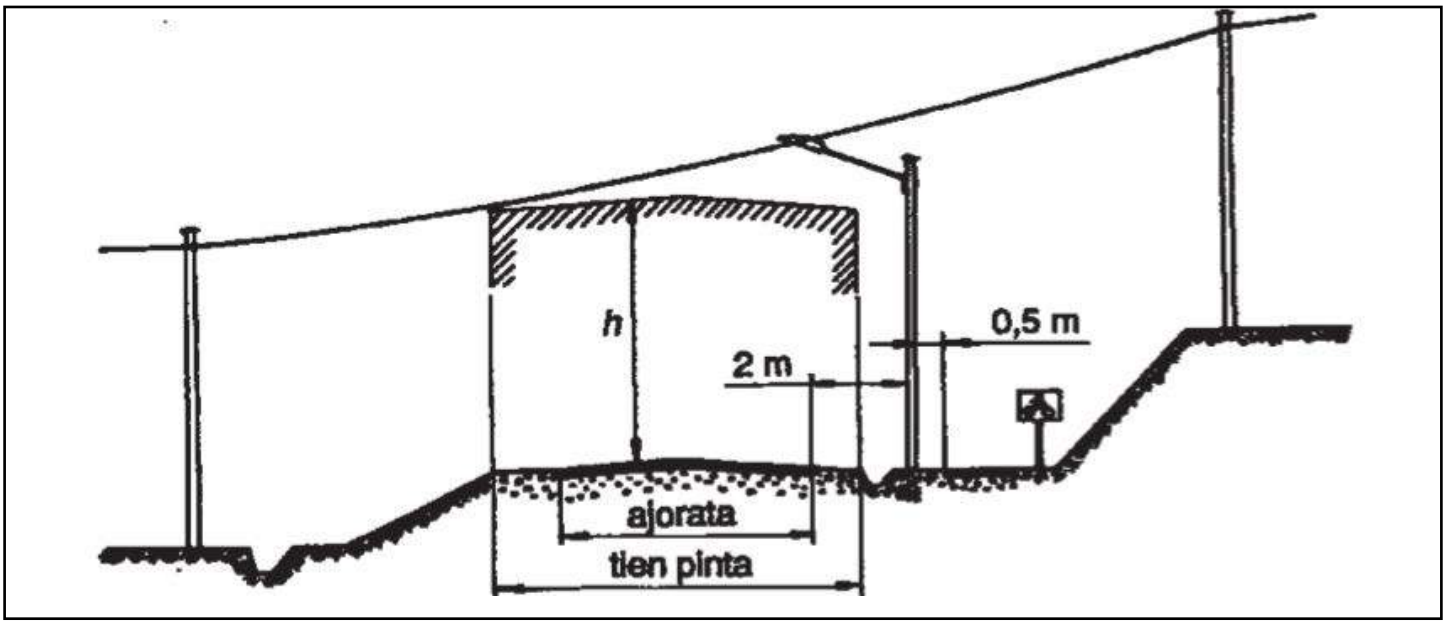
Ülalpool olev õhuliini voolujuhi vertikaalne vahekaugus liiklustrassi pinnast peab olema ilmastikuoludes vähemalt 6 m ja koormusoludes ning tugevdatud konstruktsiooniga juhtmes ka maandusjuhi ja piksekaitse katkemise järel kõrvalolevas visangus (vt punkt 2,2) vähemalt 5 m + pingevaru.

Maastikuliikluse seaduse alusel võib mootorsaanimarsruudi kohal oleva õhuliini juhtme vahekaugus marsruudi liiklusele avatud ala pinnast olla ilmastiku- ja koormusoludest punktis 4.1.1 toodud andmetele vastav ning õhuliini juhtme katkemisel kõrval olevas visangus (vt punkt 2.2) ei kehtestata vahekauguse nõudeid.

Liin paikneb tee kohal, kui mõni liini osa on teepinna kohal. Tee pinna alla kuuluvad lisaks sõiduradadele ka teepeenrad.

Teealale ei tohi püstitada maste (kaasa arvatud tõmmitsad) ilma tee haldaja loata. Sama kehtib ka liini osade kinnitamise kohta avaliku tee juurde kuuluva silla külge.

Mastid tõmmitsatega tuleb, kui võimalik, paigutada tänava sõiduraja servast vähemalt 2 m ja jalgrattatee servast vähemalt 0,5 m kaugusele.



Joonis 428. VIM Joonis 4.2-3.Õhuliini juhtme minimaalne vahekaugus tee pinnast ning masti minimaalne vahekaugus (soovitus) tänava sõiduraja ja jalgrattatee servast. Juhe ei tohi ulatuda viirutatud alale. Minimaalse vahekauguse h väärtused on toodud tabelis 4.2.-2.

Tabel 37. Õhuliini juhtme minimaalne vahekaugus tee või sellele vastava muu liiklustrassi pinnast (VIM tabel 4.2.-2.) .

1	2	3	4
Liin	Vahekaugus m		
	Ilmastiku-olud	Koormus-olud	Juhtme katkemisel
rippkaabel	5,50 (4,00)	5,00 (4,00)	
maandusjuht ja piksekaitse tross	5,50	5,00	5,00
< 1 kV õhuliini juhe	6,00	5,00	5,00
>1…10 kV " "	6,12	5,12	5,12
20 kV " "	6,22	5,22	5,22
30 kV " "	6,32	5,32	5,32
45 kV " "	6,48	5,48	5,48
110 kV " "	6,90	5,90	5,90
220 kV " "	7,50	6,50	6,50
400 kV " "	8,90	7,90	7,90

VIM 4.2.1.2

Punkt b. Ülikõrgete eriveoste teedevõrku kuuluvad teed

Ülikõrgete eriveoste teedevõrku kuuluvate teede (vt. joonis 4.2-4 ja lisa I) kohal oleva õhuliini juhtme vertikaalne vahekaugus tee pinnast peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt tabelis 4.2-3 toodud väärtustele vastav. Õhuliinil juhtme katkedes kõrvalolevas visangus (vt punkt 2.2) tuleb lisaks järgida tabeli 4.2.-2 veerus 4 toodud vahekauguse nõuet.
Õhuliini väravtõmmits võrdsustatakse vahekauguse nõude osas rippkaabliga.

Tabel 38.Õhuliini juhtme minimaalne vahekaugus tee pinnast ülikõrgete eriveoste teedevõrku kuuluvatel teedel (VIM tabel 4.2.-3.) .

1	2	3	4
Liin	Vaba alt läbipääsu kõrgus		
	6,0 m	6,5 m	7,0 m[1)]
	Vahekaugus m		
maandusjuht ja piksekaitse tross	6,2	6,7	7,2
rippkaabel	6,5	7,0	7,5
< 1 kV õhuliini juhe	6,5	7,0	7,5
>1…45 kV " "	7,0	7,5	8,0
110 kV " "	7,4	7,5	8,4
220 kV " "	8,0	8,5	9,0
400 kV " "	9,5	10,0	10,5

Liini ehituse tugevdamine

Liin tuleb ehitada tugevdatud ehitusega selles osas, kui selle horisontaalne vahekaugus avaliku, liiklusele avatud tee pinna servast või sellisele teele vastava muu liikluseks avatud trassi servast on alla 5 m + pingevaru (20 kV õhuliinil 5,22 m).

Ehitamisel tuleb arvestada ka seda, et õhuliini sisenurga poole jäävale liiklustrassile lahtitulemise korral ulatuv õhuliini juhe on nurgamastis kinnitatud tugevdatud juhtme ehituse alusel. Kinnitusvahend ei tohi olla ainult puidukeerme küljes.

Teede servades tuleb kõrgepingeliinide mastid varustada hoiatussiltidega.

Joonis 429. Hoiatussilt.

25.2.2.2. Vahekauguse nõuded õhuliinistandardi SFS-EN 50341-1 alusel

5.4.5.3 Liiklustrassid

Õhuliini minimaalne vahekaugus tee pinnast peab kõikides koormusoludes, juhtme maksimaalsel temperatuuril, jääkoorma ja tuulekoormusega olema 6 m + Del. (vt tabel 5.4.5.3.1)

”FI. 1 Tee, raudtee või veetee läheduses paiknev või nendega ristuv liin

Teedega võrdsustatakse järgmised alad: tänavad ja teed, väljakud, platsid, parkimisplatsid ning koorma peale- ja maha laadimise alad.
Vahekaugus õhuliini mastist tee servani peaks olema vähemalt 2 m.

Kui liin ületab teed, mis kuulub ülikõrgete veoste marsruutide hulga, peab vahekaugus vastama tee haldaja poolt kehtestatud nõuetele.
Vahekauguste vähendamine kõrvalteedel ei ole lubatud. Erandi moodustavad siiski maastikuliikluseseaduses sätestatud mootorsaanimarsruudid, mille puhul rakendatakse vahekaugusi, mis kehtivad peamiselt hoonetest kaugemal paiknevate alade suhtes. ”

25.2.2.3. Vahekauguse nõuded madalpingeõhuliinide standardi SFS 6003 alusel

” Madalpingeõhukaabli, maandusjuhi ja piksekaitse vahekaugused avaliku tee pinnast peavad olema vähemalt 7,8 m. Üle tee kulgev väravtõmmits võrdsustatakse vahekauguste suhtes madalpingeõhukaabliga.
Eratee, krundi territooriumil paikneva sõidukite liikluseks avatud tee või avaliku teega liituva kõnnitee või muu kergliiklustrassi kohal peab vahekaugus maapinnast olema vähemalt 5,5 m. ---”

25.2.2.4. Vahekauguse nõuded juhise Sähköjohdot ja yleiset tiet alusel

Juhis Sähköjohdot ja yleiset tiet määratleb õhuliinide minimaalse kõrguse avalike teede kohal. Avalikud teed on liigitatud nõuetest lähtuvalt tabelis 39 toodud andmete alusel

Tabel 39. Õhuliinide minimaalsed kõrgused avalike teede kohal (Sähköjohdot ja yleiset tiet, Liite 4)

Õhuliinide minimaalsed kõrgused avalike teede kohal		
Tee tüüp	Põhi-, tugi- ja piirkondlikud maanteed ning ülikõrgete veoste marsruudid	Muud teed
Vaba alt läbipääsu nõue	7,0	6,0
Maandusjuht ja piksekaitse tross	7,5	6,7
Rippkaabel	7,8	7,0
< 1 kV	7,8	7,0
1…45 kV	8,3	7,5
110 kV	8,7	7,9
220 kV	9,3	8,5
400 kV	10,8	10,0

Tabeli vahekauguse nõuetes on põhi-, tugi- ja piirkondlike teede ning ülikõrgete veoste marsruutide osas arvestatud 0,1 m lumevaru, 0,1 m külmunud pinnase varu ja 0,1 m teekonstruktsiooni parendamise varu ning teiste teede osas 0,2 m lumevaru, 0,1 m külmunud pinnase varu ja 0,2 m teekonstruktsiooni parendamise varu. Külmunud pinnase varu võib Põhja-Soomes erandkorras suurem olla.

Andmed ülikõrgete eriveoste vedamiseks ettenähtud teede asukoha kohta saab Liikennevirastost.

25.3. Õhuliin raudtee läheduses

25.3.1. Vahekauguse nõuded VIM A4-93 alusel

Tugevvooluõhuliini eeskirjad (VIM) punkt 4.2.1.1

Kui liini horisontaalne vahekaugus rööpast või elektriraudtee raudtee õhuliini konstruktsioonist on alla 5 m + pingevaru, peab selle juhtme vertikaalne vahekaugus olema ilmastiku- ja koormusoludes ning õhuliini katkemisel kõrvalolevas visangus (vt punkt 2.2) vähemalt 11,5 m + pingevaru sellise elektriraudtee rööpast, kus on õhuliinina veetud raudteejuhtmeid, ning vähemalt 7 m + pingevaru muu raudtee rööpast. Erijuhtudel võib olla vaja rakendada ka suuremaid vahekaugusi.

Konstruktsiooni tugevdamine

Õhuliin tuleb ehitada tugevdatud konstruktsiooniga selles osas, milles selle horisontaalne vahekaugus raudtee rööpast või elektriraudtee õhuliinikonstruktsioonist on alla 5 m + pingevaru.

Raudteeala

Raudteeala on raudtee alana kasutamiseks mõeldud mõlemal pool rööbasteed tähistatud ala.

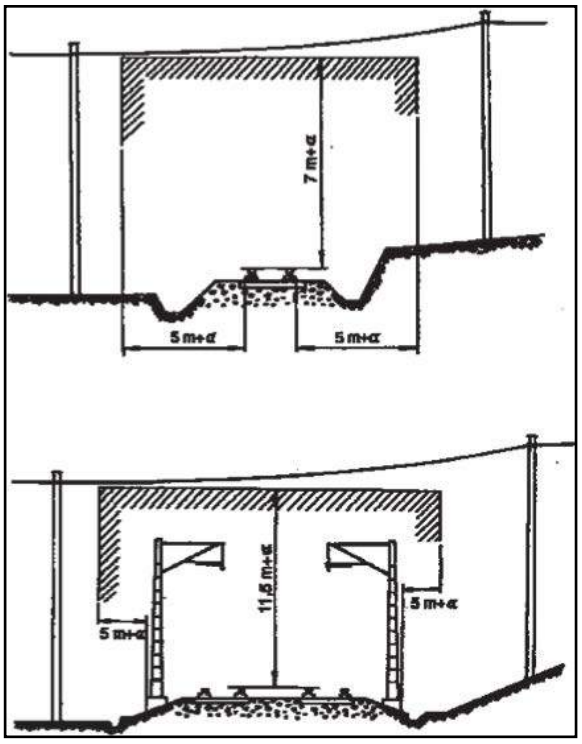
Raudteealale ei ole lubatud püstitada maste ega nende tõmmitsaid ilma raudtee haldaja loata. Ristuva visangu ehitamiseks üle raudtee tuleb saada raudtee haldaja luba.

Üldkasutava raudtee haldaja on raudteeoperaator, kelleks on Soome raudteeamet ja vastava raudteevõrgu ülem.

Tabel 40. Õhuliini juhtme minimaalne vahekaugus raudtee rööpast (VIM tabel 4.2-1.).

1	2	3
Liin	Vahekaugus m	
	elektri-raudtee rööpast	muu rööbastee rööpast
Rippkaabel, maandusjuht ja piksekaitse tross	11,50	7,00
1 kV õhuliini juhe	11,50	7,00
>1...10 kV õhuliini juhe	11,62	7,00
20 kV " "	11,72	7,22
30 kV " "	11,82	7,32
45 kV " "	11,98	7,48
110 kV " "	12,40	7,90
220 kV " "	13,00	8,50
400 kV " "	14,40	9,90

Erinevalt eespool toodud tabelist ei anna Ratahallintokeskus luba raudtee ületamiseks madalpingeõhuliiniga.



Joonis 430. Õhuliini juhtme minimaalne vahekaugus raudtee rööpast. Liin ei tohi ulatuda viirutatud alale. a = pingevaru

25.3.2. Vahekauguse nõuded õhuliinistandardi SFS-EN 50341-1 alusel

5.4.5.3 Liiklustrassid

Õhuliini minimaalne vahekaugus raudtee rööpa harjast peab kõikides koormusoludes, juhtme maksimumtemperatuuri, jääkoorma ja tuulekoormuse puhul olema 6 m + D_{el}, kui tegemist ei ole elektritoitega raudteega (vt tabel 5.4.5.3.1).

5.4.5.3 Liiklustrassid
Õhuliini minimaalne vahekaugus elektritoitega raudtee konstruktsiooniosast peab kõikides koormusoludes, juhtme maksimumtemperatuuri, jääkoorma ja tuulekoormuse puhul olema 2 m + D_{el}. (vt tabel 5.4.5.3.1)

FI.2 Raudtee läheduses olev või sellega ristuv liin
Kui horisontaalne vahekaugus rööpast või elektritoitega rööbastee konstruktsioonist on alla 5 m + D_{el}, peab vertikaalne vahekaugus juhtme ja rööpaharja vahel olema vähemalt 7 m + D_{el}. Kui tegemist on elektritoitega raudteega, mille toiteliin on õhus, peab vahekaugus olema vähemalt 11,5 m + D_{el}.

25.4. Õhuliin kanali või muu veetee läheduses

25.4.1. Vahekauguse nõuded VIM A4-93 alusel

Tugevvooluõhuliini eeskirjad punkt 4.2.1.3

Õhuliini juhtme kaugus veesõiduki kõige kõrgemast osast (mastist) peab olema ilmastiku- ja koormusoludes ning tugevdatud konstruktsiooniga õhuliinis juhtme kõrvalolevas visangus katkemise korral (vt punkt 2.2) vähemalt 1,5 m + pingevaru.

Tabel 41. Õhuliini juhtme minimaalne vahekaugus veesõiduki mastist (osa VIM tabelist 4.2-3.).

1	2
Liin	Vahekaugus m
rippkaabel maandusjuht ja piksekaitse tross	1,50
< 1 kV õhuliini juhe	1,50
>1…10 kV " "	1,50
20 kV " "	1,62
30 kV " "	1,82
45 kV " "	1,98
110 kV " "	2,40
220 kV " "	3,00
400 kV " "	4,40

Laevateed ületava õhuliini jaoks peab saama ehitusloa Soome veeteede ametilt, mis ühtlasi määratleb iga laevatee laevade suurima mastikõrguse.

25.4.2. Vahekauguse nõuded õhuliinistandardi SFS-EN 50341-1 alusel

5.4.5.3 Liiklustrassid

Õhuliini minimaalne vahekaugus lubatud veesõiduki ulatusest ametlikul purjetamiskõlblikul veealal, peab kõikides koormusoludes, juhtme maksimumtemperatuuri, jääkoorma ja tuulekoormuse puhul olema 2 m + D_{el} (vt tabel 5.4.5.3.1).

FI.3 Veeteed
Teavet veesõidukite suurimate mastikõrguste kohta annab Soomes Merenkulkulaitos (Veeteede amet).

25.4.3. Merenkulkulaitose juhis 1369/00/2008

Merenkulkulaitos on välja andnud juhised õhuliinide, kaablite ja teiste liinide paigaldamise ja tähistamise kohta:

“1. ÕHULIINID
1.1 Üldist

Veeseaduse (vesilaki, 264/1961) 1. ja 2 ptk sätete alusel tuleb õhuliini ehitamiseks taotleda luba keskkonnaametist, kui liin piirab veeliiklust piirkonnas. On soovitatav, et õhuliini ehitaja küsib võimalikult varases projekteerimisetapis Merenkulkulaitoselt andmeid selle kohta, milline on veeliikluse seisukohalt vajalik liinikõrgus konkreetses piirkonnas.

Veeliikluses nõutud liinikõrgused on toodud Merenkulkulaitose väljaandes " Suosituksia ilmajohtojen alikulkukorkeuksista" (Merenkulkulaitoksen julkaisuja 4/2006). Väljaandes on toodud lisaks kõrgusgabariitide kohta antud soovitustele juhiseid õhuliinide tähistamiseks maastikul ja kaartidel. Soovitused puudutavad lisaks trassidele ka teisi purjetamis- ja veeliikluseks kõlblikke veealasid.

Õhuliini puudutavates küsimustes on Merenkulkulaitose kontaktisikuteks piirkondlikud trassiüksused.

1.2 Õhuliini tähistamine

Veekogu ületavad, veeliiklust piiravad õhuliinid tähistatakse veeliikluse tähistega. Merenkulkulaitos teatab oma seisukoha tähistamisvajaduse kohta õhuliini ehitamise ja kõrgusgabariidi kohta antud seisukohtade juures.

Õhuliini tähistatakse maastikul õhuliinile viitava teavitustähisega, millel on välku kujutav sümbol. Lisaks kasutatakse tähist Piiratud kõrgusgabariit, mis viitab lubatud kõrgusgabariidile meetrites. Tähise võib varustada mõjusuunale viitavate tähistega.

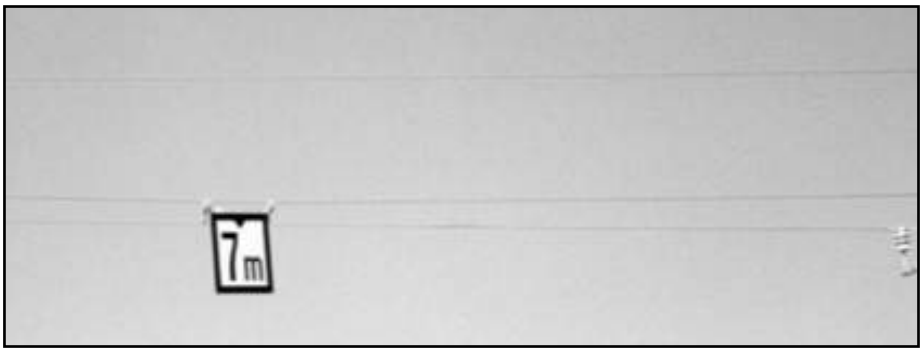
Tähis Piiratud kõrgusgabariit paigutatakse kirjeldava tähise kohale. Tähised võib paigutada liikumissuuna suhtes kas trassi paremale või mõlemale poolele trassi kohale, kus liinitrass ristub liiklustrassiga, kui piirkonnas ei ole ühist liikumistrassi.

Piiratud kõrgusgabariidi tähise võib kinnitada ka otse õhuliini külge. Sellisel juhul tähise juures Õhuliinile viitavat tähist ei kasutata.

Tähised paigutatakse nii, et need on lähenevast veesõidukit kergesti märgatavad ja veesõiduk jõuaks õigel ajal tagasi pöörata või peatuda.

Tähiste paigaldamise ja nende haldamise eest hoolitseb õhuliini omanik ja tähiste paigaldaja oma kulul."

Joonis 431. Tähisetahvel rannas.



Joonis 432. Tähisetahvli võib paigutada ka otse juhtme trassi kohale pingealuse tööna.

1.3 Teavitamine

Merenkulkulaitos nõuab õhuliini ehitajalt järgmisi teavitusi:
- eelteade õhuliini ehitamise alustamise ja ajakava kohta
- tööaegsed teated, näiteks veeliikluse piirangud
- õhuliini valmiise teade juhiste lisas 1 toodud vormi alusel, mis esitatakse Merenkulkulaitose piirkondlikule trassiüksusele

25.5. Õhuliin puhkeala läheduses

Puhkealade, mille hulka loetakse mänguväljakud, spordiväljakud jne, kohta on koostatud eraldi vahekauguste nõuded õhuliinidele. Need nõuded kehtivad pingevahemiku 1 – 45 kV kohta.

Tabel 42. Minimaalsed vahekaugused puhkealadel SFS-EN 50423-1 tabeli 5.4.5.5 alusel.

Puhkeala	Õhuliin või PAS	Õhukaabel
Sportimispiirkonna kohal	7,6 m	7,0 m
Basseini ülemise tasandi kohal	8,6 m	8,0 m
Vahekaugus (ülal) purjetamisvahendite lubatud ulatusest	1,6 m	1,0 m
Vahekaugus (ülal) purjetamisvahendite spordi jms vahenditest	3,6 m	3,0 m
Horisontaalne vahekaugus kõikide nimetatud objektidega	3,6 m	3,0 m

26. ÜHISKASUTUSES MASTIDE KONSTRUKTSIOON

26.1. ÜLDIST

Ühiskasutuses olevaid maste on suhteliselt palju, sest elektriettevõtjad ja sideettevõtted kasutavad ühiskasutuses maste kinnistute elektri- ja sideliinide rajamiseks.
Kõrgepingeliinide ja sideliinide ühismastide kasutuselevõtuga on mastide kasutus veelgi efektiivsem.
Maapiirkondade sidevõrkude kaabliühenduste demonteerimine mõjutab ka ühiskasutuse mahu vähenemist.
Põhiosa ühiskasutuses mastidest kasutatakse peamiselt jaotusvõrgus erineva pingega liinidel ühiskasutuse raames.

Praegused ühiskasutuses mastide konstruktsioonid on teostatud Tugevvooluõhuliinide eeskirjade (VIM) A4-93 alusel. Uued õhuliinistandardid ei muuda varasemaid eeskirju kuigivõrd, sest neis on ühiskasutuses mastide kohta antud riiklikud juhised, mis vastavad põhiosas VIM 4-93 eeskirjadele. Käsitlen selles raamatus ühiskasutuse maste esmalt VIM 4-93 jooniste ja mõõtmete alusel ja eraldi lõigus veel õhuliinistandardites ühiskasutuses mastide kohta antud juhiseid.
Olen teinud tekstidesse mõningaid parandusi, kasutades nõrkvoolujuhtme asemel kaasaegse praktika järgi väljendit sideliinid, kuigi VIMis räägitakse nõrkvoolujuhtmetest.

26.2. Ühismastide konstruktsioonid VIM A4-93 alusel

26.2.1. Üldist

Elektriohutuseeskirjade (Sähköturvallisuusmääräys, StM) § 43 lg 4: “Kui erinevatesse süsteemidesse või vooluahelatesse kuuluvad juhtmed on kinnitatud samade mastide külge, tuleb hoolitseda selle eest, et ühiskasutuses masti konstruktsioon ohtu ei põhjustaks.”

Kui ühiskasutuses mastide otsa kinnitatakse juhtmeid, mille hoolduse ja seisukorra eest vastutavad erinevaid haldajad, peavad nad ühismastide kasutuseks kirjaliku kokkuleppe sõlmima.

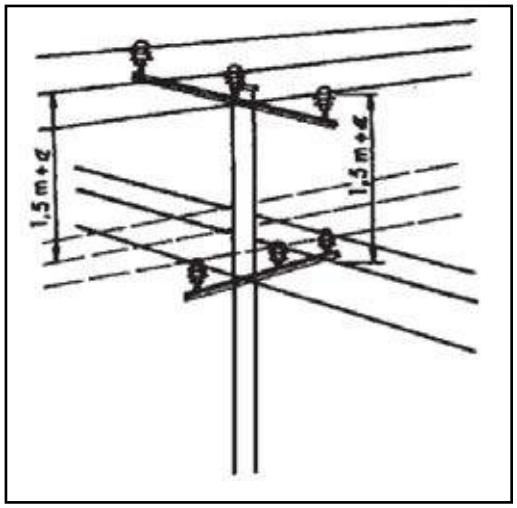
Pingevaru, vaba õhuvahe erinevate pingete puhul VIM Tabel 3.1-1. tabeli andmed on toodud raamatus eespool tabelis 35.

26.2.2. Kõrgepingeliin/kõrgepingeliin

Asukoht
Õhuliini paljasjuhtmete vähim vahekaugus teise õhuliini paljasjuhtmeni peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt 1,5 m + pingevaru.
Allolevas tabelis on toodud kõrgepingeõhuliini juhtme minimaalne vahekaugus teise kõrgepingeõhuliini juhtmest ja kõrgepingerippkaablist ühiskasutuses olevas mastis:

Tabel 43. (VIM Tabel 4.4-1.)

1	2
Kõrgepingeliin	Vahekaugus m
< 1 kV õhuliini juhe	1,50
>1…10 kV ” ”	1,62
20 kV ” ”	1,72
30 kV ” ”	1,82
45 kV ” ”	1,98
110 kV ” ”	2,40
220 kV ” ”	3,00
400 kV ” ”	4,40



Joonis 433. Kõrgepingeõhuliin/kõrgepingeõhuliin ühiskasutusmastil(VIM Joonis4.4-1 a).

Samasuunaliste liinide kinnituskohtade vahele peab jääma lisaks veel 1,15 kordne arvutuslik faaside vahe, kui liinides on sama pinge, ja 1,5 kordne vahe, kui liinid on erineva pingega.

Rippkaablite vahelisi vahekaugusi ei piirata, kuid kaablid tuleb vajadusel paigutada piisavalt eraldi, et need üksteist mehhaaniliselt ei vigastaks ja et liigne maanduspinge ei kanduks ühest liinist teise.
Soovitatav (loomulik) paigaldusjärjestus ühiskasutuses mastil on ülalt allapoole selline:

- Kõrgema pingega õhuliin
- Madalama pingega õhuliin
- rippkaabel.

Konstruktsioon
Kui ühiskasutuses masti konstruktsioonis on vähemalt 110 kV õhuliin, tuleb ülemise liini konstruktsiooni tugevdada.
Kui ühiskasutuses mastikonstruktsioonis ei ole vähemalt 110 kV õhuliini, piisab sellest, et ülemine liin on mehhaaniliselt tugevuselt vähemalt sama tugev nagu alumine liin.
Masti dimensioneerimisel tuleb arvestada kõiki masti koormavaid liine.

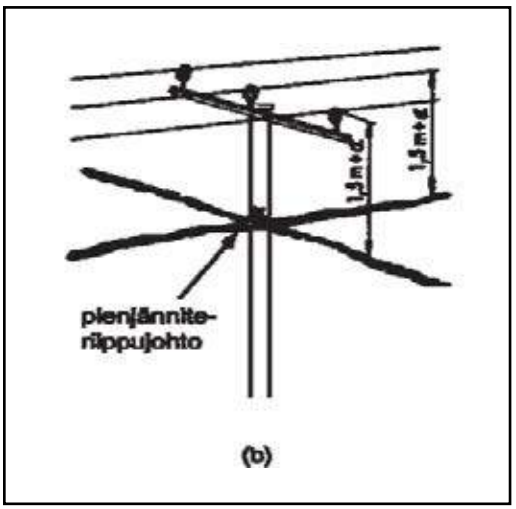
26.2.3. Kõrgepingeliin/madalpingeliin

Asukoht
Kõrgepingeõhuliin ei tohi olla madalpingeõhuliinist ega madalpingerippkaablist allpool.

Kõrgepingerippkaabel ei tohi olla madalpingeõhuliinist allpool.

Õige paigaldusjärjestus ülalt alla lugedes:

- kõrgepingeõhuliin
- kõrgepingerippkaabel
- madalpingeõhuliin
- madalpingerippkaabel.



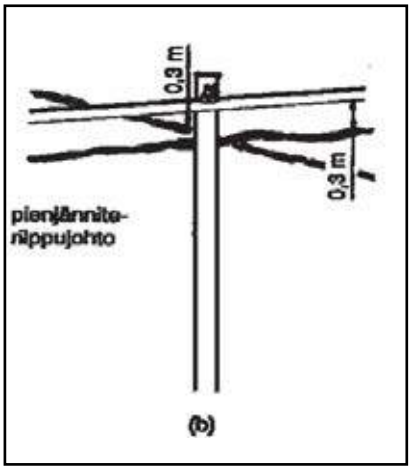
Joonis 434. Kõrgepingeõhuliin/AMKA-liin (VIM Joonis 4.4-2. b).

Kõrgepingeliini juhtme vähim vahekaugus ühiskasutuses mastidele samasuunaliselt või ühise ristumismasti külge kinnitatud madalpingeõhuliini juhtmest või madalpingerippkaablist peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt 1,5 m + pingevaru. Kui jääkoormus tekib ainult ülemisel liinil, peab 20 kV õhuliini ja madalpingeliini minimaalne vahekaugus olema 0,35 m (VIM tabel 4.4-3.).

Allolevas tabelis on toodud kõrgepingeliini voolujuhtme ja kõrgepingerippkaabli minimaalne vahekaugus madalpingeliinist ühiskasutuses mastis:

Tabel 44. (VIM Tabel 4.4-2.).

1	2	3
Kõrgepingeliin	Madalpingeliin	Vahekaugus m
1 kV õhuliini juhe	õhuliini juhe või rippkaabel	1,50
>1...10 kV õhuliini juhe	"	1,62
20 kV " "	"	1,72
30 kV " "	"	1,82
45 kV " "	"	1,98
110 kV " "	"	2,40
220 kV " "	"	3,00
400 kV " "	"	4,40
rippkaabel	õhuliini juhe	1,00
rippkaabel	rippkaabel	0,30

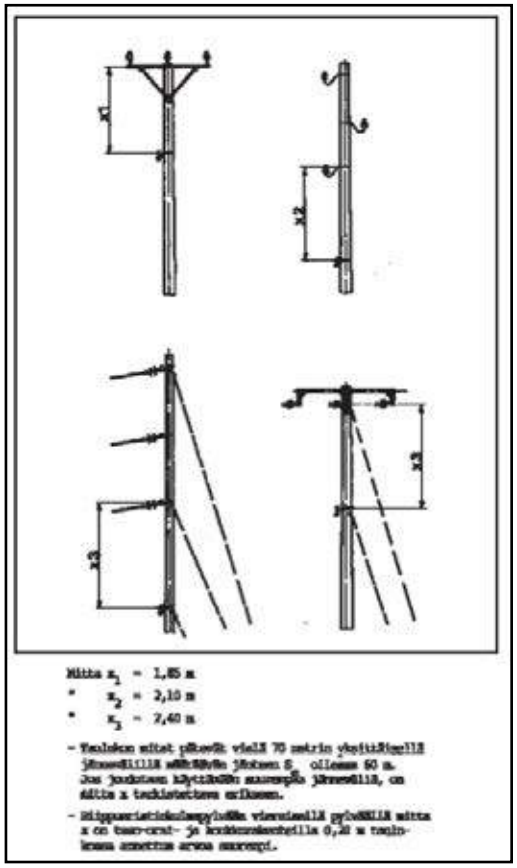


Joonis 435. Kõrgepingerippkaabli/ AMKA-liini paigaldus ühiskasutus-mastil (VIM Joonis 4.4-3. b).

Kõrgepingerippkaabli vahekaugus madalpingeõhuliini juhtmest peab ilmastiku- ja koormusoludes olema vähemalt 1 m ja madalpinge¬rippkaablist vähemalt 0,3 m.

Konstruktsioon
Kõrgepingeliin tuleb ehitada tugevdatud konstruktsiooniga.
Masti dimensioneerimisel tuleb arvestada kõiki seda koormavaid liine.
Pingega kokku puutuvate osade kaitsemaandamine ja pinge piki masti ühest süsteemist teise edasi kandumise takistamine esitavad konstruktsioonidele omapoolseid nõudeid.

Pane tähele, et minimaalsed mõõtmed ei ole paigaldusmõõtmed, sest liinide erinevad ripped visangutes nõuavad mastidel miinimummõõtudest suuremaid paigaldusmõõte.



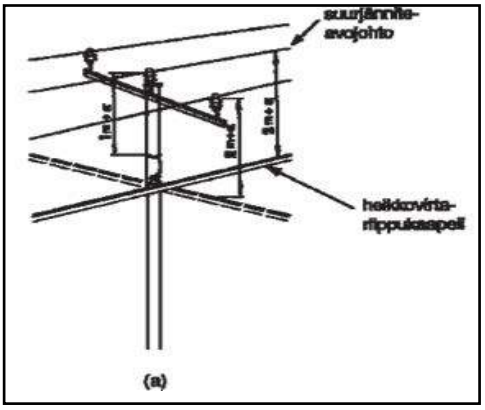
Joonis 436. Näide 20 kV õhuliini ja AMKA-kaabli paigaldusmõõtudest ühiskasutuses mastis.

26.2.4. Kõrgepingeliin/sideliin (side rippkaabel)

Tegevusjuhised
Kõrgepingeõhuliini ja sidekaabli ühiskasutuses masti kohta kehtivad tegevusjuhised on toodud Võrgusoovituses (Verkostosuositus) YJ 1:08.

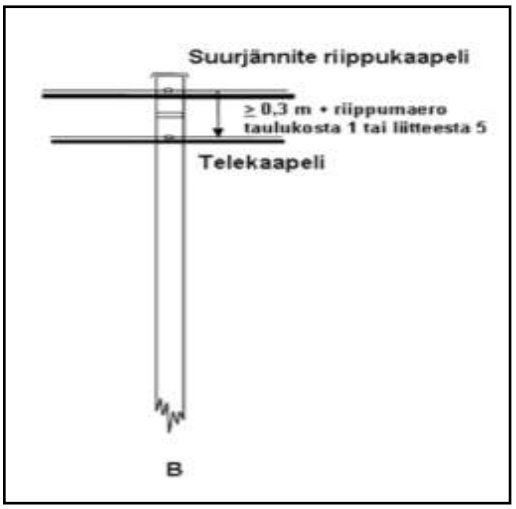
Asukoht
Kõrgepingeliin ei tohi olla nõrkvooluliinist allpool.

Mastalajaama ei tohi kasutada muuks, kui vaid seda teenindava nõrkvooluliini ühiskasutuses masti konstruktsioonina.



Joonis 437. Kõrgepingeõhuliin/ sideripkaabel ühiskasutusmastil (VIM Joonis 4.4-4 a).

Kõrgepingeõhuliini juhtme vähim vahekaugus ühiskasutuses mastidele samasuunaliselt või ühise ristumismasti külge kinnitatud nõrkvoolurippkaablist peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt 2 m + pingevaru. Kui juhtmed on kinnitatud samasuunaliselt, peab juhtmete kinnituskohtade vahe olema lisaks 1,5-kordne arvutuslik faasivahe.



Joonis 438. Kõrgepingerippkaabel/sideliin ühiskasutusmastil (YJ1:08 Liite 7 B).

Kõrgepingerippkaabli vahekaugus nõrkvoolurippkaablist peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt 0,3 m.

Allolevas tabelis on toodud kõrgepingeliini minimaalne vahekaugus nõrkvoolurippkaablist ühiskasutuses mastis:

Tabel 45. (VIM Tabel 4.4-5.)

1	2
Kõrgepingeliin	Vahekaugus m
rippkaabel	0,30
1 kV õhuliini juhe	2,00
>1...10 kV õhuliini juhe	2,12
20 kV " "	2,22
30 kV " "	2,32
45 kV " "	2,48
110 kV " "	2,90
220 kV " "	3,50
400 kV " "	4,90

Hoiatusrõngas

Ühiskasutuses masti külge tuleb kinnitada ümber masti ulatuv, vähemalt 20 cm laiune püsiv kollane hoiatusrõngas. Rõngas tuleb kinnitada kõrgepingeliini kõige alumisest pingestatud osast vähemalt 1 m + pingevaru võrra vertikaalselt allapoole.

20 kV õhuliinil võiks hoiatusrõnga asukoht olla nõrkvoolurippkaabli ühiskasutuses mastis näiteks 2 m võrra pingestatud osast allpool, siis oleks hoiatusrõngas nõrkvoolurippkaablist kõrgemal (2,22 mm) ja vahel oleks ruumi ka AMKA-liinile ning kahte hoiatusrõngast pole vaja kasutada.

Kui kõrgepingeliin on rippkaabel, tehakse tähis vahetult selle alla või otse liinile.

Ühiskasutuses olevad mastid tuleb ühtlasi varustada tahvliga „Ettevaatust – eluohtlik!".

Allolevas tabelis on toodud hoiatusrõnga vertikaalne minimaalne vahekaugus kõrgepingeõhuliini kõige alumisest pingestatud osast:

Tabel 46. (VIM Tabel 4.4-6.).

1	2
Kõrgepingeliin	Vahekaugus m
1 kV õhuliini juhe	1,00
>1...10 kV õhuliini juhe	1,12
20 kV " "	1,22
30 kV " "	1,32
45 kV " "	1,48
110 kV " "	1,90
220 kV " "	2,50
400 kV " "	3,90

Konstruktsioon

Kõrgepingeliin tuleb enamasti ehitada selles osas, milles see jääb ühiskasutuses olevasse masti, tugevdatud konstruktsiooniga.

Elektriettevõtted ja telefoniettevõtted peavad ühiskasutuses mastide kasutamise kohta sõlmima kirjalikku kokkuleppe, milles sätestatakse omavaheline tööjaotus nõrkvoolukaablite kõrgepingemastide kinnitamisel ja liinide hooldamisel.

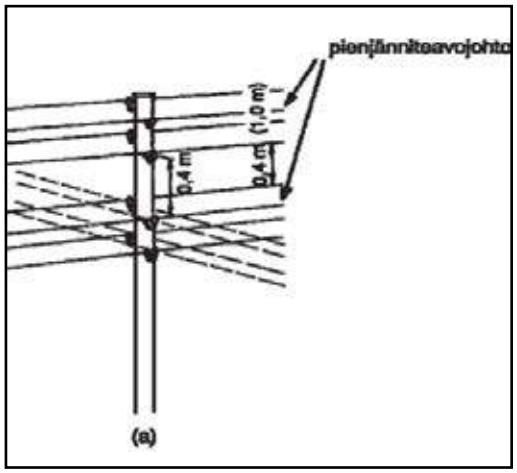
26.2.5. Madalpingeliin/madalpingeliin

Asukoht

Õhuliini juhtme lühim vahekaugus teise õhuliini juhtmest ja rippkaablitest peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt 0,4 m.

Sellisel juhul kehtib nõue, et samasuunaliselt kinnitatud liinid kuuluvad samasse süsteemi või nende kasutusmaandatud PEN-juhid on üksteisega ühendatud.

Kui ei ole teisiti mainitud, peab juhtmete vahekaugus olema 1 m.



Joonis 439. Madalpingeõhuliini/madalpingeõhuliini paigaldus ühiskasutusmastil (VIM 4.4-5. a).

Rippkaablite vaheliste vahekauguste kohta ei ole piiranguid kehtestatud, kuid liinid tuleb paigaldada üksteisest piisavalt kaugele, et need üksteist ei vigastaks. Soovituslik vahekaugus on 0,3 m.

Konstruktsioon

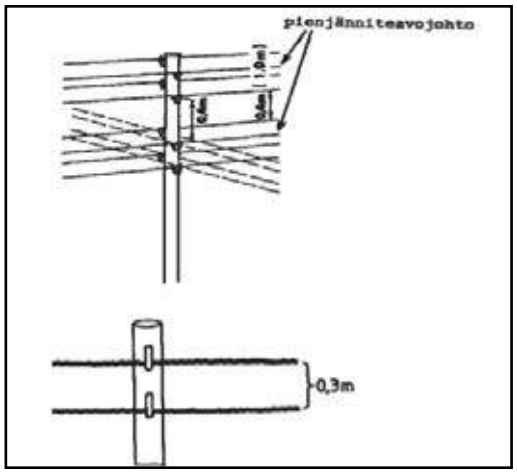
Ühe liini kohal või kõrval kulgev õhuliin tuleb ehitada tugevdatud konstruktsiooniga juhtmeks selles osas, mis on kasutuses ühiskasutuses olevas mastis.

Kui liinid kuuluvad samasse süsteemi või nende PEN-juhid on üksteisega ühendatud, ei ole tugevdatud ehitust vaja.

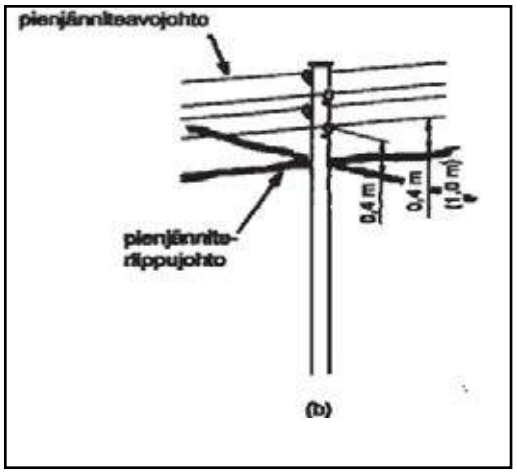
26.2.6. Madalpingeliin/sideliin

Asukoht ja üldnõuded

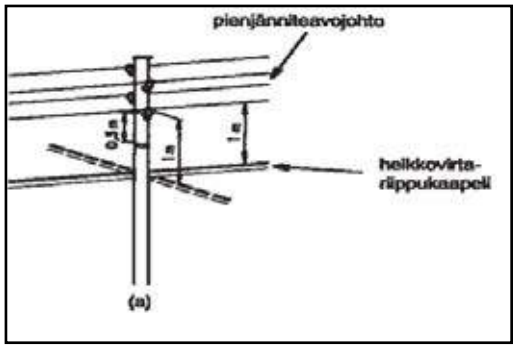
Sideõhuliinina tuleb kõne alla ainult siderippkaabel. Madalpingeõhuliini ei tohi paigaldada nõrkvooluliinist allapoole.



Joonis 440. AMKA/AMKA paigaldus ühiskasutusmastil.



Joonis 441. Madalpingeõhuliini/ AMKA-liini paigaldus ühiskasutuses mastil (VIM Joonis 4.4-5 b).



Joonis 442. Madalpingeõhuliini/sideliini paigaldus ühiskasutusmastil (VIM 4.4-6. a)).

Konstruktsioon

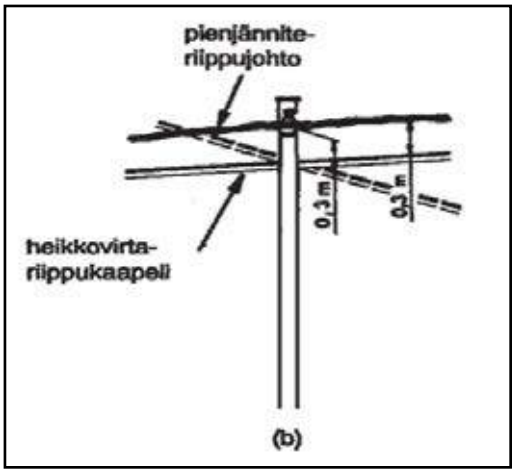
Madalpingeõhuliin tuleb ehitada tugevdatud ehitusega juhtmeks selles osas, mis on kasutuses ühiskasutuses olevas mastis.

Tugevdamist ei ole vaja teha, kui sidekaabli kandetross või võimalik kaitsekiht on kaitsemaandatud (nullitud) või kaabel on kaetud usaldusväärse isolatsioonikihiga.

Madalpingeõhuliini ja siderippkaabli vaheline vähim vahekaugus peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt 1 m.

Madalpingerippkaabli ja siderippkaabli vähim vahekaugus peab olema ilmastiku- ja koormusoludes vähemalt 0,3 m.

Palja kesta või kandetrossi maandamist (nullimist) on soovitatav kasutada ka siis, kui liin on tugevdatud konstruktsiooniga.

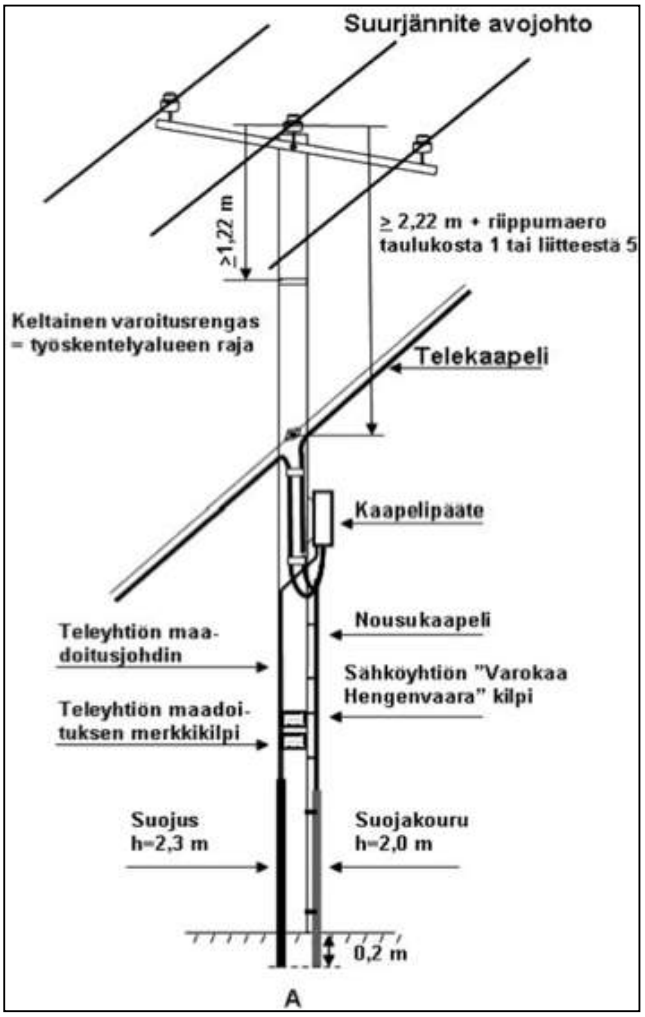


Joonis 443. AMKA-liini/sideripkaabli paigaldus ühiskasutusmastil (VIM 4.4-6. b)).

Palja kesta või kandetrossi maandamist (nullimist) on soovitatav kasutada ka siis, kui liin on tugevdatud konstruktsiooniga.

Hoiatusrõngas
Ühiskasutuses masti külge tuleb kinnitada ümber masti ulatuv, vähemalt 20 cm laiune püsiv kollane hoiatusrõngas.

Kinnituskoht on:
- madalpingeõhuliinil 0,5 m kõige alumisest isolaatorist allpool
- madalpingerippkaablil vahetult liinist allpool



Joonis 444. Hoiatusrõngas ja muud tähised ühiskasutuses mastile paigaldamisel (YJ 1:08 Liite 7 A.).

Sidekaabli paigalduskoht
Kuna sideliinide paigaldusväärtused erinevad madalpingeliinide vastavatest näitajatest, tuleb hoolitseda selle eest, et nõutud liinide vahelised vahekaugused säiliksid ka visangu keskel.

Allolevas tabelis 47 on toodud võrgusoovitusele vastavad paigalduskaugused, millega saavutatakse piisav vahekaugus ka visangu keskel.

Tabel 47. Võrgusoovitus (Verkostosuositus) YJ 1:08 Tabel 1

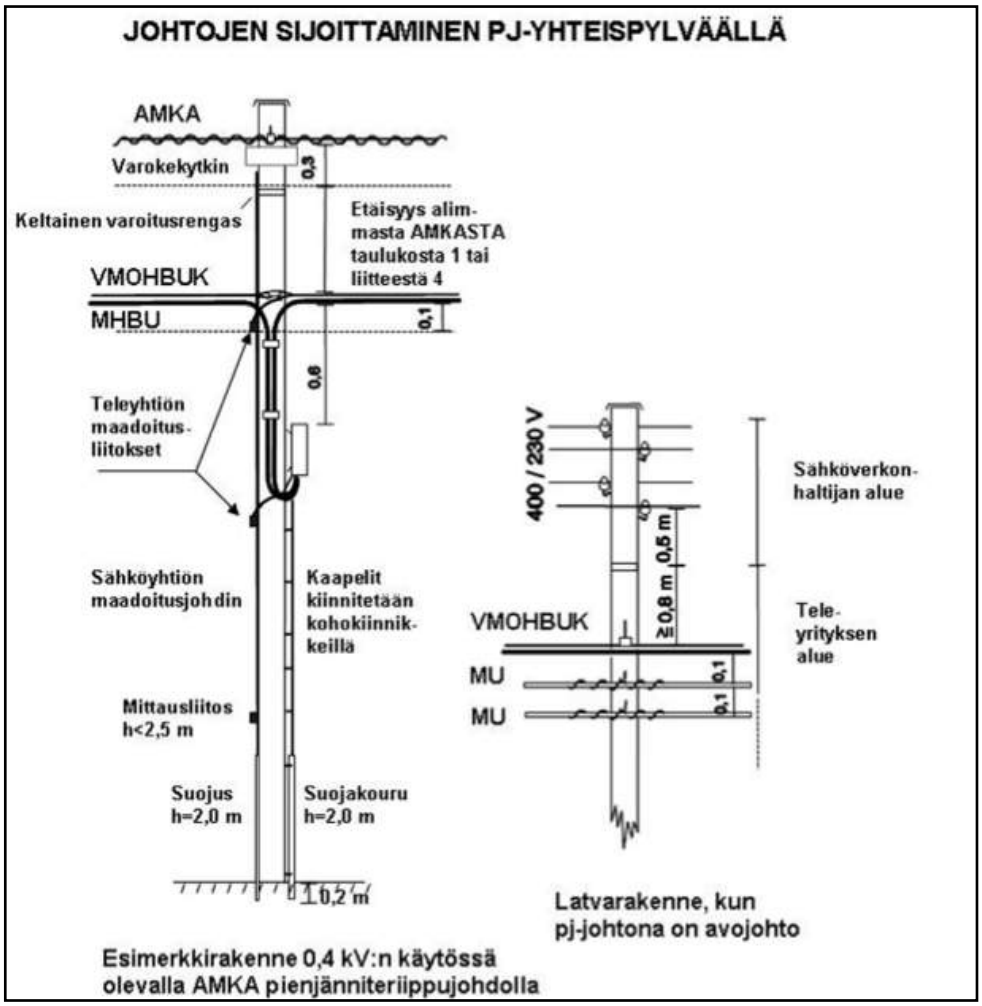
	Sideliini vahekaugus madalpinge- või kõrgepingeliinist riputuskohal mastis (kehtib rippkaablite 120 mm2, õhuliinide Al 132 ja PAS 150 kaabli puhul. Ei kehti bll-kaablite puhul, vt lisa 5)			
Mastide vahed maksimaalselt	kui mp-mastis või kp-rippkaabli-mastis I AMKA-lisajuhtmele jäetakse ruumi	kui mp-mastis või kp-rippkaabli - mastis I AMKA-lisajuhtmele ei jäetakse ruumi	kui kp-õhuliini või PAS-liini mastis AMKA-lisajuhtmele jäetakse ruumi	kui kp-õhuliini või PAS-liini mastis AMKA-lisajuhtmele ei jäeta ruumi
40 m	1,0 m	0,7 m	3,1 m	2,8 m
50 m	1,1 m	0,8 m	3,1 m	2,8 m
60 m	1,3 m	1,0 m	3,2 m	2,9 m
70 m	1,5 m	1,2 m	3,3 m	3,0 m

Sideliini minimaalne vahekaugus haruldasest madalpingeõhuliinist saadakse madalpingemasti tabeli väärtusest,

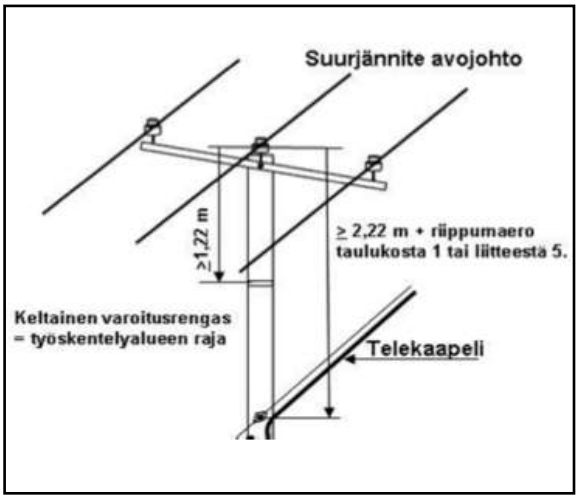
millele tuleb liita 0,60 m.

26.2.7. Elektri- ja sideettevõtete mastide ühiskasutus

Eespool toodud madalpingeliinide ja nõrkvooluliinide ühiskasutuses olevate mastikonstruktsioonide kasutuse võimaldamiseks sõlmivad elektrivõrguhaldaja ja sideettevõtted omavahel mastide ühiskasutuse kokkuleppe. Kokkulepete eesmärgiks on edendada mastide ühiskasutust lepingupoolte hallata olevas piirkonnas selliselt, et saavutatakse tehniliselt ja majanduslikult ning maastikukaitse seisukohalt võimalikult soodne lõpptulemus.
Elektri- ja sidevõrkude koostöökomisjon koostab ühiskasutuse kohta omapoolsed juhised. Ühiskasutuse kõige värskemad juhised on toodud võrgusoovituses (Verkostosuositus) YJ 1:08.



Joonis 445. Liinide paigutamine madalpingeühismastis (Verkostosuositus YJ 1:08 Liite 6).



Joonis 446. Liinide paigutamine kõrgepingeühismastis (Verkostosuositus YJ 1:08 Liite 7 A osa).

26.2.8. Elektri- ja sidevõrgu ühismaandus

Ühismaanduse all mõeldakse maandusviis, kus side- ja madalpingevõrgus kasutatakse ühist maandust (elektroodi) või kui võrkude lähestikku olevad maandused ühendatakse kokku.

Ühismaandusega püütakse vähendada peamiselt äikeseliigpingest tekkivaid potentsiaalierinevusi ja vältida mittevajalike maanduste ehitamist. Ühismaanduse võib teostada, maandus vastab nii elektri- kui ka sidevõrgu nõuetele ka pärast ühendamist. Maandatavad konstruktsioonid või ühendatavad eraldi maandused võivad olla ühiskasutuse lõigul või eraldi liinidel maksimaalselt kahe mastide vahe või umbes 100 m kaugusel üksteisest.

PANE TÄHELE!
AINULT KÕRGEPINGEVÕRGULE MÕELDUD MAANDUSI EI

TOHI ÜHISMAANDUSEKS KASUTADA. Seevastu kõrge- ja madalpingega elektrijaotusvõrgu ühismaandusi võib kasutada ka side- ja elektrijaotusvõrgu ühismaanduseks.

Soome Sideameti eeskirja 43 C/2004 M alusel on sidevõrgu ja madalpingevõrgu ühistes maandustes lubatakse kõrgepingeallika põhjustatud, elektriohutusseaduse alusel kehtestatud eeskirjades madalpingevõrgu maandusele lubatud maanduspinged.
Ühismaanduste kohta sõlmitakse alati kokkulepe. Täpsemad tegevusjuhised on toodud võrgusoovituses (Verkostosuositus) YJ 1:08.

Ühiskasutuskokkuleppes määratletakse need tingimused, mille alusel võib kumbki ettevõte kasutada teise ettevõtte maste oma ülekandeliinide paigaldamisel.

Enne paigaldamist peab kasutaja alati omanikuga ühendust võtma ning leppima kokku ühiskasutuses olevas mastis ning sellele paigaldatavates seadmetes.

Ühiskasutuses olevate mastide teisaldamise, lammutamise, tõmmitsate paigaldamise jne kohta tuleb pidada arvestust. Teavitamiseks kasutatakse kokkulepitud elektroonilist blanketti, mis saadetakse kokkulepitud e-posti aadressile.

1. YHTEISKÄYTTÖPYLVÄÄN HAKEMUS-, ILMOITUS- TAI PURKUTAPAHTUMA

Käyttäjä tai tämän edustajan antaa tiedot tähän

Omistaja	Käyttäjä			Päivämäärä	
Tapahtumatiedot:	suurjännitepylväs (5-20kV):	kiinnitys	kpl,	purku	kpl
– pylvään tyyppi	pienjännitepylväs (≤ 1 kV):	kiinnitys	kpl,	purku	kpl
– tapahtumatyyppi	katuvalopylväs:	kiinnitys	kpl,	purku	kpl
– pylväsmäärä	telepylväs:	kiinnitys	kpl,	purku	kpl
Korvaus suoritetaan	kpl pylväältä	Korvausta ei suoriteta		kpl pylväältä	
Kaapelityyppi		Lisätiedot			
Aluejako tai Kunta		Keskusalue		Verkkokartta on ☐	
Tie- tai katuosoite					
Laatijan sähköpostiosoite			Laatijan puh.numero		

Varoitusrenkaan ja kaapelikiinnityksen etäisyys eristinvarustuksesta asennetaan Sähkö- ja televerkostojen yhteistyöneuvottelukunnan STYNK:n suositusten mukaisesti, jos toisin ei sovita.

Ilmoitettavilla tapahtumilla tarkoitetaan:
- muun tahon omistaman pylvään yhteiskäyttöä, jossa ei ole ennestään Käyttäjän omistamia kaapeleita/johtoja.
- yhteiskäytön lopettamista eli viimeisen Käyttäjän omistaman kaapelin/johdon purkamista muun tahon omistamasta pylväästä.
- Omistajan omistaman pylvään yhteiskäyttöä muun tahon toimesta.

Tapahtumatietoon tulee aina liittää pylvään sijaintitieto (verkkokartta). Yhteiskäyttöpylvään siirto, jossa lukumäärä pysyy ennallaan, ei ole ilmoitettava tapahtuma. Tapahtumatieto lähetetään osoitteeseen: esimerkiksi: yhteiskayttopylvaat@kayttaja.fi

Joonis 447. Ühiskasutuses mastide kasutamise teavitusblankett (YJ 1:08, Lisa 9 osa 1.).

Joonis 448. Mastide ühismaanduse tähistamine (YJ1:08 7.3).

26.2.9. Mastide ühiskasutuse kohta kehtiv ohutusjuhis

YJ 1:08, osa 2 sisaldab ühiskasutuses mastides tehtavate tööde ohutusjuhiseid. Juhistes on rõhutatud, et ka sideliinide ühiskasutuses mastides töid teostavatel montööridel peab olema elektriohutuse alane väljaõpe. Elektriala spetsialistid peavad ühiskasutuses olevatel mastidel oskama oma töös vältida sideliinide kahjustamist ning mõistma ühenduste katkemisest tekkivaid ebameeldivusi ja kahjude ulatust.

26.2.10. Tugevvoolukaabel/mehhaaniline kaabel

Ainult mehhaanilise kaabli seadmetele toite tagava madalpingekaabli võib paigutada mehhaanilise kaabli mastide otsa. Vahekaugus mehhaanilise kaabli osadest peab olema vähemalt 0,3 m (ei kehti masti kohta). Mehhaaniline kaabel on nt suusalifti veotross.

Teistel juhtudel tuleb tugevvooluõhuliini kinnitamiseks mehhaanilise kaabli mastide külge, näiteks suusalifti konstruktsioonides, saada luba Turvatekniikkakeskuselt.

26.3. Ühiskasutuses mastide konstruktsioonid õhuliinistandardite alusel

26.3.1. Üldist

Käesolevas osas käsitletakse õhuliinistandardite juhiseid jaotusvõrgu ühiskasutuses mastide konstruktsioonide osas. Kõige väiksema vajaliku õhuvahe D_{el} väärtused erineva pinge puhul õhuliinistandardi tabelist 5.4/FI.1 on toodud käesoleva raamatu tabelis 23.

26.3.2. Ühiskasutuses mastide konstruktsioonide juhised standardi SFS-EN 50341 alusel

SFS-EN 50341 Muud elektriliinid või õhus kulgevad sideliinid
SFS-EN 50341 standardile vastavad ”Minimaalsed vahekaugused teiste elektriliinide või sideõhuliinideni“ on toodud standardi tabelis 5.4.5.4.

” FI.1 Liinide ristumine
Ülemise liini alumiste juhtmete vahekaugus allpool oleva kõrge-, madalpinge-, side- või mehhaanilise liini kõikidest osadest peab olema vähemalt 1,5 m + D_{el}, kus D_{el} määratletakse kõrgeima pinge alusel.

FI.2 Kõrvuti asetsevate liinide ühiskasutuses mastide konstruktsioon
---
Erinevatesse vooluringidesse kuuluvate faasijuhtide vaheline vahekaugus peab siiski olema vähemalt 1,5 m + D_{el}. Mõõt Del valitakse kõrgema pinge alusel
---
Rippkaablite vahekaugusi üksteisest ei ole piiratud. Vajadusel tuleb need paigutada üksteisest eraldi mehhaanilise kahjustumise ja ühest liinist teise kanduva liigse maanduspinge piiramiseks.

FI.3 Kõrvuti paiknevate kõrgepinge- ja madalpingeliinide ühismastide konstruktsioon

Madalpingeliin(≤ 1 kV vahelduvpinge) ei tohi olla paljasjuhtmetega õhuliin. Enamasti kasutatakse rippkeerdkaablit. Kõrge- ja madalpingeliini faasijuhtide vaheline vahekaugus peab olema vähemalt 1,5 m + D_{el}.

Puitmastis peab kõrge- ja madalpingeliini isolaatori kinnituste vahel olema puitu vähemalt järgmiselt:

Tabel 5.4.5.4/FI.1 – Nõutav puidust osa pikkus kõrgepinge puhul

Pinge (kV)	Puidust osa pikkus (m)
≤ 45	1,0
110	2,0
220	3,5
400	6,0

Kui see nõue ei ole täidetud, tuleb kõrgepingeõhuliini isolaatorikinnitused kaitsemaandada ja nende osade vahele jääva puiduosa pikkus peab olema vähemalt 100 mm.
Kõrgepingerippkaablite vahekaugus madalpingeliinist tuleb määrata iga objekti projektis.

FI.4 FI.3 Kõrvuti asuvate elektri- ja sideliinide ühiskasutuses mastide konstruktsioon

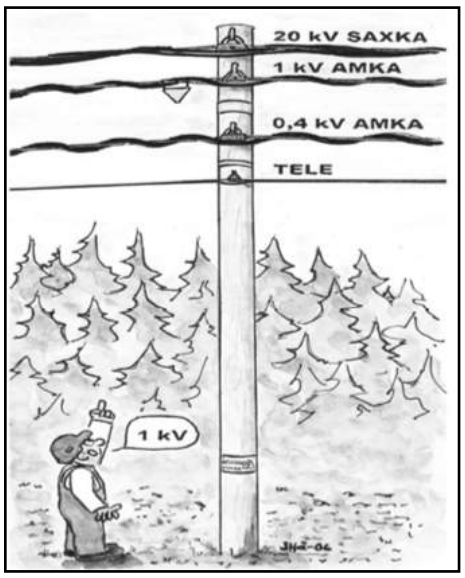
Kui kõrgepingeliinil ja sideliinil on erinevad haldajad, peavad liinide haldajad ühiste konstruktsioonide kohta kirjaliku kokkuleppe sõlmima.
Sidekaablil peab olema ühtne kaitsemaandatud metallkest, mis on dimensioneeritud taluma kõrgepingesüsteemi ühefaasilist maalühisvoolu.
Kõrgepingeõhuliini paljasjuhtme vahekaugus ühiste mastide külge kinnitatud sideripkaablist peab olema vähemalt 2 m + D_{el}.

Puidust mastil peab kõrgepingeõhuliini ja sideliini kanduri vahel olema punktis 5.4.5.4/FI.3 nimetatud pikkusega puidust osa. Kui see nõue ei ole täidetud, tuleb kõrgepingeõhuliini isolaatorikinnitused kaitsemaandada ja nende osade vahele jääva puiduosa pikkus peab olema vähemalt 100 mm.
Rippkaablite vahekaugus sidekaablist määratakse konkreetsel juhul eraldi."

26.3.3. Ühiskasutuses masti konstruktsioonid madalpingeõhuliinistandardi SFS 6003 alusel

" Ühiskasutuses masti konstruktsioonid

Kui sama masti otsa paigaldatakse mitu liini (ühiskasutuses mast), peab masti dimensioneerimisel arvestama kõiki seda koormavaid liine. Kui kõrgepingeliin ja madalpingeõhukaabel või metalli sisaldav sidekaabel paigaldatakse ühismastikonstruktsiooni, tuleb kõrgepingeliini juhtmed paigaldada madalpingeõhukaablist või metalli sisaldavast sidekaablist kõrgemale. Kui kasutatakse madalpingeõhukaabli või metalli sisaldava sidekaabli ühismasti konstruktsiooni, tuleb madalpingeõhukaabel paigaldada metalli sisaldavast sidekaablist kõrgemale. Kui kasutatakse erineva pingega madalpingekaableid, tuleb kõrgema pingega kaabel paigaldada kõrgemale.
Erinevat tüüpi liinide vahelised vahekaugused ühiskasutuses masti konstruktsioonis on toodud tabelis 1. Mõõt D_{el} määratakse kõrgema pingega liini alusel.



Joonis 449. 20 kV SAXKA/ 1 kV AMKA /0,4 kV AMKA /sideliini paigaldus ühiskasutusmastil (YJ7:06 joonis 4).

Tabel 1 Ühiskasutuses masti konstruktsioonis nõutavad vahekaugused

Madalama pingega liin	Kõrgema pingega liin			
	Kõrgepingeõhuliini paljasjuhe	Kõrgepingeõhu-kaabel	Madalpingeõhu-liini paljasjuhe	Madalpingeõhu-kaabel
Madalpingeõhukaabel	1,5 m + D_{el}	0,3 m	0,4 m [2)]	[3)]
Sidekaabel	[4)]	0,3 m	1,0 m	0,3 m

[1)] Kõrgepingeõhukaablis on maandatud kest
[2)] Madalpingeliinide PEN- või kaitsejuhid on kokku ühendatud
[3)] Kui madalpingeõhukaablid on erineva pingega, peavad nende omavahelised vahekaugused olema vähemalt 0,3 m. Sama pingega toimivad madalpingeõhukaablid tuleb paigalda selliselt, et need üksteist ei vigastaks.
[4)] Vaata standardi SFS-EN 50341 punkt 5.4.5.4 FI.4

Mehhaanilise kaabli, näiteks köisraudtee kandetrossiga samade mastide otsa võib paigaldada ainult selliseid madalpingekaableid, mis tagavad toite vastava mehhaanilise kaabliga ühendatud seadmetele."

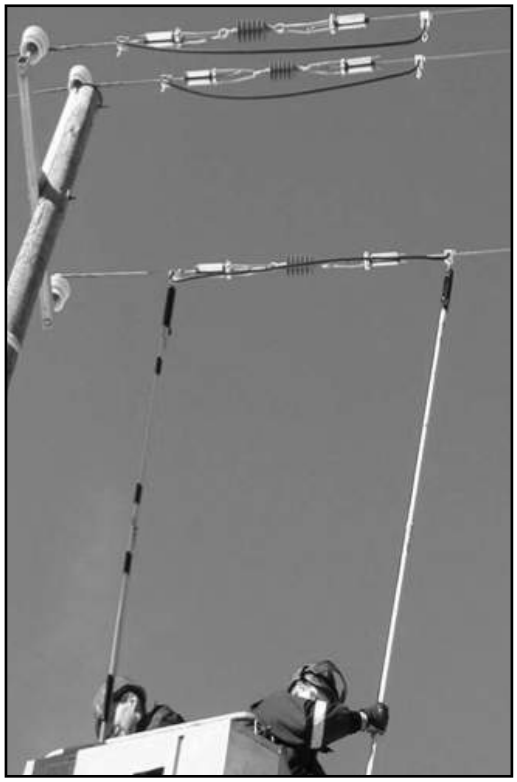
27. LIINILAHKLÜLITID JA LAHKLÜLITITEGA LAHUTUSPUNKTID

27.1. Üldist

Liini lahklülitid on 20 kV õhuliinivõrgu oluline osa. Lahklülititega saab jagada liinid jaotuse ja käidutoimingute alusel sobiva suurusegaosadeks. Lahklülititele kaugjuhtimise korraldamine võimaldab muuta rikke- või muus talitlusolukorras võrgu seisunditkaugjuhtimise teel ning kiirendada sellega rikkepiirkonna eraldamist ja seda piirata, mis omakorda võimaldab hoida kokku veaotsinguks kuluvat aega.

27.2. Lahklülititega lahutuspunktidehoolduseks väljalülitamise kohad

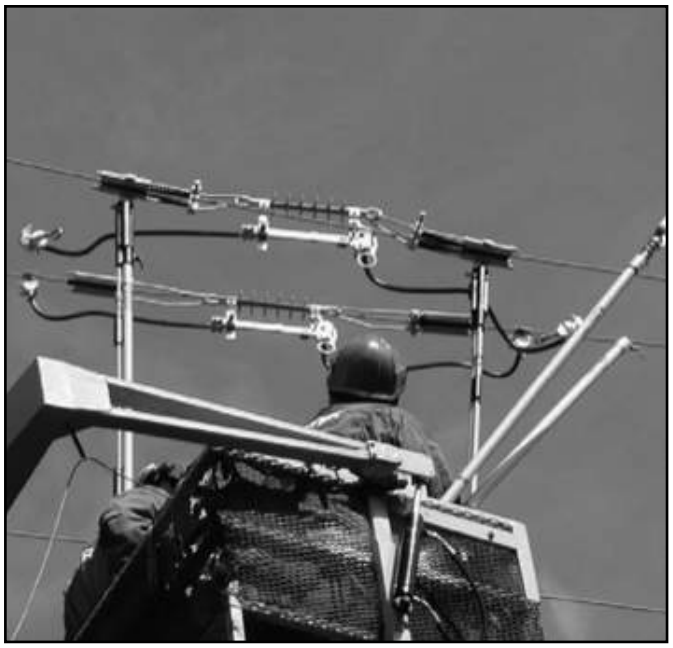
Lahklülititega lahutuspunktide ehitamise ja hoolduse ajal peab saama lahklülititega liinid jaotusvõrgust välja lülitada. Kaasaegsete pingealuse töö meetoditega saab vajadusel juba enne töö alustamist teha lahklülitite ja lahklülititega lahutuspunktide ehitamiseks vajalikud pingealuse töö lahutuskohad või hooldustööde lahklülitid. Lahutuskoha saab koormuseta avada ja ühendada aktsepteeritud pingealuse töö meetodiga. 1-faasilisel lahklülitil on ka väike koormusvoolu katkestamise võimsus.



Joonis 450. Lahutuskohtade paigaldamine õhuliinidele pingealuse tööna.

Pingealuse töö lahutuskohtade ja ühefaasiliste lahklülitite asukohad:

- pingealuse töö lahklülituskohad tuleb paigaldada juhtmetele mastide lähedale 0,5 – 0,7 meetri kaugusele selliselt, et vajadusel saab lahutuskoha pingealuse töö kepiga masti otsa ronimisel avada.
- pingealuse töö lahutuskohti ei tohi paigutada visangu keskele ega tee kohale tugevdatud konstruktsiooniga liiniosale.
- pingealuse töö lahutuskohti ei tohi paigutada sellisesse visangusse, mille juhtmeid käsitletakse näiteks lahklülititega lahutuspunkti paigaldamisel.



Joonis 451. Lahklülitite paigaldamine õhuliinidele pingealuse tööna.

Lahklülituskohtade tegemine on eriettevalmistust nõudev pingealune töö. Paigaldamisel tuleb kindlasti kasutada vastava juhtme ristlõike jaoks mõeldud ankruklambrit. Ankruklambritejuhtmetele paigaldamisel tuleb kindlasti järgida paigaldusjuhist, et klambrit ka pikema kasutusaja jooksul ei hakkaks juhtmetel libisema ning põhjustama käidukatkestusi või ohustama liini .
Pingealuse tööna paigaldatavate ühefaasiliste hoolduslahklülitite kohta kehtivad samad paigaldustöö nõuded .

Pingealuse töö lahutuskohtade ja ühefaasiliste lahklülitite paigaldus toimub alati tõstukikorvist tehtava tööna, nii pääseb paigalduskohale ohutult piisavalt lähedale ja on võimalik saavutada paigaldustöö piisav kvaliteet.

27.3. Liinilahklülitite ehitamine

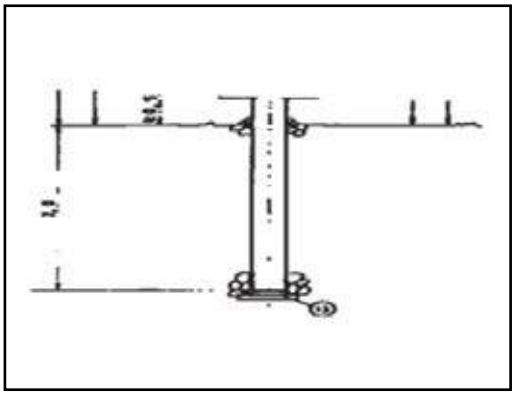
27.3.1. Mastide püstitamine

Lahklülitimastid püstitatakse tavalise mastide paigaldamise töö käigus lahutuskohale. Lahklüliti mastiks valitakse piisavalt jäme mastipuu. Lahklülitimasti kogupikkus on reeglina ≥10 m ja süvistamissügavus 2,0 m.

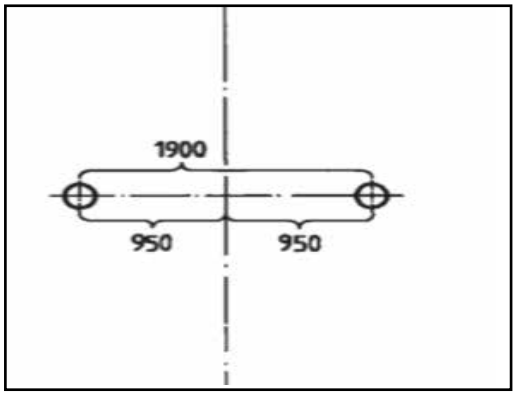
Ühe mastiga lahklüliti masti püstitatakse liini keskjoonele. Masti alumise otsa alla tuleks pehmete pinnaseliikide puhul riiglitena paigaldada tõmmitsa ankruplaadi või analoogse tugiseadme.

Kahemastiga lahklülitite mastid püstitatakse liini suuna suhtes risti ja kõrvuti. Mastide omavaheline vahekaugus on 1900 mm ehk keskjoonest masti keskele on 950 mm. Lahklüliti mastide alla võib pehmes pinnases riiglitena paigaldada sõrestiku, masti jupid või tõmmitsa ankruplaadi.

Kasutusel olevale 20 kV õhuliinile või selle lähedusse lahklülitimastide püstitamisel tuleb järgida standardi SFS 6002 elektriohutusnõudeid ja erinõudeid.



Joonis 452. Ühe mastiga lahklüliti rajamine.



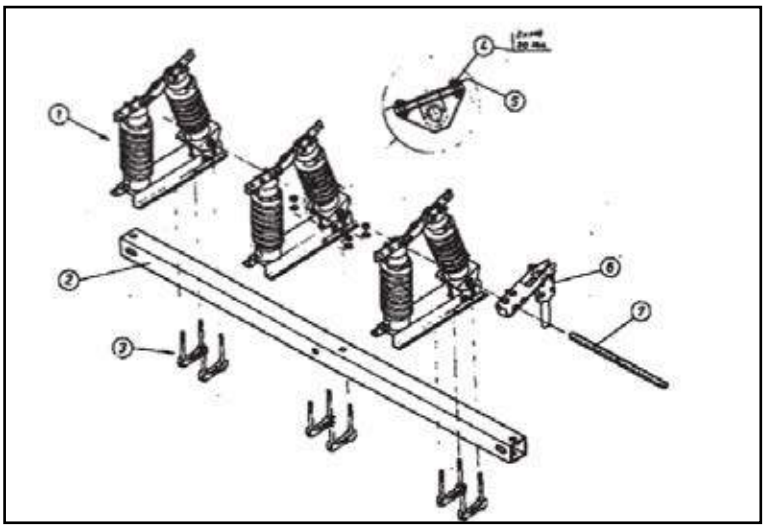
Joonis 453. Kahe mastiga lahklüliti mastide paigutus liinisuuna suhtes.

27.3.2. Lahklülitite paigaldamine

Lahklülititena kasutatakse üldiselt elementkonstruktsiooniga mastilahklüliteid, millest saab komplekteerida konkreetses kasutuskohas vajaliku lahklülitirakenduse.

Lahklüliti komplekteeritakse paigalduskohas maapinnal või tuuakse paigalduskohta juba komplekteeritult. Mõnede lõputraaverstite puhul on võimalik paigaldada lahklülitielemendid otse kasutusel olevale traaversile.

Näide lahklüliti komplekteerimisest:



Joonis 454. Mastilahklüliti detailid.

DETAILID:

1. Poolus	2. Traavers
3. Kinnitussang	4. Võlli kinnitusava
5. Võlli kinnitussõlm	6. Lülitushoob
7. Võll	

1. Enne pooluste paigaldust tuleb kontrollida traaversi õiget asendit. Traaversis on augud masti külge kinnitamiseks ja traaversitappidele.

2. Poolused võib paigaldada nii, et isolaatorid pai-

gutatakse kas horisontaalselt või vertikaalselt. Minimaalne faasivahe on soovituslikult 350 mm (kui konstruktsioon seda võimaldab, on hea kasutada suuremat faasivahet, sest linnud võivad lahklülitite faasivahedesse rikkeid põhjustada)
Poolused kinnitatakse traaversi külge kinnitussangadega. Lõplik pingutamine kohale tehakse pärast juhtimisvõlli paigaldamist.

3. Võlli kõige väljaspoolsemad kinnituskruvid pooluste liikuvas osas eemaldatakse ja sisemisi lõdvendatakse ja pooluste noad viiakse avatud asendisse. Lülitushoob paigutatakse selle asukohta võllil ja võll paigaldatakse pooluses olevasse ruumi. Kontrollitakse lülitushoova õiget asendit ning detailid pingutatakse õigetele kohtadele. Kontrollitakse veel pooluste toimimise sünkroonsust ja kinnituskruvid kinnitatakse.

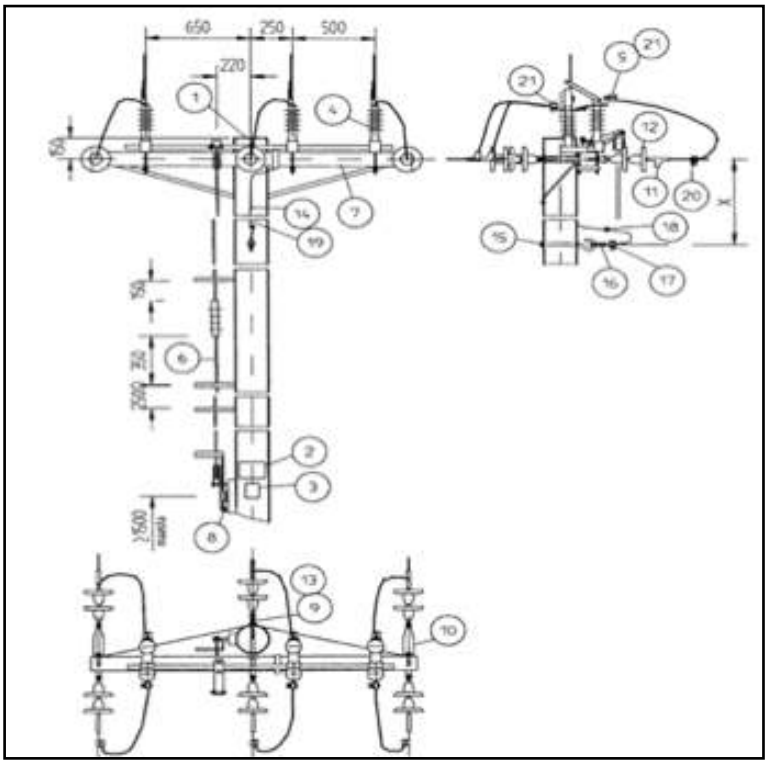
4. Lahklülitisse paigaldatakse katkestuskontaktid ning 20 kV liini juhtmetele sobivad klemmid ja jätkuklemmid trafo poolele.

Kontrollitakse lahklüliti katkestuskontaktide talitlust.

Seejärel on lahklüliti masti otsa tõstmiseks valmis. Juhtimisseadmed paigaldatakse masti otsa pärast lüliti üles tõstmist.

27.4. Näiteid paigaldusest

27.4.1. Ühe mastiga lahklüliti



Joonis 455. Ühe mastiga lahklüliti tipuehitus.

Paigaldusjuhend
Detailid:

1. Tipukaitse	1 tk	
2. Hoiatussilt	1 tk	
3. Andmesilt	1 tk	
4. Mastilahklüliti	1 tk	
5. Liigendklemm	1 kmpl	
6. Pikendusvarras 3 m	1 tk	
7. Kerge lõputraavers	1 tk	
8. Ripplukk	1 tk	
9. Rippisolaatori lüli SFS 3815		1 tk
10. Rippisolaatori lüli 216 mm		2 tk
11. Pingutusklemm	6 tk	
12. Tõmbeisolaator	6 tk	
13. Kuuskantmutter M20	1 tk	
14. Maandusjuht	2,5 m	
15. Kandekonks alusseibiga	1 tk	
16. Kauss	1 tk	
17. Ankruklamber	1 tk	
18. Üleminekuklemm	1 tk	
19. Löökklamber	8 tk	
20. Puuteklemm	3 tk	
21. Lattklemm	6 tk	

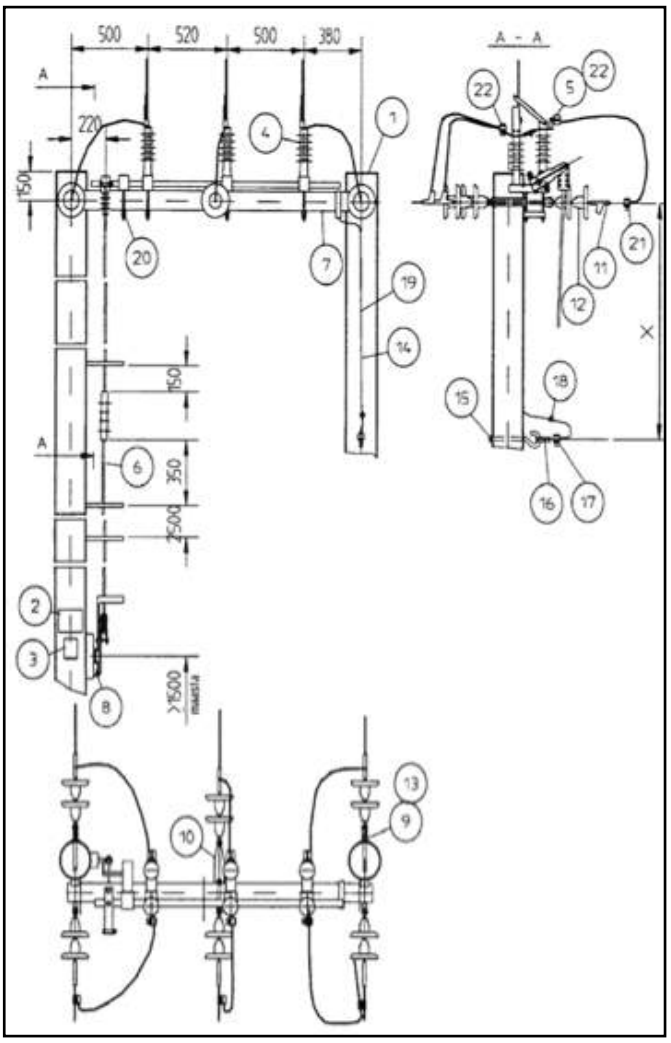
Kombinatsioon paigutatakse liini suhtes täisnurga alla.
Traaversikinnituse jaoks puuritakse ø 22 mm puuriga auk.

Rippisolaatori avadesse pannakse kinnituspoldid ja lahklüliti kinnitatakse masti külge. Kinnitamisel tuleb

arvestada traaversi toe õiget asendit traaversi ja masti vahel.
Kontrollitakse traaversi õiget asendit ja paigaldatakse diagonaaltoed. Kuuskantpuidukruvidele puuritakse ø 13 mm puuriga u 50 mm sügavune auk.
Lahklüliti traaversile paigutatakse äärmiste faaside rippisolaatorite lülid.

Seejärel on lahklülitimast püstitamiseks valmis.

27.4.2. Kahe mastiga lahklüliti läbiva liiniga



Joonis 456. Kahe mastiga lahklüliti tipukonstruktsioon läbiva liiniga

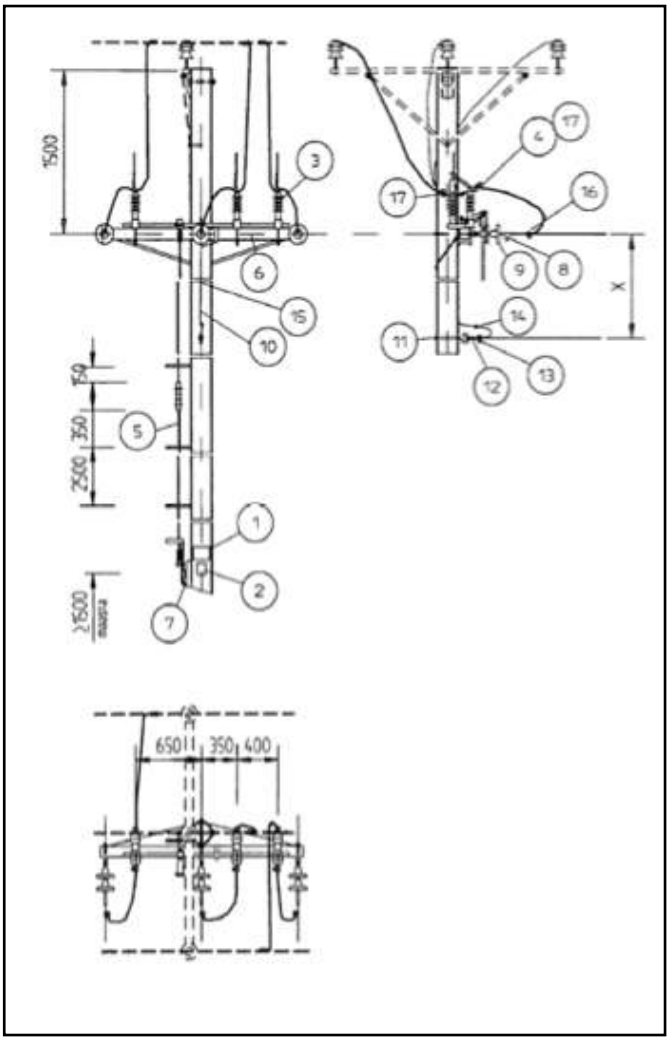
Paigaldusjuhend
Detailid:

1. Tipukaitse	1 tk	
2. Hoiatussilt	1 tk	
3. Andmesilt	1 tk	
4. Mastilahklüliti	1 tk	
5. Liigendklemm	1 kmpl	
6. Pikendusvarras 3 m	1 tk	
7. Raske lõputraavers	1 tk	
8. Ripplukk	1 tk	
9. Rippisolaatori lüli SFS 3815		1 tk
10. Rippisolaatori lüli 216 mm		2 tk
11. Pingutusklemm	6 tk	
12. Tõmbeisolaator	6 tk	
13. Kuuskantmutter M20	1 tk	
14. Maandusjuht	2,5 m	
15. Kandekonks alusseibiga	1 tk	
16. Kauss	1 tk	
17.Ankruklamber	1 tk	
18. Üleminekuklemm	1 tk	
19. Löökklamber	8 tk	
20. Võllitugi	1 tk	
21. Puuteklemm	3 tk	
22. Lattklemm	6 tk	

Konstruktsiooni võib kasutada ainult sirgel liinilõigul. Kontrollitakse, et lahklüliti on komplekteeritud vastavalt joonisele. Lahklüliti paigaldatakse püstitatud lahklülitimastide otsa. Mastide tipuosad ühtlustatakse ja paigaldatakse tipukaitsed.
Järgmisena paigaldatakse juhtmed.

27.4.3. Mastilahklüliti hargneval liinil

Joonis 457. Mastilahklüliti tipukonstruktsioon hargneval liinil



Paigaldusjuhend
Detailid:

1. Hoiatussilt	1 tk
2. Andmesilt	1 tk
3. Mastilahklüliti	1 tk
4. Liigendklemm	1 kmpl
5. Pikendusvarras 3 m	1 tk
6. Kerge lõputraavers	1 tk
7. Ripplukk	1 tk
8. Pingutusklemm	6 tk
9. Tõmbeisolaator	6 tk
10. Maandusjuht	2,5 m
11. Kandekonks alusseibiga	1 tk
12. Kauss	1 tk
13.Ankruklamber	1 tk
14. Üleminekuklemm	1 tk
15. Löökklamber	8 tk
16. Puuteklemm	3 tk
17. Lattklemm	6 tk

27.5. Lahklüliti ajami paigaldamine

Lahklüliti ajam paigaldatakse sageli alles pärast masti püstitamist, sest ajam raskendab tõstmist. Ajami paigaldustehnikat käsitletakse siinkohal lahklüliti paigalduse juures. Siin käsitletakse näitena ühe tootja lahklüliti ajami paigaldamist. Seadmepõhine paigaldusjuhend annab detailsemad tööjuhised.

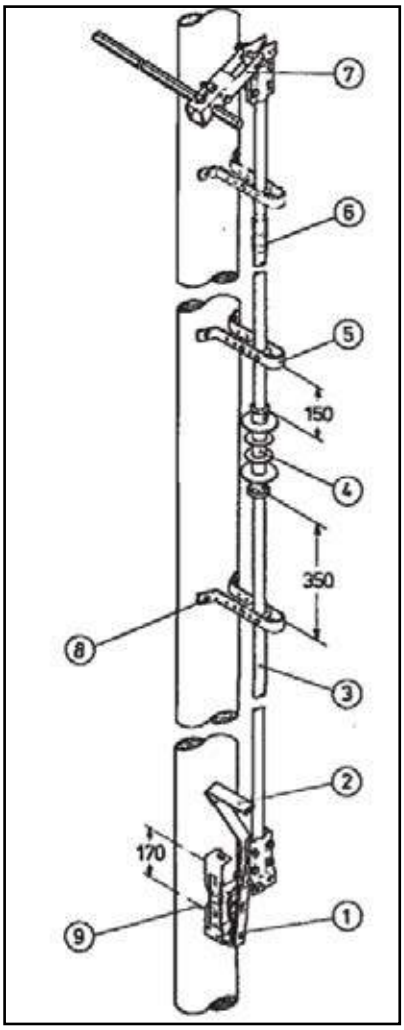
Käsitsi juhitava lahklüliti juhtimisvarras tuleb varustada isolaatoriga (vt SFS 6001+A1 lisa F4). Paigalduses peab isolaator olema kaitsemaandatud detailidest allpool selliselt, et isolaatorist allapoole jääv juhtimisvarda osa siis, kui isolaator on ülemises asendis, kaitsemaandatud detailidest vähemalt 100 mm kaugusel.

Ajami paigaldamine:

1. Käsiajam kinnitatakse masti külge 1500 mm maapinnast. Ajami paigaldusasend on vertikaalasend. Kinnitus masti külge kahe kuuskantpeagapuidukruviga.
2. Juhtimistoru ühendatakse kaitseisolaatoriga (ülemised ja alumised torud)
3. Ülemine toru lõigatakse mõõtu ja toru ühendatakse lahklüliti lülitushoovaga üleval masti otsas. Juhtimishoovas on kaks auku, millest tavaliselt kasutatakse seespoolset. Torukinnitus pingutatakse kruvidega toru ümber.
4. Toru toed kinnitatakse 150 mm kaitseisolaatorist kõrgemale ja 350 mm allapoole, kui lahklüliti on kinni. Tugede juhikud paigutatakse nii, et juhtimine tekitaks kaitseisolaatorile võimalikult väiksese diagonaalse koormuse.
5. Alumine toru lõigatakse mõõtu. Juhiku käepide tõmmatakse u 30° ülemisest piirasendist ja lahklüliti on kinni-asendis. Selles asendis ühendatakse alumine toru juhikuga.
6. Juhiku talitlust testitake ja tehakse vajalikud seadistused ja pingutused.
7. Lahklüliti lukustatakse ripplukuga avatud asendis.

Ajam paigaldatakse enamasti nii, et lahklüliti avaneb juhtimishoova all asendisja sulgub, kui lülitushoob tõstetakse ülemisse asendisse.

27.6. Lahklüliti maandamine



Joonis 458. Lahklüliti ajami detailid.

27.6.1. Üldist

Maandustüübid
Maanduse alustest on kirjeldatud standardi SFS 6001+A1 osas Definitsioonid järgmiselt:
”2.7.11.1 kaitsemaandus; Pingele alti elektrit juhtiva detaili maandus, mille eesmärgiks on kaitsta inimesi elektrilöögi eest.
2.7.11.2 süsteemi maandus; Vooluringi punktimaandus, mida nõutakse aparaatide ja alajaama õige talitluse võimaldamiseks.”

Maandused peavad vastavama standardi SFS 6001 nõuetele. Alates 2003. aasta algusest on ohutusnõuded täidetud standardi järgmisega. Viimane muudatus A1 tehti standardisse SFS 6001 2005. aastal. Siis võeti kasutusele lisas Y riikliku suunava juhisena Sähkötarkastuskeskuse väljaandele A 1-93 Sähköturvallisuusmääräykset vastavad maandussüsteemi nõuded. Need väljaande A1-93 § 10 lg 2 vastavad nõuded on suures osas jõus alates 1974. aastast.

SFS 6001+A1 Lisa F (kohustav), punkt F.4 Mastalajaamad ja -lülitusseadmed

” Kõik masti otsa paigaldatud trafod ja lülitusseadmed tuleb maandada. Lülitusseadmete käiduhoobadel peab olema puutekaugusest kaugemale paigaldatud kasutuspingele vastav isolaator.

Trafod ja lülitusseadmed, mis on paigaldatud terasest või muust elektrit juhtivast materjalist või raudbetoonist mastide otsa, tuleb maandada punktis 9.4.3 või 9.4.4 kirjeldatud viisil.

Puitmastide otsa paigaldatud trafode ja lülitusseadmete puhul võib rakendada järgmist toimimisviisi:

- Trafod ja lülitusseadmed maandatakse maandussüsteemiga, mille moodustab vähemalt potentsiaali suunamisrõngas 0,5 m sügavusele ja 1 m kaugusele mastist paigaldatuna ja masti vundamendis olev elektrood. Kui masti ümbrus vastab lisa D punkti M.1.3 kirjeldatud kasutuskoha isoleerimisele, ei ole potentsiaali suunamine vajalik. Kasutuskoha isoleerimiseks loetakse ka paljast kivipinda, näiteks kaljumassiivi.
- Mastist alla tulev kaitsemaandusjuht kaitstakse puute ja mehhaaniliste vigastuste eest isoleerivast materjalist tehtud kaitsega, mis ulatub vähemalt 2,3 m kõrgusele ja vähemalt 0,2 m sügavusele maasse.
- Kui maandamiseks kasutatakse ühist maandust, peab maandustakistus vastama punktis 9.4.3 toodud nõuetele.
- Kui kasutatakse eraldi maandust, tuleb järgida punktis 9.4.4. toodud nõudeid. Kui mast paikneb kohal, kus liigub sageli inimesi või koduloomi, peab maandussüsteemist olema lisaks ka teine potentsiaali suunamisrõngas, mis paikneb u 1 m kaugusel esimesest elektroodist ja kuni 0,7 m sügavusel. Kohtadeks, kus inimesed sageli liiguvad, loetakse nt hooned koos lähiümbrusega ja krundi alaga, liiklustrassid ja spordiväljakud ja muid vaba aja veetmise kohad.

Võib kasutada muid menetlusi, kui puutepinged on tõestatult piisavalt väikesed.”

Maandused peavad vastama väljaande SFS 6001 nõuded. (vt SFS 6001+A1 Lisa Y tekst ja tabel 10.2-1.).

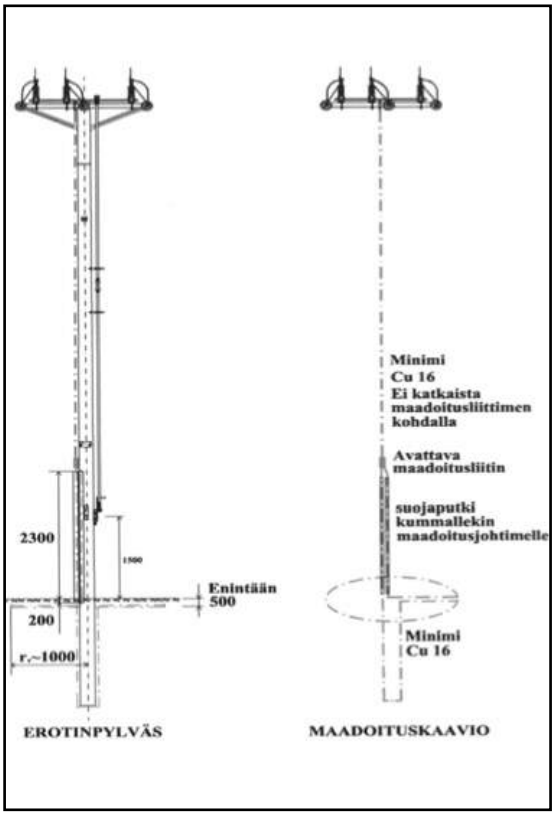
27.6.2. Käsijuhtimisega mastilahuspunkti maandamine

27.6.2.1. Üldist

Käsijuhtimisega mastilahutuspunkti maandus on eraldi maandussüsteem vt SFS 6001 9.4.4). See eeldab, et juba projekteerimise etapis tuleb uurida mastilahutuspunkti ümbrust 20 meetri raadiuses. Kui nii piiritletud terri-

tooriumil on maa sees madalpinge-, telefoni- või muid maakaableid või elektrit juhtivaid torustikke, peab kas masti asukohta nihutama või tuleb maas olevad kaablid või torud isoleerida.
Isoleerimiseks võib kasutada pooleks lõigatud kaablikaitsetoru. Kaitse peab ulatuma vähemalt 20 m kaugusele lahklülitimastist.
Lahklüliti juhtimisvardal peab olemakasutuspingele dimensioneeritud isolaator. Lahklüliti ajamit ei tohi maandada. Maandusjuhiga ei tohi lühistada lahklüliti juhtimisvarda isolaatorit. Kasutades isolatsioonita maandusjuhti, peab ajamitugede ja maandusjuhi vahele jääma vähemalt 50 mm õhkvahemik või 100 mm puud.

27.6.2.2. Uue käsitsijuhtimisega mastilahutuspunkti maandus



Joonis 459. Käsitsijuhtmisega mastilahutuspunkti maandus (RJ 19:06 joonis 1).

Mastilahutuspunkti maandussüsteem ehitatakse järgmiselt:
- maandusjuht paigaldatakse lahklülitimasti otsa enne masti püstitamist
- paigaldustöö tehakse joonisel 450 kujutatud viisil
- maandusjuhina ja maanduselektroodina kasutatakse kirgast Cu 16 mm^2 või Cu 25 mm^2 trossi. Üldnõue kõrgepingesüsteemide maanduselektroodi ristlõikele on Cu 25 mm^2. Elektroodina on lubatud kasutada ka Cu 16 mm2 juhti, kui kasutusoludes ei esine mehhaanilise kahjustumise või korrosiooni ohtu
- Nii kindlustatakse maanduspaigaldise toimimine ka mõõtmiste olukorras;
- lahklüliti kaitsemaandusjuht monteeritakse lahklülitilt otse maasse maanduselektroodiks. Seejuures maandusjuhti maandusklemmi juures ei katkestata.
- mastile paigaldatud maandusjuhti kaitstakse kaitsetoruga, mis ulatub vähemalt 2,3 m kõrgusele maapinnast ja vähemalt 0,2 m maapinnast allapoole. Kaitsetoru kinnitatakse kindlalt masti külge
- maanduselektrood keritakse pärast kaitsetoru ümber masti ja tõuseb paigaldatuna teisel poolt masti ülespoole kaitsetoru alumise serva kohale. Maanduselektroodis peab olema nii palju pikkust, et sellest piisab katkematult masti ümber tehtava potentsiaalitasandusrõngaks ja sellest veel üles masti otsa kuni maandusklemmini
- lahklülitimast tõstetakse püsti ja mastiauk täidetakse osaliselt
- lahklülitimasti ümber paigaldatakse maanduselektroodist potentsiaalitasandusrõngas, mis on umbes 1 meetri kaugusel mastist ja umbes 200 mm, kõige rohkem 500 mm maapinnast allpool (vt joonis 450).
- potentsiaalitasandusrõngast tuuakse maandusjuht ja paigaldatakse teise kaitsetoru kaudu avatavale maandusklemmile. Maanduselektrood on nüüd terve kaablirõngas, mille takistust saab mõõta maandusklemmilt.

Potentsiaalitasandussrõnga paigaldussügavus on metsa- ja harimata maadel umbes 300 mm. Haritavatel põldudel 500 mm, võttes arvesse, et põlluharimistööd juhet ei vigastaks.

Mastilahutuspunkt kaljul:
- kaljule ei pea potentsiaali suunamisrõngast ehitama (vt SFS 6001+A1 Lisa F4).
- siis, kui kaljumasti vahetus läheduses on maanduselektroodi paigaldamiseks sobivat pinnast, ehitatakse sinna maandus rõht- ja/või püstmaanduselektroodidega. Kalju osas tuleb maanduselektrood usaldusväärselt kaitsta. Maandusjuht tuleb isoleerida masti otsas vähemalt 2,3 m kõrgusele ja kaljul vähemalt 2 m kaugusele mastist. Sellise kaljumasti lähedale ehitatud maanduselektrood peaks olema mitmeharuline, siis väheneb võimalike liigpingete oht efektiivselt.
- lahklüliti maanduse võib ehitada teise masti (vt SFS 6001+A1 Lisa F4). Teise masti otsa ehitatakse maandussüsteem rõht- või püstelektroodidega. Potentsiaali ühtlustusrõngast ei ole vaja selle masti otsa asetada, sest lahklüliti juhtimine toimub lahklülitimasti otsas.

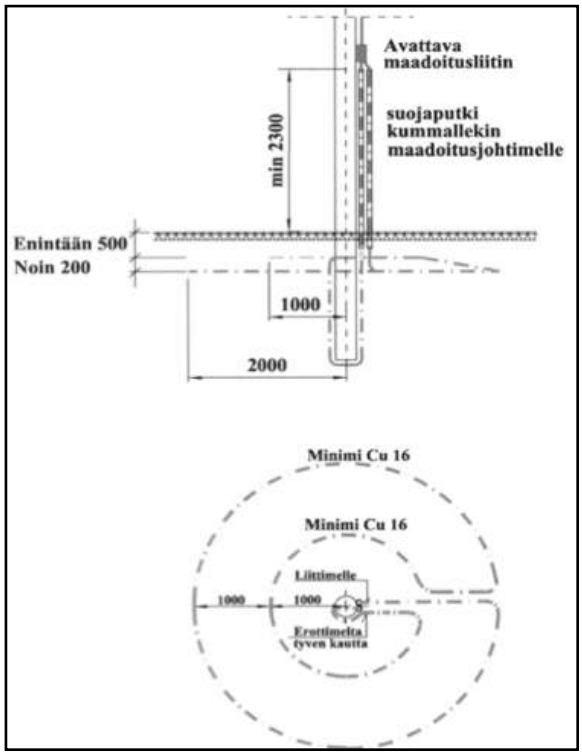
Mastilahutuspunkt kohas, kus viibivad inimesed või koduloomad:

- sellisteks kohtadeks loetakse hoonete krundid koos lähiümbrusega, liiklustrassid ja spordiväljakud ning vastavad vaba aja veetmise kohad ning koduloomade söötmis-, jootmis-, hooldamis- või lüpsmiskohad.
- mastilahutuspunkti ehitamist sellistesse kohtadesse tuleb võimalust mööda vältida.
- kui mastilahutuspunktis on eraldi maandus, suurendatakse objekti turvalisust sellega, et masti aluse juurde paigaldatakse teine potentsiaali ühtlustamise rõngas. Kui lahklüliti maandus ühendatakse nt trafopiirkonna madalpingemaandusega, ei ole teist potentsiaali ühtlustamise rõngast vaja (vt SFS 6001+A1).
- teise potentsiaaliühtlustusrõnga nõue on lisatud Soomes Kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsuse (KTMp) 1193/1999 lisasse Olulised ohutusnõuded (Oleellisia turvallisuusvaatimuksia).
- teine potentsiaaliühtlustusrõngas paigaldatakse umbes meetri kaugusele esimesest ja 200 mm sügavamale kui esimene (vt joonis 451.).
- lahklüliti maandusjuhti ei lõigata läbi maandusklemmi kohal.

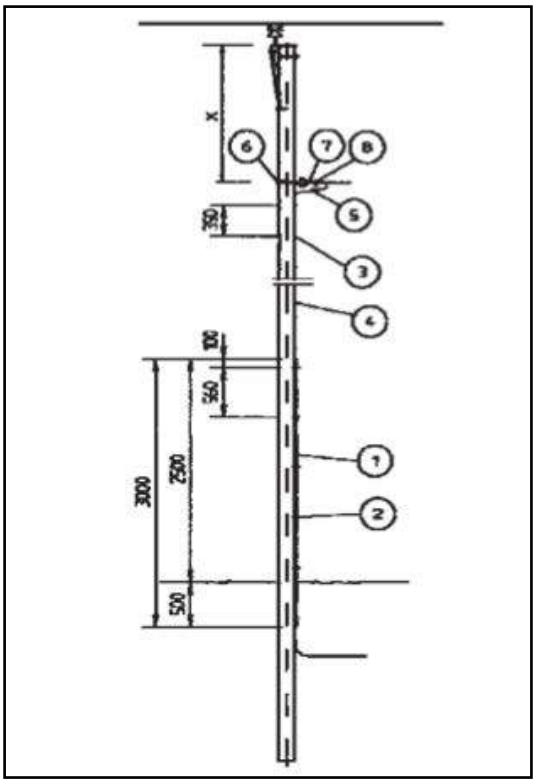
27.6.2.3. Lahklüliti maandus olemasolevas mastis

Lahklüliti paigaldatakse olemasoleva masti otsa:
- maapinnamaandus asendatakse püstmaandusega.
- lahklüliti kaitsemaandusjuht tuuakse mööda masti külge katkematult alla ning kaitstakse maapinna piiril kaitsetoruga, nagu on kirjeldatud eespool punktis 27.6.2.2.
- lahklülitimasti ümber paigaldatakse maanduselektroodist potentsiaaliühtlustusrõngas, mis on umbes 1 meetri kaugusel mastist ja umbes 200 m ja maksimaalselt 500 mm maapinnast allpool (vt joonis 450.).
- püstmaandus ühendatakse usaldusväärse liidesega potentsiaaliühtlustusrõngaga.
- potentsiaaliühtlustusrõnga vigastamatust kontrollitakse mõõtmise teel.

Olemasoleva lahklülitimaanduse muutmine standardile FSF 6001 vastavaks:
- muutus on vajalik, kui lahklülitimaandus ei vasta selle ehitamise ajal kehtinud eeskirjadele, sellisel juhul tuleb arvestada keskpingevõrgu maalühisvoolu ja rakendumisaja muutusi.
- kui mastilahklüliti maandus on ehitatud kõrvaloleva masti otsa, selle võib jätta oma kohale, sest see vähendab rikkeolukorras potentsiaali suurenemist lahklülitimastis.
- mastilahklüliti masti paigaldatakse samasugune maandussüsteem nagu eelmises punktis (vt joonis 450).
- kui mastilahklüliti maandus on ehitatud praegusele mastile ning ei vasta ehitamise ajal kehtinud eeskirjadele, täiendatakse paigaldist potentsiaaliühtlustusrõngaga, millega ühendatakse usaldusväärsel viisil praeguse maanduselektroodi harud.
- potentsiaaliühtlustusrõnga vigastamatust kontrollitakse mõõtmiste teel.



Joonis 460. Käsitsi juhitava mastilahutuspunkti maandus kohas, kus inimesed ja koduloomad sageli viibivad (RJ 19:06 Joonis 2).



Joonis 461. Lahklüliti maanduse paigaldamine kõrvaleasuvasse masti.

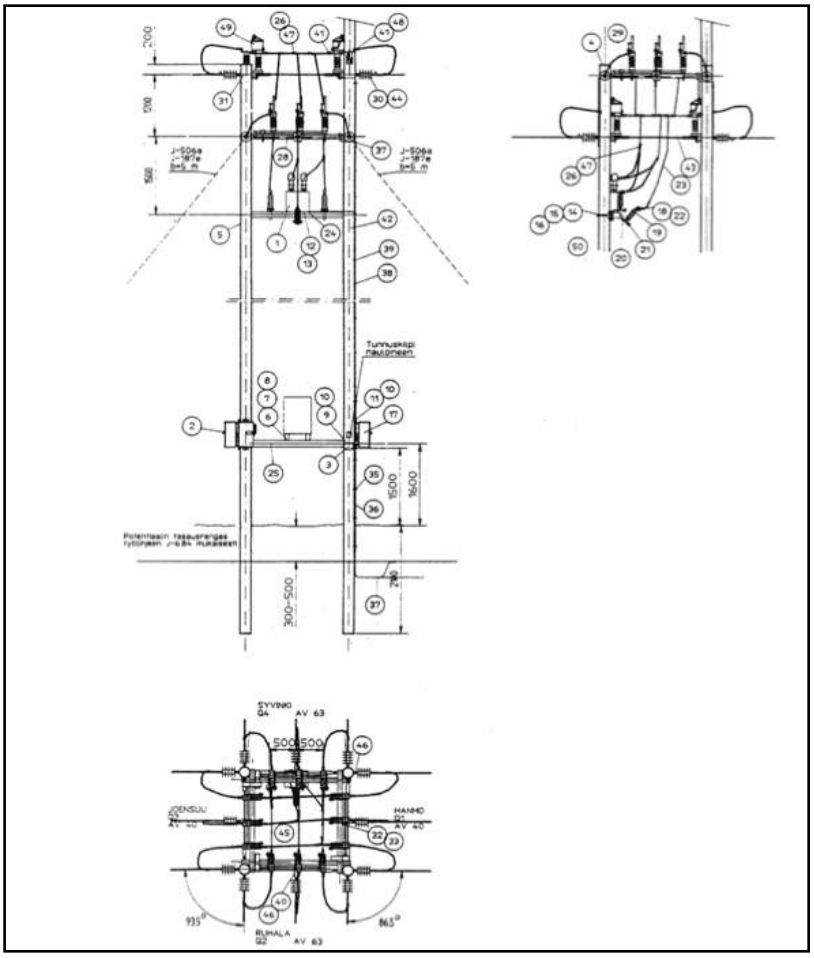
Detailid:
1. Maandusjuht
2. Klamber
3. Maandusklemm
4. Puute- ja üleminekuklemm
5. Rullisolaatori hoidik
6. Rullisolaator
7. Ankruklamber
8. Puute- ja üleminekuklemm
9. Terasalumiiniumjuhe
10. Maanduselektrood
11. Maanduse kaitsetoru
- kinnitused
- kruvid

Tööaegse töökohamaanduse tarvis tehakse kaitsemaandusjuhti (C) aas, mis paigutatakse piisavalt lahklülitist allapoole.

27.7. Kaugjuhitavad mastilahutuspunktid

27.7.1. Üldist

Seoses tehnika arenguga on nüüd võimalik ehitada õhuliinivõrku ka kaugjuhitavaid lahutuspunkte. Elektriettevõtete võrguautomaatika või pideva valve abil saab lahutuspunktide kaudu võrkude tööd varasemast ulatuslikumalt suunata.
Lahutuspunktid on enamasti võrgu sõlmpunktidesse ehitatud nelja mastiga lahutuspunktid, milles on lahklülitite juhtimiseks motorajamid ja kaugjuhtimissüsteem.



Joonis 462. Nelja mastiga lahutuspunkt.

27.7.2. Lahutuspunkti ehitamine

Mastide püstitamine
Lahutuspunkt ehitatakse nagu mastilahklüliti konstruktsioonidki. Tööd alustatakse mastide püstitamisest. Mastid tuleb piisavalt sügavale pinnasesse süvistada, et talvel pinnase külmumine maste välja ei kergitaks ja ajamitetööd ei takistaks. Enne mastide püstitamist tuleb neile paigaldada maandussüsteemist tulenevad lahklülititelt masti ümber keritavad maandusjuhid.

Lahklülitite paigaldamine
Lahklülitid paigaldatakse tootja juhiste alusel. Eriti hoolikalt tuleb jälgida õiget paigaldusasendit ja kinnitamist mastide külge. Ajamid paigaldatakse jooniste alusel, tagades nende usaldusväärse talitluse.

Trafo paigaldamine
Lahutuspunkti käidupinge tootjaks paigaldatakse pingetrafo.

Õhuliinide paigaldamine
Lahutuspunkti tulevad õhuliinid paigaldatakse tavalisel meetodil. Pingutatakse ja ühendatakse lahutuspunktiga.

Juhtimiskeskuse ja juhtimisseadmete paigaldamine
Juhtimissüsteem paigaldatakse paigaldusjuhendite alusel.

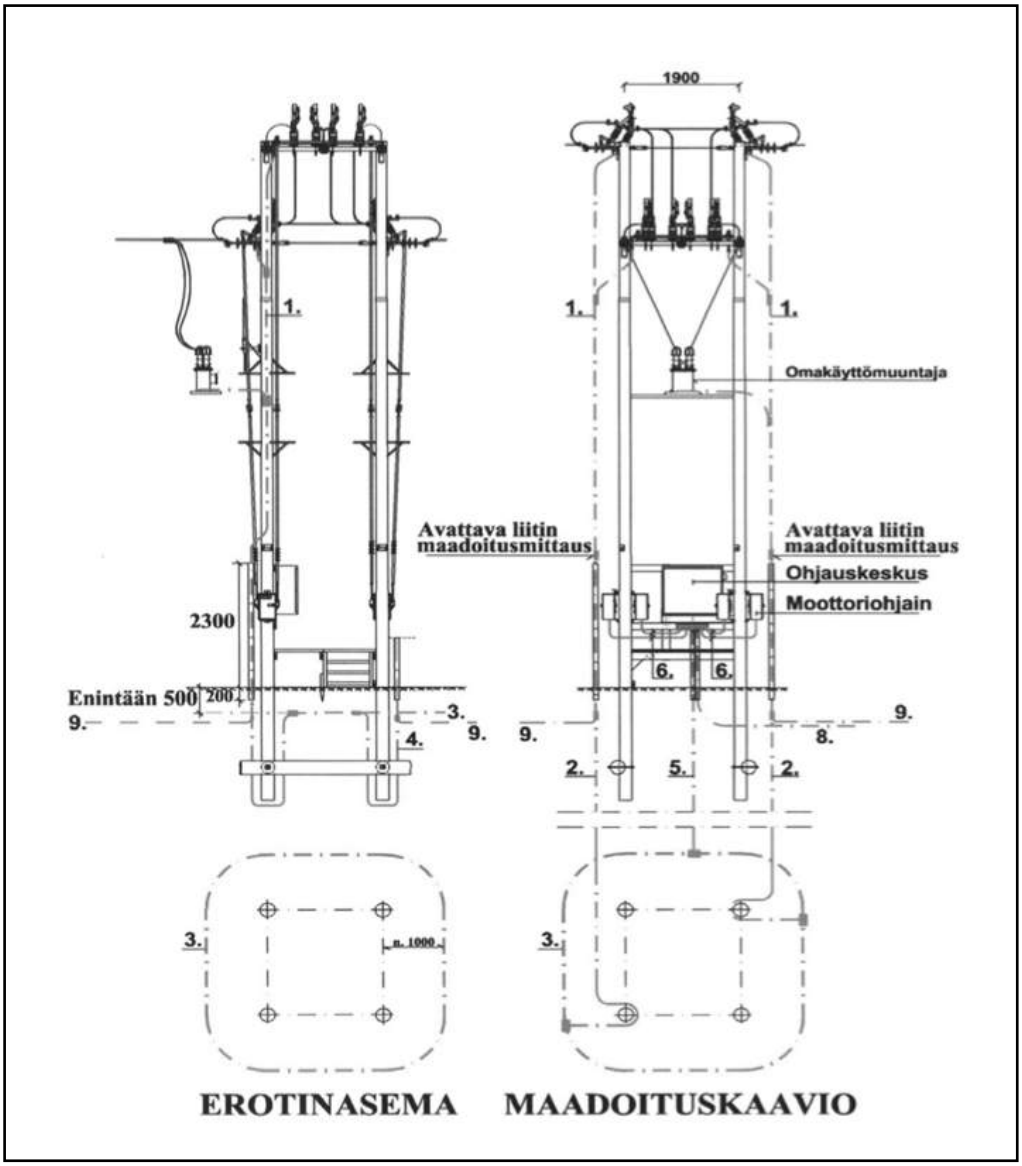
27.7.3. Kaugjuhitava mastilahutuspunkti maandus

27.7.3.1. Üldist

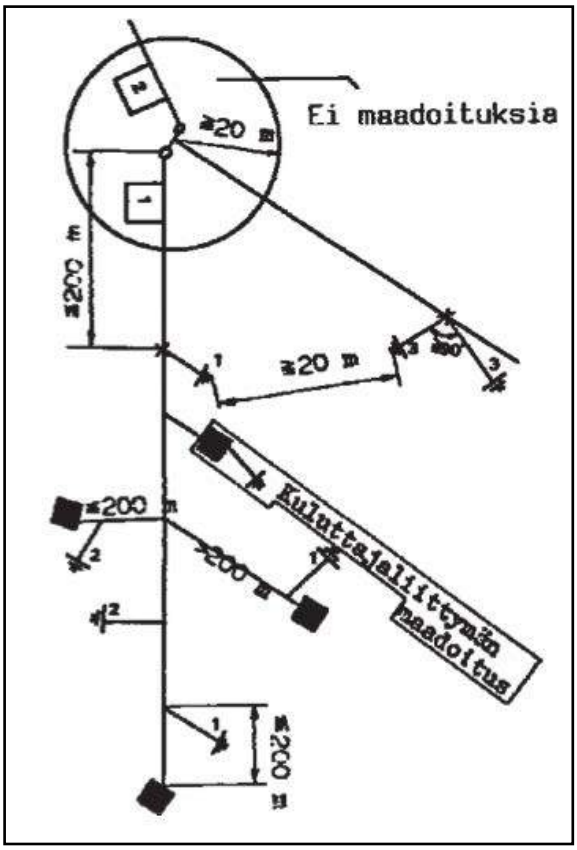
Kaugjuhitava mastilahutuspunkti maandussüsteem tuleb ehitada üldisi kõrgepingealajaamade nõudeid järgides (vt SFS 6001+A1).

Lahklülitite juhtimisvardad on varustatud käidupingele dimensioneeritud isolaatoritega. Kaugjuhitud mastilahutuspunkti maandussüsteem on ehitatud potentsiaaliühtlustusrõngast ja mastide alusemaandustest ja/või püstmaandustest.
Kohtades, kus kaugjuhitavale lahutuspunktile saadakse elektrienergiat omatarbetrafolt, ehitatakse eraldi oma maandussüsteem.
Objektidel, kus kaugjuhitud lahutuspunktile saadakse elektrienergia lähedasest trafopiirkonnast, saavutatakse piisavalt väike maandusimpedants tavaliselt trafopiirkonna maanduste abil.

27.7.3.2. Mastilahutuspunkti maandus, kui abipinge võetakse omatarbetrafost



Joonis 463. Kaugjuhitava 4- mastiga lahutuspunkti maandus (RJ 19:06 joonis 4).



Joonis 464. Maanduselektroodide paigutus eraldi paiknevate maanduste kasutamisel:
1. Nullimistingimustest tulenev käidumaandus
2. Lisamaandus
3. Kaitsemaandus

Paigalduskirjeldus joonisel 454 kujutatud maanduspaigaldisele:

1. juht 1 on kaitsemaandusjuht lahklülitilt masti alusele maandusklemmile. Kaitsemaandusjuhid paigaldatakse mõlemale poole mastilahutuspunkti nii, et kõik lahklülitid saab maandatud. Selle maandusjuhiga ühendatakse ka omatarbetrafo korpuse maandus. Mastist alla tulevad maandusjuhid ei tohi lahklülitite juhtimisvarda isolaatorites lühist tekitada.
2. juht 2 on lahklüliti maandusjuht klemmilt elektroodile. Lahklülitilt tulevat maandusjuhti ei lõigata läbi klemmi kohal, vaid see veetakse tervena alusemaanduselektroodina (juht 4.) ümber masti aluse tagasi maapinna tasandile, kus see ühendatakse potentsiaaliühtlustus elektroodiga. Maandusjuhile paigaldatakse kaitsetoru, mis ulatub vähemalt 2,3 kõrgusele maapinnast kõrgemale ja 0,2 m maapinnast allapoole.
3. juht 3 on maapinna potentsiaali juhtimiselektrood.
4. juht 4 on alusemaanduselektrood. Alusemaanduse või püstmaanduse abil vähendatakse maapinna potentsiaali.
5. juht 5 on mastilahutuspunkti juhtimiskeskuse ja motorajami maandusjuht. Juhtimiskeskuse lähedusse paigaldatakse maandusklemm, kuhu ühendatakse kõik juhtimisega seotud maandatavad objektid. Nii välditakse maandatud osade vahelisi pinge erinevusi. Potentsiaali juhtimiselektroodist tõusev maandusjuht paigaldatakse eraldi kaitsetorusse nii, et see ei puutuks kokku maandusjuhtidega (juht 2).
6. juht 6 on lahklülitite motorajami korpuste maandusjuht.
7. juht 8 on lahutuspunkti andmeedastusantenni maandusjuht, mis ühendatakse juhtimiskeskuse maandusklemmiga. Nii hoitakse ära potentsiaalivahede teke antenni andmeedastuskaabli ja juhtimiskeskuse vahele.
8. juht 9 on lisamaanduselektrood, millega parandatakse lahutuspunkti maandust eriti liigpingekaitse seisukohalt. Hargnevaid elektroode võib olla näiteks neli, milles kaks süvistatakse kummagi masti maandusjuhti süvistamissügavusel (juht 2.).

27.8. Maanduselektroodi paigaldamine

Maanduselektroodiks sobib pinnasesse või vette paigaldatud metallitükk, näiteks traat, tross, latt, toru, varrast vms profileeritud detail või nende kombinatsioon. Maandusjuhi pinnases paiknev paljas pikendus loetakse maanduselektroodi osaks.

Korrosioonitaluvus

Et maanduselektrood oleks korrosioonikindel, peavad selle korrosioonimõjule altid osad olema kas vasest, roostevabast terasest või kuumtsingitud terasest, mille tsingikihi paksus on vähemalt 60 μm. Kui samas või lähedastes elektroodides kasutatakse erinevaid metalle, tuleb arvestada sellest tulenevat korrosiooni. Näiteks terasest ja vasest elektroode ei tohi lähestikku paigaldada, sest teras hakkab korrosiooni mõjul sellises olukorras sööbima (vt ka tõmmitsavarraste sööbimine)

Jätkamine ja hargnemine tuleb teostada nõuetekohaselt

Maanduselektroodi pikendus ja hargnemine tuleb teostada usaldusväärsete kokku pressitud, keevis- või kõvajoodisühendustega või muul samaväärsel viisil.

Nimiristlõige peab olema piisav

Maanduselektroodina toimiva traadi, toru vms nimiristlõige peab olema vähemalt 16 mm^2 vaske või ka 35 mm^2 roostevaba või kuumtsingitud terast.

Maanduskoha valik

Maandusimpedantsi (-takistust) mõjutavad olulisel määral pinnase liik ja niiskustingimused. Maanduse seisukohalt parimad pinnaseliigid on savi-, huumuse- ja turbapõhised pinnaseliigid. Liivased ja kruusased pinnaseliigid on maanduse seisukohalt ebasoodsamad. Eespool on tabelis 11 toodud pinnaseliikide omatakistuse väärtused. Niiskusesisaldus parandab maandusväärtusi kõikide pinnaseliikide puhul.

Maanduselektroodi süvistamine
Rõhtelektroodi süvistamine maapinda toimub enamasti mehhaniseeritult kaabliadra abil.
Püstmaandusi ehitatakse tavaliselt siis, kui rõhtmaanduste tegemine tekitab tööst tuleneva kasu suhtes ülemäära suuri kulusid ning pinnas on selline, et vardaid on hõlbus süvistada.

27.9. Mastilahutuspunkti tähistused

27.9.1. Üldist

Elektriaparatuuril peab olema hoiatussilt hoiatama pooleli oleva töö või elektriaparatuuri kasutamisega ning elektriaparatuuri ehitusega seotud ohtude eest. Elektriaparatuuri ehituse eest kasutatavate hoiatussiltide kasutamise teevad kohustuslikuks standardid SFS 6000, SFS 6001 ning õhuliinistandard SFS-EN 50341-3-7.

Jaotusvõrgu kasutamine nõuab eraldi tähistusi, millega saab täpsustada iga lahklülituskoha ja lahutuspunkti. Tähised tehakse jaotusvõrguhaldaja antud juhiseid järgides.

27.9.2. Lahklülitite ja lahklülituskohtade tähistused

Lahklülitid / lahklülituskohad tähistatakse jaotusvõrguhaldaja juhiste ja projektide alusel lähimal mastil:
1. Lahklüliti või lahutuspunkti tuvastustunnus (võimalik kood ja nimi)
2. Silt „Ettevaatust – eluohtlik!“
3. Vajadusel turvalistele töötamise vahekaugustele viitavad kollased hoiatuslindid

Lahklüliti mehhaanilisele asendile viitav tähis 0/1 tuleb märkida lahklülitiajami vahetusse lähedusse, kus see lahklüliti ajamil puudub või tähistused ei ole hästi loetavad.

Ka pingealuse töö lahutuse kohad ning juhtmetele pingealuse töö käigus paigaldatud 1-faasilised lahklülitid tuleb märkida maastikul identifitseeriva tähisega näiteks lähimal mastil.

Joonis 465. Lahklülitimasti tähistused (YJ 8:09, joonis 1).

27.9.3. Õhuliinivõrgu kaugjuhtimisseadmete tähistused

Lahutuspunkti kood paigaldatakse lähenemissuunda. Lahklüliti kood märgitakse võimaliku ajamikilbi välispinnale. Sellele lisaks märgitakse võimaliku ajamikilbi sisse lahklüliti käsitsi kasutamise ja kaugjuhtimisega kasutamise oleku andmed (lokaalne-/kaugkasutus) ja viide lahklüliti asendile.

27.10. Dokumenteerimine ja kasutuselevõtukontroll

27.10.1. Dokumenteerimine

Pärast ehitustööde lõpetamist dokumenteeritakse jaotusvõrgus tehtud muudatused kas tagastades tellijale asendiplaani, millele on kantud uus ehitatud mastilahutuspunkt või tehes vajalikud kanded otse tellija võrguandmebaasi.

27.10.2. Kasutuselevõtukontroll

Kasutuselevõtukontroll tehakse Soome kaubandus- ja tööstusministeeriumi otsuses (KTMp) 517/1996 nõutud viisil:
”Kasutuselevõtukontroll
§ 3
Elektriaparatuurile tuleb teostada kasutuselevõtukontroll, mille käigus tuvastatakse piisava ulatusega, et elektriaparatuur ei põhjusta elektriohutuseaduse (410/96) § 5 kirjeldatud ohtu või häireid.
§ 4
Kasutuselevõtukontrolli kohta tuleb koostada elektriaparatuuri haldaja kasutusekontrolli protokoll teatud eranditega. Kasutusekontrolliprotokollist peavad ilmnema objekti tuvastusandmed, ülevaade elektriaparatuuri eeskirjadele ja määrustele vastavuse kohta, üldine kirjeldus kasutatud ülevaatustoimingutest ning ülevaatuste ja testide tulemused, mis kinnitatakse ülevaatuse teostaja allkirjaga…..”

Kõrgepingeelektripaigaldiste standard SFS 6001 annab juhised kõrgepingeseadmete kontrolliteostamiseks muuhulgas järgmiselt:
Punkt 10 Kontrollja testimine kasutuskohal enne kasutuselevõttu
Ülevaatuste ja testidega veendutakse paigaldise ja seadmete nõuetekohasuses võrreldes tehniliste määraltustega võrreldes.
Kontrolli võib teostada järgmistel viisidel:
- visuaalselt
- talitluse testimisega
- mõõtmistega

PYLVASMUUNTAMON JA EROTINASEMAN KAYTTOONOTTOTARKASTUSPOYTAKIRJA TP04

URAKOITSIJA OY

Tarkastuskohde

Tyon nimi		Tilaajan viite	
Muuntop./ erotin nimi ll:n:o		Mp./ erottimen osoite	
Tarkastuskohteen tyolaii		O 20 / 0,4 kV O 20 I 1kV O 1 I 0,4kV O MUU _____ kV	

Ki.iytti:iOnottotarkastus toteutetaan KTM:n pi.ii.iti:iksen 517/1996 edellytti.imi.illi.i tavalla

Rakentamisessa ja tarkastuksessa on ki.iytetty seuraavia standardeja:

O SFS 6000 O SFS 6001 O SFS 6002 O SFS 6003 O SFS-EN 50423 / 50341 O MUUT

Turvallisuustasot saavutettu

Turvallisuustasoja ei saavutettu

B

Tarkastuksen suorittaja

Allekirjoitus

Pvm.

Selvennys

Tarkastusmerkinnat X Kunnossa – Ei kunnossa O Ei kuulu rakenteeseen

A Yleista		Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
1	Laitteiden ominaisarvot			
2	Kaaviot			
3	Dokumentointi			
4	Valmistajien ohjeet ja dokumentit			
5	Etaisyysvaatimukset			
6	Siajainti ja turvallisuus			
7	Johdin- ja kiskoliitokset ja liittimet			
8	Elainsuoiaukset			
B Merkintatarvikkeet				
1	Heng t	Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
2	Eroti			
3	Muunt uks			
4	Paakesk			
5	Pj-johtojen inr			
6				
C Suur"annitelaitteet		Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
1	Kj-orret, eristimet, pitimet ja siteet			
2	Erottimien toiminnan testaus			
3	Erottimien ohjauslaitteet			
4	Kytkentajohtimet			
5	Tyomaadoituksen liitantakohdat			
6	Kytkentajohdinten liitokset ja liittimet			
7	Ylijannitesuojat			
8	Kj-kaapelin pylvaseroinpaate			
D Muuntaja		Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
1	Muuntajan runko, oljysaillo			
2	Etaisyys maasta (min 5,5 m Pj)			
3	Muunt. valiottokytkimen asento (esim. 3)			
4	Muunt. valiottoa. portaiden lkm (esim. 5)			
5	Muuntajan eristimet			
6	Oljyvuodot			
7	Ominaistiedot			
8	Muuntajan sarjanumero			

MALLI

Joonis 466. Mastialajaama/lahklüliti kasutuselevõtukontrolli protokoll TP04 (HeadPower)

E Pienannitelaitteet			Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
1	Pj-keskukset				
2	Pj-keskuksen sy6tt6johdot				
3	Varokekytkimet / toiminnan testaus				
4	Ohjauskaapelit				
F Maadoitukset			Vian tai puutteen kuvaus	Korj. pvm.	Nimi
1	Muuntajan runko				
2	Erotinorret				
3	Kj-jannitteelle alttiit harukset				
4	Pj-jannitteelle alttiit harukset				
5	Kj-orret				
6	Maadoitusjohtimet liitokset				
7	Kosketusjannitesuojaus				
8	Potentiaalintasausrenkaat				
9	Maadoituselektrodit				
10	Maadoitusten yhdistaminen				
G Muut			Vian tai puutteen kuvaus	Kdj, pvrrl	Nimi
1	Pylvas- ja tukirakenteet				
2	Harusrakenteet				
3	Lukitukset				
4	Mekaaniset suojat				
5	Kaivujaljet, pinnoitteet				
6	Muut tarkastukset				

H Mittaukset											
1	Virrat		L1		L2			L3			
2	Jannitteet /		1-L:		L1-L3		L2-L3		L1-PEN		
3	Suoja- ja Pen										
4	Potentiaalinta										
5	Laajan maadoitu										
6	Maadoitukset		Yhdis.			PEN			S		
7	Eristysvastus				M						
8	Kiertosuunta ja vaiheistus										

Mittalaitteen tyyppi **Mittalaitteen numero**

Huomautukset, lisaselvitykset, poikkeamat suunnitelmista yms.

28. VANA LIINI KÄIT

28.1 Üldist

Õhuliinivõrkude tööd on suures osas vana liini käiduga seotud, sest uusehitiste osakaal on pidevas languses. Kõikide õhuliinitööde puhul peab arvestama olemasolevaid, vanu õhuliine. Vanade liinidega puututakse kokku eriti remonditööde puhul. Nende tööde puhul ei tohi mingil juhul unustada vanade mädanenud mastide tõttu tekkivaid ohte. Mastide seisukord tuleb enne töö alustamist kindlasti välja selgitada. Vana liini demonteerimiseks tuleb koostada demonteerimisprojekt, millega tagatakse lammutustöö turvaline teostamine.

Mastide vahetamine pingealuse töö meetoditega on paigutatud raamatu käesolevasse ossa. Pingealuse töö meetoditega saab mastid või mastide tipukonstruktsioonid välja vahetada ilma, et elektrivõrgus ebameeldivaid pingekatkestusi tekitaks.

Sellesse ossa on paigutatud ka vanade töömeetodite kirjeldused, näiteks mastide paigaldamine käsitsitööna. Seda meetodit on vahel vaja ka uute liinide rajamisel kasutada, kui on vaja ainult paari masti püstitada ning masinate kasutamine ei ole keskkonna või muude tingimuste tõttu võimalik.

28.2. Mastide vahetamine

28.2.1. Üldist

Madalpingeliinide mastide väljavahetamine siis, kui liin on pingestatud, mingite erimeetmete rakendamist ei nõua. Siiski tuleb arvestada, et tööd tehakse paljaste pingestatud osade läheduses (0,5 m).
Kõrgepinge puhul põhjustab puidust masti puutumine vastu pingestatud juhet maalühise, masti süttimise ja ohtlike pingete kandumise masti lähiümbrusesse. Kui masti tuleb tõsta nii, et standardis SFS 6002 määratletud minimaalseid vahekaugusi pingestatud osadest ei saa töötamisel järgida, tuleb töö teha siis, kui liin on pingestamata või kasutada lubatud pingealuse töö võtteid, mida nõuavad töö teostamisel masti tipuossa kaitsva isolatsioonimati paigaldamist või selliseid töövõtteid, kus pingestatud juhtmed tõstetakse isolatsioonimatist varrastega või isolatsioonimaterjalist traaversile nii üles, et masti vahetamine on võimalik, pingealuse töö meetodite puhul on vaja töö teostamiseks kaasata vastava eriväljaõppega töötajad.

Joonis 467. Masti püstitamine isoleeriva matiga kaitstud pingealuse tööna

28.2.2. Mastide väljavahetamine pingealuse tööna

28.2.2.1. Mastide püstitamine isolatsioonimaterjalist mattide abil

Vana pingealuse töö meetod on isolatsioonimaterjalist kaitsemattide kasutamine mattide püstitamisel pingestatud liinide läheduses.

Mastide tipuosad kaitstakse kasutusse lubatud kaitsemattidega ja mastid tõstetakse pingestatud juhtmete lähedale või vahele. Mastide otsene komplekteerimine ja paigaldamine peab siiski toimuma voolukatkestusega .

28.2.2.2. Mastide vahetamine isolatsioonimaterjalist varraste abil

Mastide vahetamine ja tipukonstruktsiooni vahetamine 20 kV õhuliinil on võimalik pingealuse tööna isoleervarraste abil.
Pingealuse töö meetodite puhul ühendatakse juhtmed vana masti küljest lahti ja kinnitatakse isoleervarraste külge. Vana masti tipuosa saetakse maha. Uus mast tõstetakse vana kõrvale ja juhtmed kinnitatakse uue masti külge.

Mastide pingealuse tööna vahetamise võivad teostada vaid selleks vajaliku väljaõppe saanud montöörid ja ekskavaatorijuhid.

Joonis 468. Masti vahetamine pingealuse töö meetodiga (JT-MILLENNIUM).

Joonis 469. Mastivahetustöö tõstetraaversi meetodil (JT-MILLENNIUM).

28.2.2.3. Mastide vahetamine isolatsioonimaterjalist tõstetraaversi abil

Samu mastide vahetamise töid võib teha isolatsioonimaterjalist tõstetraaversi abil. Selle meetodi puhul tõstetakse pingestatud juhtmed tõstetraaversi abil üles ja uus mast või muu uus konstruktsioon tõstetakse liini alla. Juhtmed lastakse traaversi peal uute tugiisolaatorite peale ja seotakse nende külge.
Töö õnnestub kõige paremini, kui tõstetraavers paigaldatakse väljavahetatava konstruktsiooni kõrvale püstitatava abimasti otsa.

28.3. Masti paigaldamine käsitsitöö meetodiga

28.3.1. Kaevesügavus

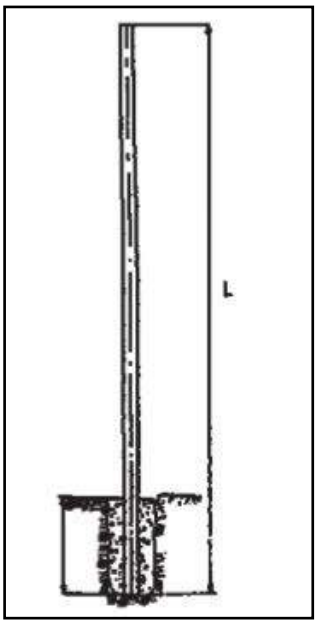
Mastide püstitamine toimub enamasti masinatega, kuid on kohti, kus masinad ei saa näiteks ruumipuuduse tõttu töötada. Sellisel juhul tuleb mast püstitada käsitsi.

Põhireegel kaevesügavuse kohta
Vajalik kaevesügavus oleneb peamiselt masti pikkusest ja arvutatakse järgmiselt:
Põhireegel: Mastiaugu kaevesügavus on 1,4 m + L/20 (L = mastipikkus)
või tabeli kujul:

Tabel 48. Mastiaugu kaevesügavus.

Mastipikkus L	Kaevesügavus
7 - 8 m	1,8 m
9 - 10 m	1,9 m
11 - 12 m	2,0 m
13 - 14 m	2,1 m
15 - 16 m	2,2 m

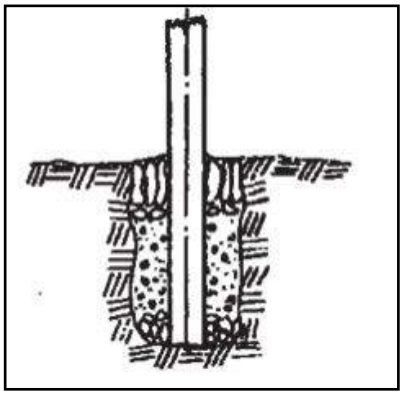
Märkused:
- Pehmes pinnases on vaja suuremat sügavust.
- Jämedam mast vajab suuremalt kaevesügavust
- VIM alusel on väikseim kaevesügavus L/7 (kuid mitte alla 1,4 m). See sügavus vastab üle 15 m mastide kaevesügavusele. Lühemate mastide puhul soovitatakse kasutada seega veidi suuremaid kaevesügavusi kui VIM nõuab.



Joonis 470. Kaevesügavus.

Käsitsi kaevamine ja kividega täitmine mõjutavad kaevesügavust järgmiselt:
Käsitsi kaevamine ja täitmine hoolikalt tihendades ja pinnaseliike valides
u 0,1 m
Kiiluna kasutatud kivid
u 0,2 m
Homogeense pinnaseliigi puhul võib käsitsi kaevates ja kive kiiludena kasutades piirduda u 0,3 m võrra väiksema kaevasügavusega kui masinaga kaevates ja pinnast täitematerjalina kasutades.

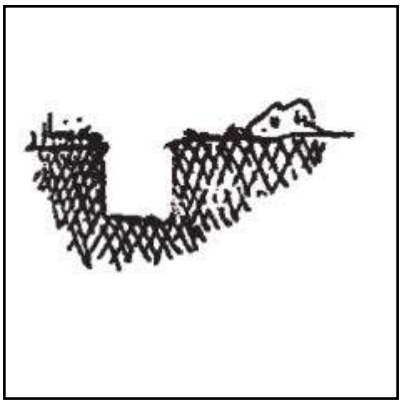
Joonis 471. Kiiluna kasutatud kividega täitmine.



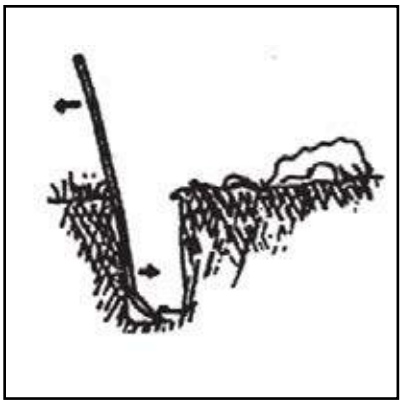
28.3.2. Mastiaugu kaevamine

Kaevamist alustatakse mastivaia ümbert mastiaugu läbimõõdule vastava pindmise pinnasekihi eemaldamisega, sageli saab seda eemaldada ühe mättana. Sellise alustamisviisiga säilib mahamärgitud masti asukoht. Tööd alustatakse labidaga ja labidaga kaevamist võib jätkata kuni umbes 0,6 -1,0 m sügavuseni. Kui pinnas on kõva, võib seda raudkangiga pehmendada. Mastiaugu kaevamisel eemaldatud pinnas tuleb paigutada augu lähedale nii, et see masti tõstmisel takistuseks ei oleks.

Joonis 472. Mastiaugu kaevamise alustamine.



Joonis 473. Labidaga kaevatud esmane auk

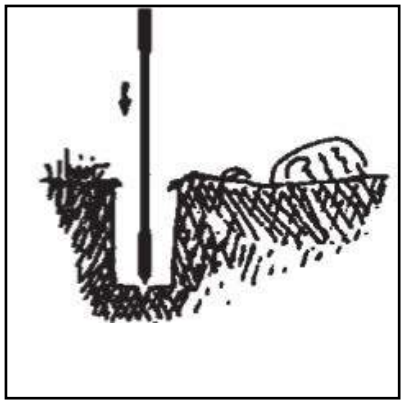


Joonis 474. Kaevamine kaevekulbiga.

Kui kaevamiseks kasututakse kaevekulpi, vajutab kaevaja kulbi vart pidi augu serva ja keerab kulpi nii, et serv lõikab pinnast ja kulp täitub. Kaevaja kummardab, haarab kulbi alumisest varrest, tõstab selle üles ja tühjendab pinnasest. Kaevamise ajal liigub kaevaja ümber mastiaugu, siis tuleb pinnas kulbi eelmise lõikejälje servast paremini lahti.

Kõvade pinnaste puhul on maast kivide eemaldamiseks kangi vaja. Saviste pinnaste puhul kasutatakse selleks spetsiaalseid tööriistu. Kõva pinnase pehmendamine kaevamiseks sobilikuks algab alati augu keskelt, kuhu raiutakse auk. Augu servasid laiendatakse ja eemaldatakse lahtine pinnas augu servale, kasutades tööks korda mööda erinevaid tööriistu.

Väga kõva või jäätunud pinnase lõhkumiseks on kõige tõhusam kasutada piikvasarat. Kivid eemaldatakse august kulbi või kivikääridega. Käsitsi kaevamisel tuleb suurematest kividest kõrvalt mööda minna.



Joonis 475. Kõva pinnase pehmendamine.

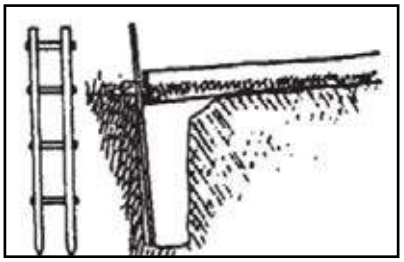
Kaevekulbi asemel võib hästi kaevatavate pinnaste puhul kasutada kaevamiseks ka kaevamiskääre. Kaevekääre keeratakse mastiaugus ringi ja lahtine pinnas pigistatakse labidataoliste labadega kääride vahele ja tõstetakse august välja.

Pehmed ja niisked pinnased tekitavad kaevamisel teistsuguseid probleeme. Pehmes pinnases tuleb auk kiiresti valmis saada ja mast tuleb kohe auku tõsta, et pinnas ei jõuaks enne selle tööetapi lõpetamist auku vajuda. Vesi eemaldatakse veenõudega, mis auku vajutades külili vajuvad ja üles tõstes vett ja pinnast kaasa haaravad.

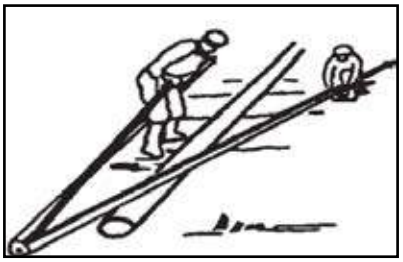
28.3.3. Masti püstitamine

Tõstmisel kasutatakse tavaliselt mehhaanilist tõsteseadet (vints). Brigaadi peab kuuluma kaks meest. Enne tõstmist tehakse augu servale tõstesuunas selge juhtimissoon. Kontrollitakse, et augu põhi oleks puhas.

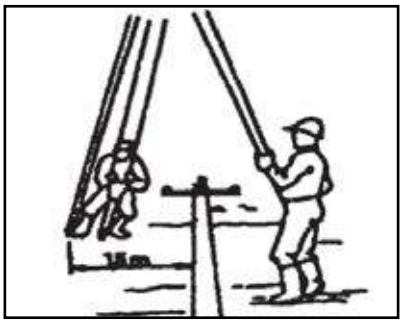
Tõstmiseks paigaldatakse mastisuunaja, mis hoiab ära masti alumise osa vajumise augu vastasserva, siis võib pinnast augus servast põhja langeda ning mast jääks liiga madalasse auku. Lihtne mastisuunaja on raudkang või puidust kang, mis paigutatakse vastu augu serva toetuma.



Joonis 476. Masti paigutamine auku tõste alguses, mastisuunaja.



Joonis 477. Tõsteseadme paigutamine tõstmiseks.



Joonis 478. Tõsteseade lükatakse püsti.

Raskete mastide tõstmisel tuleb kasutada spetsiaalset mastisuunajat.

Tõsteseade paigutatakse masti peale selliselt, et mast jääb tõstuki jalgadest tekkinud nurga poolitaja kohale. Tõsteseadme jalgade alumised otsas jäävad veidi masti raskuspunktist kõrgemale, üksteisest umbes kolme meetri kaugusele.

Kui tõsteseade on õiges kohas, lõdvendab üks töömees vintsi trumlit ja teine tõmbab tõstetrossi täiesti sirgeks.

Seejärel tõstetakse tõsteseade püsti, üks paigaldaja hoiab üht tõsteseadme jalga, hoides sellega ära jala maast kerkimise, teine lükkab tõsteseadme püsti.

Üks paigaldaja hoiab tõsteseadet püsti ja teine kinnitab tõsteketi masti külge. Tõstekett kinnitatakse masti külge tõsteseadme jalgade alumisi otsi ühendava sirge kohal, sest vastasel korral võib tõsteseadme tõstmise ajal kalduma hakata. Kinnitus masti külge tuleb teha nii, et rattad vastu masti ei hõõruks.

Joonis 479. Tõstetrossi kinnitamine masti külge.

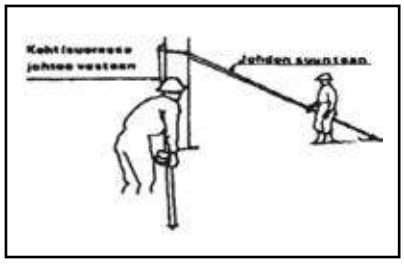
Kui masti on vaja tõstmise ajal õige asendi saavutamiseks keerata, võib teha keeratava kinnituse.

Tõstmist alustatakse nii, et vintsi pool olev mees hakkab vintsiga trossi pingule tõmbama. Kui tross on nii pingul, et tõsteseade püsib iseenesest püsti, liigub teine mees masti juurde jälgima, et see korralikult auku asetuks. Tõstmise ajal tuleb masti keskkohta vajutada selliselt, et see libiseks kogu aeg mas-

tiauku. Tõstmist jätkatakse seni, kuni tõsteseadme tross võimaldab.

Lõppetapis toimub tõstmine tõsteseadme jalgadest lükates.

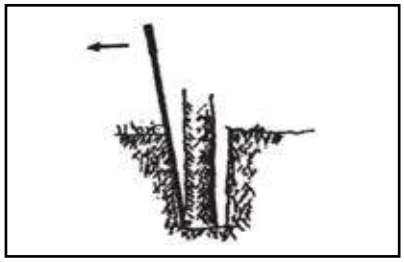
Masti keskel olnud mees läheb ühe jala juurde ja mõlemast jalast üheaegselt lükates nihutatakse mast auku. Tõstmise lõppfaasis tuleb selleks valmis olla, et mast kukub august välja teisele poole, seda tuleb takistada ja hoida mast püstiasendis. Püsti aetud mast toetatakse tõsteseadme jalgadega või vajadusel mastitugedega.



Joonis 480. Masti toestamine tõsteseadme jalgade abil.

Kontrollitakse püsti oleva masti paigutamist auku. Sirge liinilõigul mast tuleb paigutada auku selliselt, et masti keskkoht on alati trassijoonel. Nurgamast konksu ja traaversirakendusega paigaldatakse selliselt, et see on mõlemast liinisuunast vaadates täpselt trassil. Rippisolaatoriga nurgamast peab olema umbes keti pikkuse võrra liini suundadest väljas liini suundade vahelise nurga poolitaja suunas.

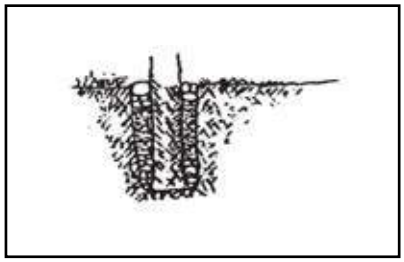
Kõrvalekalded trassijoonest parandatakse nii, et üks meestest kontrollib trassikepi ja eelmise masti järgi paigaldatava masti paigutust ning annab teisele mehele juhiseid, kes nihutab masti seda kangiga augu serva vastu surudes.



Joonis 481. Masti otsa nihutamine mastiaugus

Kui mast on saadud mastiaugus õigesse kohta, kontrollitakse masti püstiasendit kahest üksteise vastas olevast suunast loodimisnööri abil. Nurga- ja lõpumasti tuleb pingutada vähemalt masti otsa paksuse võrra rohkem, sest muidu tõmmits alati mõnevõrra lõdvenebtv liini tõmbe tõttu. Kui mast annab pingutamisel järele ilma eelneva tõmbeta, on asendit sageli väga raske korrigeerida.

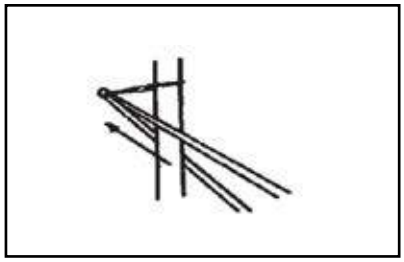
Lisaks masti püstasendile tuleb kontrollida ka seda, et masti seadmed on liini suhtes õiges asendis.
Masti keeramiseks kasutatakse spetsiaalset keeramisseadet (masti keeramisraud) või trossisilmust ja raudkangi.



Joonis 482. Mastiaugu kividega täitmine.

Kividega täitmist tuleb teha hoolikalt: masti alumine osa kiilutakse kivide abil kinni umbes 20 - 50 cm augu põhjast ja seejärel täidetakse auk pinnasega ja augu ülemine osa tehakse vajadusel laiemaks, et sinna saaks kive panna.

Pinnasega täitmisel kogutakse masti alumisse otsa pinnas hilisema vajumise tõttu kuhja ja muu väljakaevatud pinnas tasandatakse masti ümbruses ühtlaselt siledaks.



Joonis 483. Tõsteseadme masti küljest lahti ühendamine.

Pärast augu täitmist ühendatakse tõsteseade masti küljest lahti. Vintsi lukk avatakse ja tross lastakse järele. Tõsteseadme ülemist otsa tõstetakse lükates üles ning tõstetross masti ümber lõdveneb ja laskub allapoole. Kui kett laskub piisavalt alla, võetakse see masti ümbert ära. Seejärel viiakse tõsteseade mastist kaugemale.

28.4. Paljasjuhtmetega 0,4 kV õhuliinid

28.4.1. Kasutuskohad

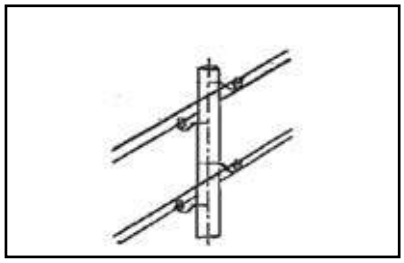
Paljasjuhtmetega madalpingeõhuliine enam uusehitistes ei kasutata, neid on AMKA-rippkeerdkaablid ja maakaablid kõrvale tõrjunud. Paljasjuhtmetega madalpinge õhuliinidele tuleb teha peamiselt hooldus- ja remonditöid ning vahetada paljasjuhtmetega õhuliinid AMKA või maakaabli vastu.

Nende tööde tegemiseks peab tundma paljasjuhtmetega madalpinge õhuliinide konstruktsioone ja paljasjuhtmetega liinide kohta kehtivaid eeskirju.

28.4.2. Vahekaugused ümbritsevate objektideni ja teiste liinideni

Tugevvooluõhuliinieeskirjad (VIM) kehtestavad paljasjuhtmetega 0,4 kV õhuliinile nt järgmised nõuded:

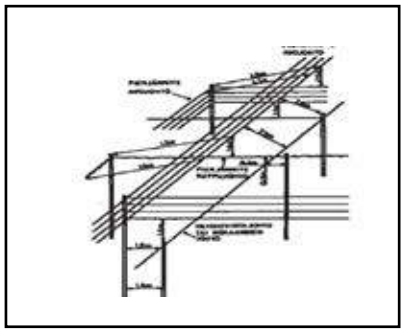
- vahekaugus maa- või veepinnast: ilmastikuoludes 5 m, koormusoludes 4 m.
- vahekaugus kasvavatest puudest: viljapuudest 1 m, teistest puudest 1 m.
- vahekaugus hoonest: horisontaalne vahekaugus 3 m, vertikaalne vahekaugus 4 m, vahekaugus aknast või muust sellisest 5 m.



Joonis 484. Paljasjuhtmetega 0,4 kV õhuliin.

Paljasjuhtmetega õhuliin ei tohi ületada lahtist ladu, milles käideldakse pikki detaile. Seda ei tohi samuti ehitada hoone kohale, kapitaalremondi käigus tuleb liin mujale viia.

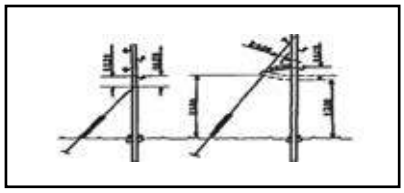
Paljasjuhtmetega õhuliini lõpetamine hoone seinal on keelatud.
Kui 0,4 kV õhuliini ületab nõrkvooluliini, mehhaanilist juhet või teist madalpingeliini, tuleb ületav liin ehitada tugevdatud konstruktsiooniga liiniks.
Samuti tuleb kasutada tugevdatud konstruktsiooni, kui liin ehitatakse horisontaalse kaugusega eespool mainitud liinidest või juhtmetest lähemale kui 5 meetrit.



Joonis 485. Paljasjuhtmetega õhuliini vahekaugus teiste liinideni (VIM joonis 4.3-3.).

28.4.3. Tõmmitsate paigaldamine

Paljasjuhtmetega madalpinge õhuliinil tuleb tõmmitsate paigaldamisel kasutada tõmmitsaisolaatorit, kui tõmmitsa kinnituskoht mastil on liini alumistele pingestatud osadele lähemal kui 0,20 meetrit. Väikestes nurkades kasutatakse tõmmitsat, mis on paigaldatud 0,20 m liinist allapoole ja suuremates nurkades isolaatoriga varustatud tõmmitsat.

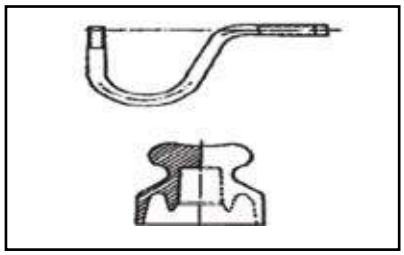


Joonis 486. Paljasjuhtmetega madalpinge õhuliini tõmmitsate paigaldamine.

Tõmmitsaisolaatoritena kasutatakse isolaatorit H 12. Peab meeles pidama, et paljasjuhtmetega õhuliinid võivad olla sama rasked kui AMKA, isegi raskemad, seega vajavad liinid häid tõmmitsaid.

28.4.4. Paigaldustarvikud

Konksud, tappisolaatorid
Paljasjuhtmetega õhuliinide mastide külge kinnitamiseks kasutatakse tavaliselt tappisolaatoreid, mis kinnitatakse mastide külge konksudega.

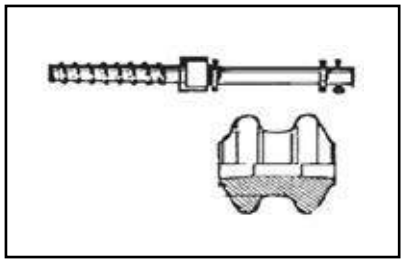


Joonis 487. Konks ja tappisolaator.

Isolaatorikonksul on ühtlase paksusega keermeosa, mis keeratakse masti tehtud auku. Konksu vertikaalses osas on keere, kuhu tappisolaator kinnitatakse plasthülsi abil. Konksud on korrosiooni tekke ärahoidmiseks pigitatud.

Tappisolaatori kaelal olev soon peab olema piisavalt suur, et selle külge saaks kinnitada ka paksema juhtme. Tavaliselt kasutatakse madalpingeisolaatoreid P-80 ja P-95.
Tootekood viitab isolaatori välisdiameetrile.

Rulltapid, rullisolaatorid
Tappisolaatorite ja konksude asemel võib kasutada ka rulltappe ja rullisolaa-



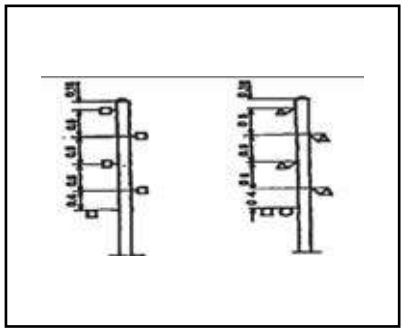
Joonis 488. Rulltapp ja rullisolaator.

toreid. Suurte juhtmeristlõigete puhul on see juba vältimatu, sest konksu paigaldamisel on juhtmed ainult sidemega kinni ja seetõttu on paigaldusviis piiratud.

Rullisolaator hoiab juhet oma soones, siis on juhtme kogu raskus rullisolaatori kanda.
Sideme abil takistatakse ainult juhtme libisemist isolaatoril.

Tavaliselt on kasutusel pruun PR-85 ja vanem valge PR-100 rullisolaator.

28.4.5. Mastikonstruktsioonid

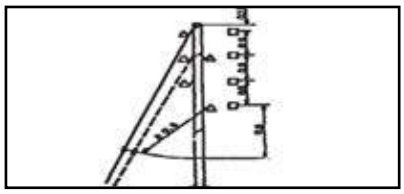


Joonis 489. Sirge paljasjuhtmetega liinilõigu mastikonstruktsioon.

Kasutatakse samasuguseid maste nagu AMKA-liinidel, aga paljasjuhtmetega õhiliinidele vajaliku ruumi tõttu peavad mastid olema pikemad.

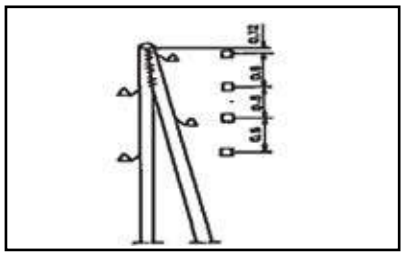
Sirgel liinilõigul kasutatakse paljasjuhtmetega õhuliinil konks- või rulltappkendust, kus masti tippu jäetakse 0,15 m vaba ruumi ja seejärel paigaldatakse PEN-juhi isolaator ja faasiisolaatorid 0,5 m vahedega vaheldumisi masti eri külgedele.

Kõige alumisest faasijuhist 0,4 m allpool on õhuliini alla paigaldatava võimaliku AMKA-rippkeerdkaabli minimaalne riputusvahekaugus.
Nurga- ja lõpumastidel võib kasutada ka konksurakendust, kuigi otstarbekohasem lahendus on rullisolaatorite kasutamine. Konksurakendus on võimalik väiksemates nurkades, sest suurtes nurkades jäävad sisenurga poolsed juhtmed ainult isolaatorikonksude keermekinnituse külge. Pikema kasutusaja tulemusel võib konks sisenurgast lahti tulla, seetõttu on praktikas kindlam teha nurga- ja lõpumastid läbi masti puuritavate rullsulustega.



Joonis 490. Nurga- ja lõpumastikonstruktsioon.

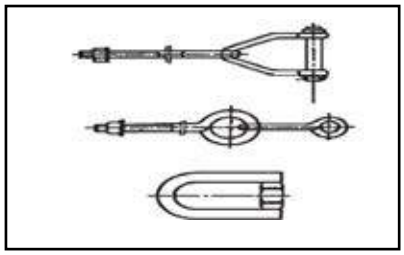
Kitsastes oludes, kus tõmmitsaid kasutada ei saa, kasutatakse lõpu- ja nurgamastidena A-kujulisi maste.



Joonis 491. A-kujuline mast.

Rullsulus, aasmutter

Nurga- ja lõpumastidel konksudest paremaks lahenduseks on kasutada rullisolaatoreid, mis on kinnitatud liikuvate suluste külge. Sellisel juhul saadakse nurga tõmmitsad hästi paika ning lõpumastis liini kinnitused läbi masti puurida.
Rullsuluses on rõngakujulise peaga poldi külge kinnitatud eraldatav suluseosa, mille külge kinnitatakse rullisolaator ja lukustatakse splindiga. Süsteemi täiendab aasmutter, mille külge võib kinnitada ka suluse koos rullisolaatoriga .



Joonis 492. Rullsulus ja aasmutter.

28.4.6. Paljasjuhtmetega 0,4 kV õhuliini remontimine

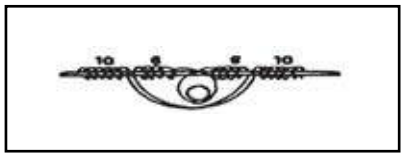
Juhtmete paigaldamine
Kasutatavad juhtmed
0,4 kV õhuliinidel on juhtmeteks peamiseks terasalumiiniumtrossid. Osa vanematest võrkudest on ehitatud ka vaskjuhtmetega.

Juhtmete vedamine ja pingutamine
Juhtmete vedamisel ja pingutamisel kasutatakse samu töövõtteid nagu eespool on kirjeldatud paljasjuhtmetega 20 kV õhuliini paigaldamisel.

Sidumine
Pärast pingutamist seotakse juhtmed tappisolaatorite külge. Sidumine toimub sirgel liinilõigul tappisolaatori kaelasoonde masti poolel ja nurkades nii, et juhe keeratakse ümber isolaatori välisnurga poolt.

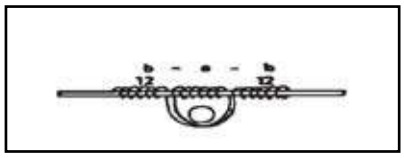
Sidumine

Pärast pingutamist seotakse juhtmed tappisolaatorite külge. Sidumine toimub sirgel liinilõigul tappisolaatori kaelasoonde masti poolel ja nurkades nii, et juhe keeratakse ümber isolaatori välisnurga poolt.



Joonis 493. Vaskjuhtme sidumine tugevdatud konstruktsiooniga liinil (P 95).

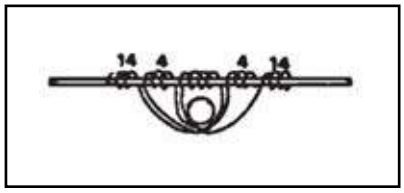
Terasalumiiniumjuhtmete puhul kasutatakse samasugust sidumistraati nagu eespool 20 kV õhuliinide juures on kirjeldatud. Kaitsetraat keeratakse juhtme ümber isolaatori kõrval ja viiakse isolaatori kohale ja jätkatakse sidumist juhistes toodud keermete arvuga. Nurgamastil on vahel raske kaitseside juhtme alla saada. Ka siis kasutatakse abivahendina tali ja kaht veorullikut , mille abil veetakse juhe sidumise ajaks lõdvemaks.



Joonis 494. Feral-juhtme sidumine tavalisel liinil tappisolaatori külge P 95.

Alumiiniumkaableid ei tohi mingil juhul, ka mitte ajutiselt, siduda vasktraadiga või vastupidi.

Sidumistraatide üleliigsed otsad ja abisidemed on kõige parem töökohalt ära tuua. Traate ei tohi visata põllule või metsa, sest need võivad põllutöömasinaid vigastada ja elektrifirmadele kahjutasunõuete esitamiseks põhjust anda.



Joonis 495. Feral-juhtme sidumine rullisolaatorile PR-100.

Lõpetamine

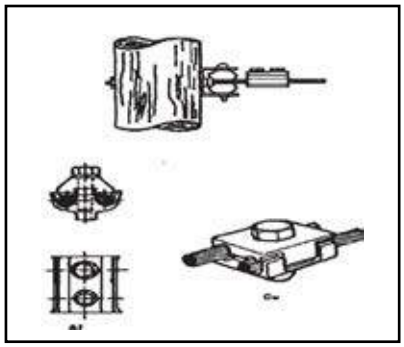
0,4 kV õhuliin lõpetatakse tavaliselt rullisolaatoritel.

Juhtmete pingutamist lõpumasti või seinale alustatakse ülemisest juhtmest. Pingutamiseks kasutatakse tali või veorullikut. Tali tuleb paigutada nii, et juhtme saaks kinnitada lõpuisolaatoritele selliselt, et see pärast tali eemaldamist ei lõdveneks.

Lõpetatav juhe keeratakse korra ümber rullisolaatori ja pingutatakse lõpuklemmiga kohale.

Juhet kujundatakse nii, et klemm asetub hästi kohale ja jääb piisavalt isolaatori lähedale.

Klemmi pingutamiseks tuleb kasutada sobivat võtit ja kahvelvõtit, et tagada piisav pingsus.

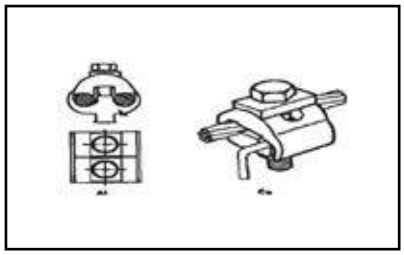


Joonis 496. Alumiinium- ja vasklõpuklemmid.

Ühendamine

Puuteklemme kasutatakse liiniharude magistraaliiniga või majakaabli õhuliiniga ühendamisel.

Vasest puuteklemmid on väiksemate mõõtmetega kui alumiiniumist klemmid. Puuteklemmi ülemises osas on piklik auk, mis võimaldab klemmi kokku suruda, ka siis, kui kahel pool klemmi olevad juhtmed on erineva paksusega.



Joonis 497. Alumiinium- (paremal) ja vask-(vasakul) puuteklemm.

Puuteklemmid tuleb ühendamisel korralikult pingutada. Liiga tugev pingsus võib klemmi ära lõhkuda. Klemmide tootjad tarnivad pingutamiseks kasutatavaid liigendhülss- või vastavaid võtmeid, mille varred on dimensioneeritud nii, et nendega on hõlbus õiget pingutusmomenti saavutada.

Üleminekuklemme kasutatakse alumiiniumõhuliinide ühendamiseks vaskkaablite või vaskõhuliinidega. Klemm on ehitatud nii, et sellega saab alumiinium- ja vaskjuhtmed korrosiooni tekkeohuta ja turvaliselt üksteisega ühendada.

Klemmis on vaskjuhtme jaoks eraldi vasega vooderdatud vahemik, kuhu võib ühendada ainult vaskjuhtme. Paigaldamisel jääb vaskjuhe alati alumiiniumjuhtmest allapoole.

Joonis 498. Üleminekuklemm.

Jätkamine
Niin vask- kui ka alumiiniumjuhtmete jätkamist tuleb alati teha kokku pressitavate klemmidega või vastaval viisil, mis vastab vähemalt 90 % terve juhtme tugevusest.

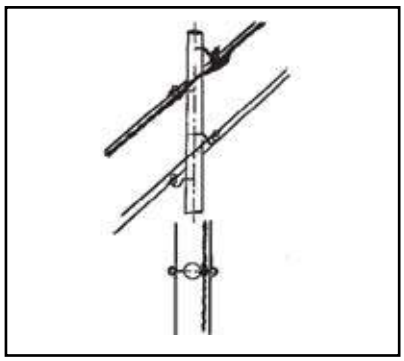
28.4.7. Juhtmete vahetamine madalpingeliinil

Joonis 499. AMKA kandur ja veorullikpaigaldatuna.

Koormuste kasvades tuleb jaotusvõrgu ülekandevõimsuse parendamiseks vahetada juhtmete ristlõiked suuremate vastu. Kui mastikonstruktsioon on piisavalt tugev, saab hakkama ainult juhtmete vahetamisega, kuid sageli tuleb juhtmete vahetamise käigus vahetada välja ka mastide tipuosad. Juhtmete vahetamist tehakse madal- ja kõrgepingeliinidele.

Kõige tavalisem juhtmete vahetamise töö madalpingeliinidel on vana paljasjuhtmetega õhuliini vahetamine AMKA-rippkeerdkaabli vastu.
Üldine põhimõte on, et uus juhe veetakse paika vana juhtmega.

Töö etapid: Paljasjuhtmetega õhuliin - AMKA-rippkeerdkaabliks



Joonis 500. AMKA-rippkeerdkaabel on veetud paljasjuhtmetega õhuliini kohale

Katkestus ja töömaandamine
Kui töö toimub kasutusel olevas võrgus, tuleb tööetapid eelnevalt hoolikalt läbi mõelda, et katkestust saaks töö tegemiseks tõhusalt ära kasutada ja liiniosa oleks pärast töö lõppemist kasutuskorras.

AMKA-kandurite ja veorullikutepaigaldamine

Otstarbekohane on paigaldada AMKA-kandurid PEN-juhi vastaspoolel olevasse ruumi. Kandekonksu külge kinnitatakseveorullik. AMKA veetakse PEN-juhi asemele. Kandekonksu asemel sirgel liinilõigul võib kasutada rullisolaatorit ning veorullikutei ole vaja. PEN-juht võetakse sidemete küljest lahti ja paigutatakse veorullikutelevõi rullisolaatoritele.

AMKA-rippkeerdkaabli vedamine ja pingutamine
AMKA-rippkeerdkaabel veetakse paika, kasutades veotrossina tavaliselt PEN-juhti. AMKA pingutatakse kohale ja sageli ühendatakse ka esimese tööpäeva järel PEN-juhiks. Seejärel ühendatakse AMKA-rippkeerdkaabel paljasjuhtmetega õhuliini asemele.

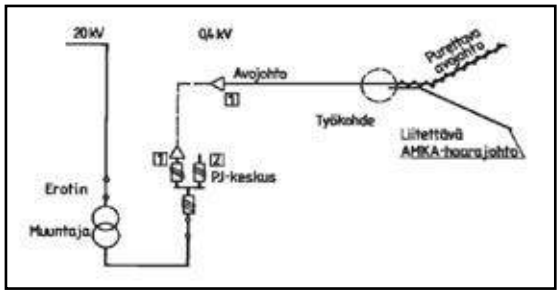
Paljasjuhtmetega õhuliini faasijuhtmete demonteerimine
Õhuliini juhtmed võetakse sidemete küljest lahti ja viiakse juhe korraga veorullikutele ja keritakse kokku. Juhtmeid ei tohi kunagi konksude pealt tõmmata. Alati tuleb kasutada veorullikuid.

Demonteeritav juhtmematerjal läheb enamasti taaskasutusse, seetõttu tuleb seda käsitseda nagu uut materjali.

28.4.8. AMKA ühendamine kasutusel olevasse 0,4 kV õhuliinivõrku

Vana liini käsitsemises tuleb katkestusi teha kõikides töö objektiks olevates liinides. Eespool on AMKA-kaablite ja 20 kV õhuliinide all käsitletud näiteid nende tööde puhul vajalike katkestuste korraldamisest, mis sellisel kujul toimivad ühtlasi juhistena ka vanadel liinidel tehtavate tööde osas.

Järgnevas näites on kirjeldatud AMKA-haruliini ühendamist paljasjuhtmetega madalpingeõhuliiniga.



Joonis 501. Näidisjoonis võrgust: AMKA-haruliini ühendamine paljasjuhtmetega madalpingeõhuliiniga.

Madalpingeõhuliin lõigatakse töölõigus läbi ja sellest kohast edasi jätkuv õhuliin demonteeritakse . Töökohas läbi lõigatud õhuliiniga ühendatakse pingestamata AMKA-hargnev rippkeerdkaabel. Töökohale võib pinge lülitada ainult ühest suunast või vastavalt skeemile. Sulavkaitsmete eemaldamise ajaks tuleb koormus pealüliti avamisega välja lülitada. Töökohast tuleb pinge kindlasti igast suunast ja iga klemmi alt välja lülitada.

Lahutamisekoht tuleb varustada hoiatussildiga "Ära ühenda – töö pooleli". Hoiatussildile tuleb märkida sildi paigaldaja nimi ja kuupäev.

Joonis 502. Hoiatussildile tuleb märkida sildi paigaldaja nimi ja kuupäev.

Kaitsmed paigutatakse ohutusse kohta.

Lahutuskoht tuleb töö ajaks lukustada selliselt, et kõrvalised isikud ei saaks töökohale pinget tagasi lülitada. Enne töö alustamist tuleb kontrollida võimalikke ohutegureid ja riskid kõrvaldada. Väga tavaline ohutegur on tagasitoide, mis võib olla tingitud ringvõrgust või generaatorist. Vale ühendamine, näiteks vale liini välja lülitamine on kahjuks sagedane viga.

Joonisel toimub pingetuse kontroll paljasjuhtmetega õhuliinil tööks sobiva kahepooluselise pingeindikaatoriga, mille toimimist on kontrollitud pingestatud lõigul. Pingetust tuleb alati kontrollida altpoolt alustades ja kõikidel faasidel ning ka faaside ja PEN-juhi vahelt.

Töömaandamine kantava maandusvahenditega, kus on neli isoleerkeppi, faasiklemmid ja ühendusjuhtmed. Töömaandamist tuleb alustada lähimast juhtmest. Antud juhul piisab ühest töömaandusest, mis tuleks paigutada töökohale eelneva masti otsa, et see töö tegemisel ette ei jääks ning töömaandus toimiks töö ajal ka siis, kui läbilõigatav juhe peaks lahti tulema.

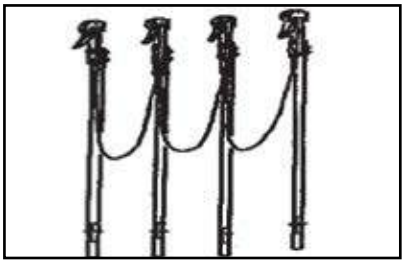
Joonis 503. Pingetuse kontroll paljasjuhtmetega madalpingeõhuliinil.

NB!
Madalpinge õhuliini töömaandusvahendil ei ole maandusjuhti ega maanduselektroodi.
Töömaandamine toimub faasijuhtide lühistamise ja nende ühendusjuhtme abil käidumaandatud PEN-juhiga ühendamise teel.

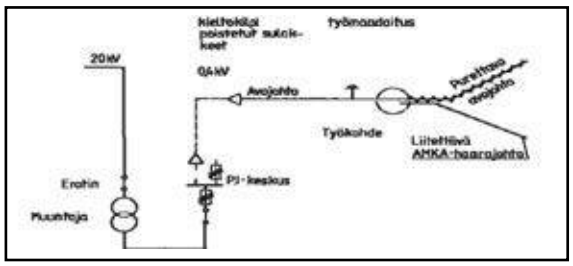
Joonisel on kujutatud vajalikud ohutusmeetmed, nendeks on alajaamas eemaldatud kaitsmed ja paigaldatud hoiatussilt ning töömaandus õhuliinil.

Enne töö alustamist tuleb veenduda, et töö selles lõigus on ohutu ning töölõigu vahetus läheduses ei ole pingestatud osi. Töö tehakse antud juhiseid järgides. Kui õhuliin läbi lõigatakse, tuleb äkilist tõmmet vältida ja kui masti külge kinnitatakse

Joonis 504. Töömaandamine paljasjuhtmetega madalpingeõhuliinil.



Joonis 505. 0,4 kV õhuliini kantav maandus.



Joonis 506. Töömaandused ja tähistused näidistöö objektil.

uus kaabel, mastile mõjuvad koormused muutuvad. Masti mehhaaniline tugevus ja süvistamissügavus tuleb üle kontrollida ning vajadusel tuleb mastile töö ajaks või püsivalt tõmmitsad paigaldada. See õhuliin on muudetud lõppevaks õhuliiniks ja sellega on ühendatud AMKA –haruliin.

Joonis 507. Paljasjuhtmetega 0,4 kV õhuliini vahetamine AMKA-rippkeerdkaabli vastu.

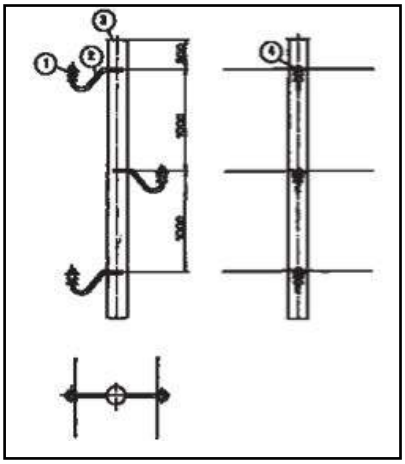
Pärast töö lõpetamist eemaldatakse töökohalt kõik kasutatud töövahendid ja tarvikud ning veendutakse, et töö on kõikides lõikudes lõpetatud. Lõpuks eemaldatakse töömaandused.

28.5. Paljasjuhtmetega 20 kV õhuliinid

28.5.1. Vanad 20 kV konstruktsioonid

Konksukonstruktsioonid

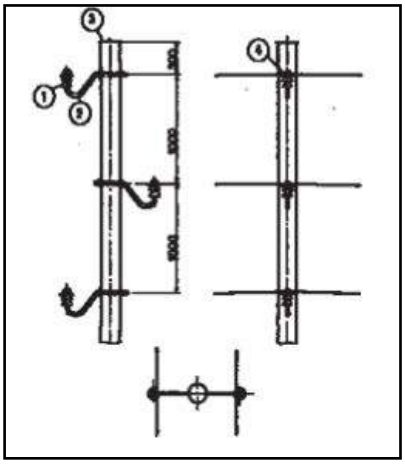
Tavaline konksukonstruktsioon



Joonis 508. Tavaline konksukonstruktsioon

Paigaldusjuhis:
Detailid:
1. Tappisolaator S 20 A 3 tk
2. Isolaatorikonks SK 20-1 3 tk
3. Tipukaitse + naelad 1 tk
4. Sidumistraat Al 16 3 tk

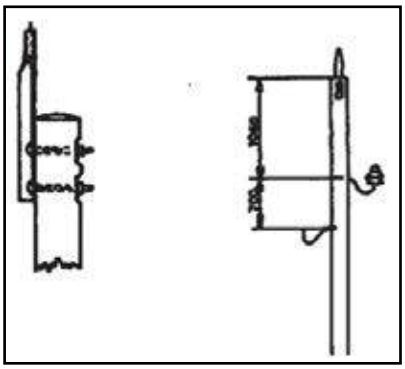
Tugevdatud ehitusega konksukonstruktsioon



Joonis 509. Tugevdatud ehitusega konksukonstruktsioon.

Paigaldusjuhis:
Detailid:
1. Tappisolaator S 20 A 3 tk
2. Isolaatorikonks SK 20-2 3 tk
3. Tipukaitse + naelad 1 tk
4. Sidumistraat Al 16 3 tk

Konks-tiputapi konstruktsioon



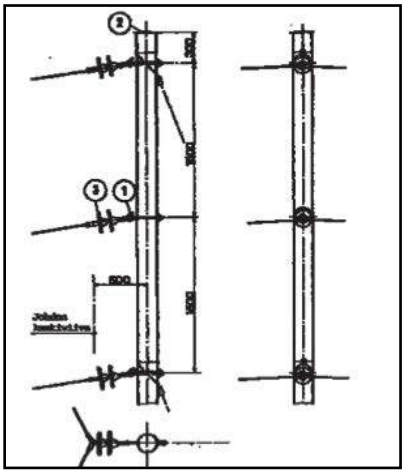
Joonis 510. Konks-tiputapi konstruktsioon.

Tõmbeisolaator, nurgamast

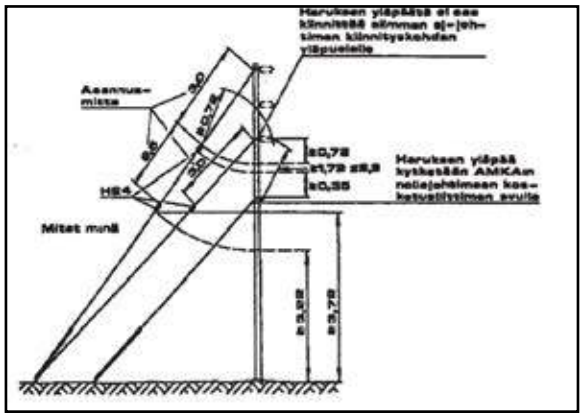
Paigaldusjuhis:
Detailid:
1. Kandekonks RKKS 240 või SOT 101.1/101.2 3 tk
2. Tipukaitse 1 tk
3. Kandekett 3 tk

Kandeketi moodustavad tõmbeisolaator ja nurgakandur.

Tõmbeisolaator, nurgamasti tõmmitsate paigaldamine.



Joonis 511. Tõmbeisolaator, nurgamast.



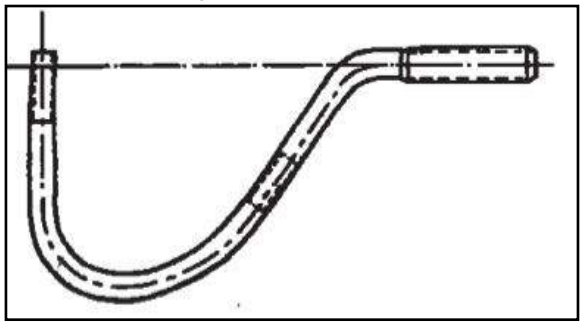
Joonis 512. 20 kV tõmbeisolaatoriga ühiskasutuses nurgamasti tõmmitsad.

Kõrgepingeliini ülemine tõmmits on osaliselt kõrgepingeliinist kõrgemal, seetõttu tuleb joonisel osutatud kohtadesse paigaldada kaks H 24 tõmmitsisolaatorit.

Paigaldustarvikud

Riputustarvikud:

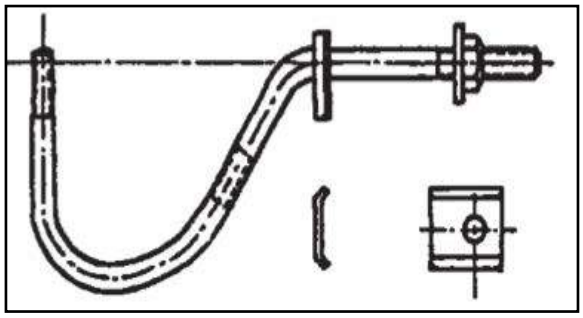
Isolaatorikonks SK-20 I
Valmistatud St 50 terasest, pealt lakitud.
Keermeosa isolaatori ja masti külge kinnitamiseks. Masti tuleb puurida 22 mm puuriga keermeauk. Kasutatakse isolaatorit S 20.



Joonis 513. Isolaatorikonks SK-20 I.

Kasutamine: konks-tiputapirakendustes tavaliselt liinidel.

Isolaatorikonks SK-20 II
Valmistatud St 50 terasest, pealt lakitud. Äärikuplaat terasest St 37.
Keermeosa isolaatori jaoks. Mastipoolne ots on varustatud keerme, alusseibi ja mutriga.
Konksu pingutamiseks tuleb läbi masti puurida 28 mm auk. Kasutatakse isolaatorit S 20.



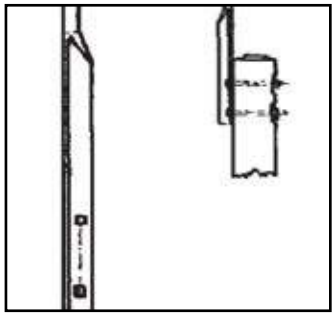
Joonis 514. Isolaatorikonks SK-20 II

Kasutamine: kasutatakse konksurakendusega nurgamastidel ja tugevdatud ehitusega mastidel.

Tiputapp LT-20 I (LT-20 II)

Valmistatakse St 37 profileeritud terasest:

Mudel	Profileeritud teras
LT-20 I	L 45 x 45 x 5
LT-20 II	L 60 x 60 x 8



Joonis 515. Tiputapp ja selle paigaldamine.

Kinnitamiseks kasutatakse 12 x 200 lukustuskruvisid, mille mutrite alla paigutatakse seibid. Masti puuritakse 13 mm augud. Tiputapis on keere S20 -isolaatorile.

Kasutamine: konks-tiputapirakendustes, I-tapp sirgel ja II-tapp nurgamastidel ja tugevdatud ehitusega liinidel.

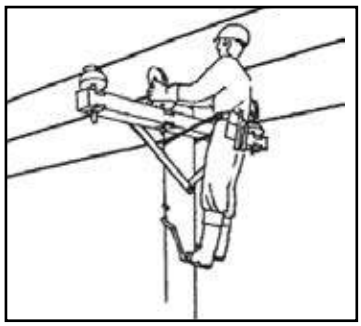
28.5.2. Juhtmete vahetamine 20 kV liinidel

Eesmärgiks on vahetada kõik kolm juhet ühe vedamisega.

Katkestus ja töömaandamine
Juhtmed tuleb vedamise ajaks töömaandada. Kõige parem on seda teha nii, et veorullikud maandatakse esimeses mastis trumlitelt või veoseadmelt alates. Maandusjuht tuleb alati esmalt maanduselektroodi külge kinnitada ning alles seejärel juhtmete või veorataste külge.

Veorullikutepaigaldamine
Endise liini juhtmete sidemed võetakse lahti, veorullik paigutatakse õigesse kohta ja liin tõstetakse veorullikutele. Lahti võetud sidumistraati ei tohi kunagi lihtsalt ära visata, sest need võivad näiteks põllutöödel masinaid vi-

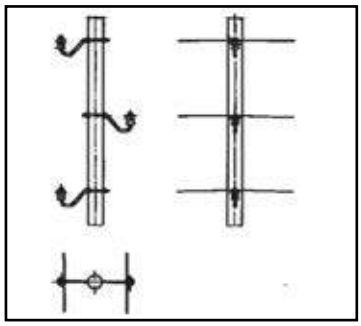
gastada ja sellega elektrifirmadele väga halba reklaami teha. Sidumistraadid tuuakse masti otsas vöötaskus alla ja pannakse kogunenud jäätmete hulka.



Joonis 516. Veorullikute paigaldamine.

Vanade juhtmete lahti võtmine liinilõigu otstes
Juhtmete lahtivõtmine peab toimuma nii, et juhtmete otsad veorulliku või trumliotsast lahti ei tuleks. Juhtmed tuleb läbilõikamisel võtta lahti tali või vintsi abil ning ühendada uue juhtme või veoseadmega. Lisaks tuleb hoolitseda liiniosa juhtmete ankurdamise eest näiteks masti aluse kõrgusel, siis ei hakka liin ühepoolse tõmbe tõttu kalduma.

Juhtmete vedamine, pingutamine ja sidumine
Juhtmete vedamine toimub samal viisil nagu uutel juhtmetel. Tööd võivad raskendada vana juhtme ühenduskohad, mille liikumist üle veoratta tuleb jälgida ning vedamine peatada, kui ühenduskoht kuhugi kinni jääb. Kui juhe on veetud, järgneb pingutamine, sidumine jm tööd täpselt samal viisil nagu uue liini ehitamisel.



Joonis 517. Vana tipukonstruktsioon.

28.5.3. Tipukonstruktsiooni väljavahetamine

Kui liinil vahetatakse vanad juhtmed uute, varasemast paksemate juhtmete vastu, tuleb sageli ka masti tipukonstruktsioon välja vahetada.

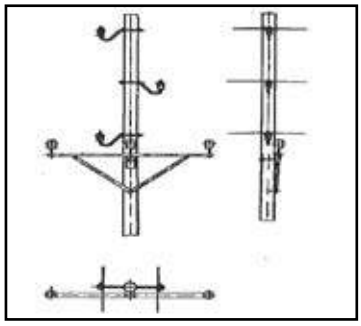
Paksemate juhtmete kaal nõuab ka tugevamat kinnitust, sageli on ka vana liini isolaatorid nn peene kaelaga isolaatorid ja nende külge ei saa paksemaid juhtmeid kinnitada.
Masti tipukonstruktsiooni väljavahetamise lahendus on toodud konstruktsiooniprojektis.

Tööetapid
Kõige tavalisem töö on konksukonstruktsiooni muutmine traaversikonstruktsiooniks.

Katkestus ja töömaandamine
Töömaandamist tehakse nii, et maandusvahendid ei takistas tipukonstruktsiooni väljavahetamist.

Ettevalmistused
Väljavahetamiseks vajalik materjal koondatakse masti. Otsustakse, kas tappisolaatorid kinnitatakse traaversitappide külge maapinnal või masti otsas. Otsustatakse, kuidas traavers masti otsa tõstetakse.

Vahetamine
Traaversile puuritakse masti külge kinnitamise augud. Vana konstruktsiooni lammutatakse nii palju, et traaversi saab kohale kinnitada. Tuleb kontrollida, et ülejäänud vana konstruktsiooni saaks lammutada siis, kui traavers on kinnitatud.
Traavers tõstetakse kohale, kinnitatakse ja kontrollitakse õiget asendit.
Juhtmed viiakse tappisolaatoritele, seotaks kinni või paigaldatakse vahetamiseks vajalikud veorattad.
Vanad konstruktsioonid võetakse masti otsast maha. Kõik demonteeritud detailid oleks mõistlik trossi otsa kinnitatuna masti otsast alla lasta. Mistahes esemete lihtsalt alla viskamine ei ole soovitatav, nii võivad näiteks isolaatorid viga saada.



Joonis 518. Vana tipukonstruktsioon, kuhu on paigaldatud traavers.

28.6. Mastide aluse toestamine

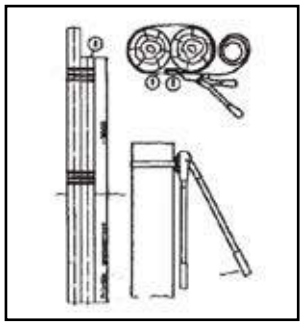
Masti mädanemine eriti põllumaadel toimub maapinna tasandil umbes 0,3 – 0,5 m pikkusel lõigul. Kui mast on muidu heas korras, on selle kasutusiga võimalik allosa toestamise abil pikendada. Allosa toestamist kasutatakse kaasajal peamiselt üksikutel objektil ja rikke kõrvaldamise käigus, et terve masti välja vahetamise saaks edasi lükata ja vahetada korraga rohkem maste.

Masti alumise osa toestamiseks kasutatakse kas masti materjali või metallist alustugesid.
Puidust alustugi
Puidust alustugi süvistatakse masti süvistussügavusse, masti küljele ja liiniga risti. Süvistamise ajal tuleb hoolitseda masti toestamise eest näiteks ajutise tõmmitsa abil.

Alustoe puu ulatub u 2 meetrit pinnasest kõrgemale ja see seotakse mastipuu külge spetsiaalse kinnituslindiga. Siduda tuleb maapinna tasandil ja alustoe ülemises otsas. Sideme abil püütakse alustugi võimalikult tugevasti masti külge kinnitada.

Auk täidetakse hoolikalt, väljakaevatud pinnas tihendatakse augu täiteks.

Käsitsi kaevamisel kasutatakse lahtiste kivide eemaldamiseks nn kivikääre. Kivisel pinnasel kiilutakse täitmise käigus alustugi ja mast kividega tugevasti auku kinni.

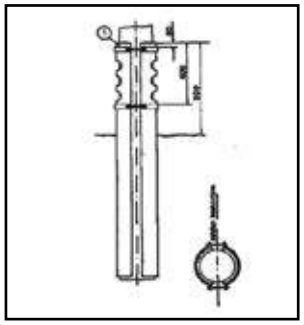


Joonis 519. Puidust alustoe paigaldamine.

Metallist alustugi
Alustugi moodustub kahest rennikujulisest alustoest, mis rammitakse masti kõrvale maasse ja seotakse terastraadiga kokku.

Alustoe poolmed rammitakse rammiga toestust vajava masti kõrvale maasse, masti külgedele ja liini suhtes risti. Kui masti juures on suuri kive, tuleb need eemaldada, sest rennikujulise alustoe saaks paigutada täpselt vastu masti.

Kui alustoed on paigaldatud piisavalt sügavale, vajutatakse need pingutusseadmete abil masti külge kinni.
Rennitaolisi mastitugesid on kasutatud ka mastide remontimisel rähni toksitud augu või põlemisjälgede kohal.



Joonis 520. Metallist alustugi.

Mastide süvistamine uuesti ja sügavamale
Vana võrgu maste on vahel vaja uuesti süvistada. Võimalik, et mastid on algselt süvistatud liiga madalale või külmakergete tõttu kõrgemale kerkinud. Uuesti süvistamine suurendab liini kasutuskindlust. Masti kasutusiga mõjutab uuesti süvistamine uuemate uuringute alusel pigem negatiivselt, sest sademed on maapinna tasandil mastimaterjalist osa immutusainest välja leotanud ja uus maapinnaga ühetasa olev mastiosa hakkab kiiresti mädanema. Seda teemat on põhjalikumalt käsitletud võrgusoovituses RJ 33:96.

28.7. Mastide järelimmutamine

Mastide järelimmutamist enam kaasajal ei tehta. Meetodit on siiski kasulik tunda, sest järelimmutatud maste on veel rohkesti kasutuses.

Immutatud mastide kasutusaegu saab järelimmutuse abil oluliselt pikendad. Põhiimmutuse mõju hakkab lendumise ja väljauhtumise mõjul u 15 – 20 aastat pärast immutamist kaduma.

Immutusaine mõju väheneb kõige enam maapinna tasandil, mis on ka muus mõttes puidu mädanemise seisukohalt kriitiline koht.

Järelimmutusmeetoditega püütakse suurendada immutusaine kontsentratsiooni masti maapinnatasandil olevas osas.

Immutustöid teevad sellele spetsialiseerunud ettevõtted ja mõnesid meetodeid kasutavad ka elektriettevõtted ise.

Üks elektriettevõtete oma tööna kasutatud järelimmutusmeetod on immutusmähiste kasutamine.

Enne immutamise alustamist tuleb välja selgitada, kas masti tasub järelimmutada.

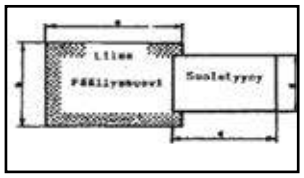
Järelimmutusmeetodid

Wolmanit-mähise meetod
Mastimähise paigaldamisega järelimmutatava masti alumine osa kaevatakse umbes 40 cm sügavuselt maast välja. Mast puhastatakse terasharjaga. Wolmanti-TS soolaga immutatud 40 cm laiune vahtplastist plaat keritakse ümber masti mädanemise suhtes tundliku piirkonna ümber nii, et soolamähise ülemine piir jääb maapinna piirist umbes 10 cm võrra kõrgemale. Mähise välimise poole moodustab servadest masti külge liimitav kile mis hoiab ära immutusvahendi pinnasesse imbumise. Asulates ja karjamaadel naelutatakse mähisest ülalpool oleva mähiseosa peale kaitseks nn karjaaed. Mähises sisalduv soolalahus imbub vähehaaval masti niiskuse mõjul puitu.

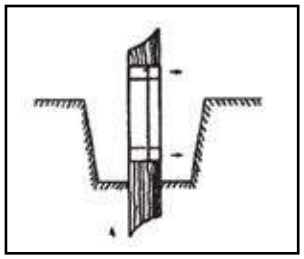
Et mähises olev sool pinnasesse ei kanduks, tuleb hoolitseda selle eest, et kile mõlemad liimitatavad servad, ka mähise alumises osas olev serv, on korralikult masti külge kinnitatud. Karjaaia kiledest kaitseriba on kasutaud mähise ülaosa ümber mähise paremini masti külge kinnitamiseks. Kivikiilude paigaldamisel tuleb jälgida, et mähis ei puruneks.

Wolmanit-mastimähises sisalduvad mõjuained on fluor, kroom ja dinitrofenool.

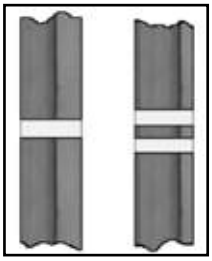
Mastimähised võib paigaldada ise või tellida töö ettevõtjalt.



Joonis 521. Immutusmähis avatult.



Joonis 522. Immutusmähis masti paigaldatuna.



Joonis 523. Mädanenud mastide hoiatustähistused.

Injekteerimis- ehk Cobra meetod
Injekteerimisimmutusmeetodi puhul pritsitakse immutusaine vedela pasta taolise aine sissepritsega masti maapinnal olevale osale umbes 70 cm ulatuses selleks ettenähtud seadme abil. Immutustöö teeb alltööettevõtja.

28.8. Liini demonteerimine

28.8.1. Üldist

Enne töö alustamist tuleb välja selgitada, millised on vanadel liinidel ohutult töötamise võimalused.

Demonteeritava liinilõigu elektrialane ohutus tuleb alati enne töö alustamist selgeks teha, arvestades selle juures teisi liine, paralleelseid võrke, tagasitoidet jne.

Muu tööohutuse osas tuleb veenduda vanade mastide vastupidavuses. Mastid, millelt demonteeritakse kõik juhtmed, võivad kergesti ümber kukkuda. Põhjuseks võib olla masti mädanemine, külmakergete mõju, äsja masti alt teisaldatud pinnas või algselt masti jaoks liiga madal auk.

Üks kollane lint: masti tuleb liinide demonteerimisel toestada.
Kaks kollast linti: toestamata masti otsa ei tohi ronida.

Lammutustööde turvalise teostamise tagamiseks on soovitatav, et kõikide lammutustööde kohta koostatakse demonteerimise plaan. Demonteerimisplaan on vajalik ka jaotusvõrgu ja elektritööettevõtjate omavahelise vastutuse ja ülesannete jagamiseks.

Demonteerimise plaani on detailsemalt käsitletud võrgusoovituses TJ 4:05.

28.8.2. Demonteerimistööde meetodid

Demonteerimistöö ekskavaatori abil

Turvaliseks tunnistatud meetod, kus ekskavaator lükkab lammutatavad mastid koos juhtmetega pikali. Maapinnal saab konstruktsioonid ja juhtmed turvaliselt demonteerida.

Konstruktsioonide demonteerimine tõstukikorvist

Montöörid teostavad lammutustöid masti tipuosa tasandile tõstetud tõstukikorvist. Traavers, isolaatorid ja muud tarvikud lastakse köie otsas maapinnale. Ka juhtmed lastakse maapinnale. Tühjad mastid lükatakse ekskavaatoriga pikali või saetakse alt läbi.

Mastikonstruktsioonide lammutustöö püstitatud mastist

Meetodit võib kasutad töölõikudel, kus lammutatava masti lähedusse on püstitatud uus mast. Selline olukord tekib mastide väljavahetamise, lahklülititega mastide või mastalajaamade ehitamise ajal.
Uus mast toestatakse lammutustööde ajal ekskavaatori abil. Demonteeritava masti otsa lammutustööde ajal ei ronita, kõik tööd tehakse ära uue masti otsas.

Joonis 524. Masti toestamine ekskavaatoriga.

Lammutustöö mastide alt läbi saagimisega
Kui ekskavaatorit ei saa lammutustööde käigus kasutada ja mastid on nii halvas seisukorras, et nende otsa ei saa ka toestamisel ronida, lükatakse mastid pikali ja konstruktsioonid eemaldatakse maapinnal. Mast tuleb läbi saagida umbes 0,5 m kõrguselt, siis õnnestub ekskavaatoril masti alumine osa hiljem välja tõsta. Masti õige kukkumissuuna tagamiseks tuleb vajadusel kasutada puulangetustungrauda.

Lammutustöö toestatud masti otsa ronimisega

Enamasti ei tohi demonteeritava masti otsa ronida, kuid kui mast on tunnistatud piisavalt vastupidavaks, võib demonteerimistööde teostamiseks ka toestatud masti otsa ronida. Masti piisavaks teostamiseks sobiks ekskavaator, mis toestab masti alt ja võimaliku lisanoolega ülevalt poolt.
Masti otsas tuleb lammutustööd teha väga ettevaatlikult, arvestades juhmete demonteerimisest tekkivaid pingeid ning masti võimalikku purunemist mädaniku või sisse surutud tõmmitsa tõttu.

Lammutustööde lõpetamine

Liini demonteerimise käigus tekkivat juhtmematerjali tuleb käidelda sama hoolikusega nagu uut materjali. Lammutatud liinilõigu juhtmematerjal läheb tavaliselt taaskasutusse. Mastid veetakse kokkulepitud kohta uuesti kasutamiseks või kasutusest kõrvaldamiseks. Lammutustööde järel ei tohi maastikku jääda mingeid liinikonstruktsioonide jääke või jäätmeid. Eriti hoolikas tuleb olla põldudel töötades, sest kõik tööst maha jäävad jäätmed võivad põllutöömasinaid vigastada ning sellega liini lammutanud elektritööde ettevõtjale suuri kahjutasunõudeid põhjustada.

28.8.3. Demonteerimistööde plaan

Õhuliinide demonteerimistööde plaanis tuleks arvestada vähemalt järgmisi küsimusi:

- lammutustööde objekti andmete edastamise eest vastutab ja hoolitseb tellija
- töövõtja vastutab lammutustööde ohutuse eest ja nimetab objektile tööohutuseeskirjade järgimise eest vastutava töötaja (eestööline)
- projekteerija koostab lammutustööde plaani ja lammutustööde seletuskirja
- projekteerija annab lammutustööde seletuskirjas piisavad andmed lammutustööde teostajale tööplaani koostamiseks, märkides ära muuhulgas:
  - o töö objekti ja selle eriomadused
  - o vajalikud tööohutusmeetmed
  - o loaküsimused maaomanike ja teiste asjaosalistega
  - o elektrikatkestused ja elektritoite korraldamine

28.8.4. AMKA-rippkeerdkaabli demonteerimine

AMKA-rippkeerdkaabli demonteerimise vajadus võib tekkida näiteks võrgu tugevdamise tagajärjel, ajutise liini demonteerimisel või liinide teisaldamisel. Sellisel juhul kasutatakse samu töövahendeid nagu kaablite vedamisel ja põhimõtteliselt on toimingud paigaldamisega võrreldes vastupidised.

Samuti nagu kaablite vedamise ajal tuleb ristuvad liinid kaitsta ja vajadusel allapoole lasta, et liini maha monteerimist või trumlile kerimist saaks turvaliselt teha.

Veorullikud paigaldatakse kanduritele järgmiselt
- Juhet pingutatakse näiteks tali või vintsiga.
- Kandurid võetakse kandetrossi küljest lahti ja kokkukeritav juhe tõstetakse veorullikute soonte peale.
- Juhtme lõpukandur võetakse lahti ja juhtme tõmmetlõdvendake vintsi ja veotrossi abil.

Trummel on paigutatud kerimisseadmele ja lõdvendatud juhtme ots on trumli külge kinnitatud. Trumlile kerimine peab toimuma hoolikalt, veidi vastu pidurdades. Tuleb ettevaatlik olla, et juhe lõdvenedes veorulliku soontest välja ei tuleks või kerimisliigutuste tõttu kahjustuks. Kerimise ajal tuleb sisse keritavat juhet suunata, et keermed tekiksid trumlile tihedalt ja võimaldaksid trumlit kokkukeritud juhtmega hiljem hõlpsamini kasutada.

Kokkukeritud juhtme mark ja kogupikkus märgitakse vigade vältimiseks trumli küljele.

Joonis 525. AMKA-rippkeerdkaabli uuesti trumlile kerimine.

28.8.5. Paljasjuhtmetega õhuliini demonteerimine

Katkestus ja töömaandamine
Kuigi lammutatav õhuliin on pingestatud võrgust täielikult eraldatud, tuleb see töömaandada seniks, kuni ka viimane juhe on trumlile keritud. Selle tööga hoitakse ära teistest liinidest indutseeritud või influsiooni teel üle kanduv pinge ja ilmastikuolude tõttu tekkiva pinge tõttu tekkivad ohud.

Juhtmete trumlile kerimine
Juhtmed keritakse masti külge kinnitatud juhtmeveorullikuteabil liini pealt maha. Juhtmete maha kukutamine ja seal kokku kerimine võib juhtmetel olevate jätkukohtade tõttu kerimisel suuri raskusi tekitada.

Konstruktsioonide eemaldamine
Konstruktsioonid võetakse lahti ja lastakse maapinnale. Detailide maha viskamine ei ole soovitatav. Vanade mastide otsas, kust on juhtmed juba eemaldatud, tuleb töötada väga ettevaatlikult ja vajadusel tuleb maste ekskavaatori tõstekopaga toestada.
Kõik demonteeritud materjalid, ka sidumistraadid, tuleb liinikoridorist ära viia.

28.8.6. Vanade mastide eemaldamine

Süvaimmutatud mastid püütakse tervelt pinnasest välja tõsta ning uuesti kasutusse anda. Tõstemeetoditena kasutatakse erinevaid sõiduki hüdraulikasüsteemil töötavaid tõsteseadmeid. Tööks sobib ka püstitamiseks kasutatav ekskavaator.

Immutatud puitu (soolalahusega immutatud, roheline) ei tohi pärast lammutustöid maastikku jätta, sest materjal on mürgine. Soolalahusega immutatud maste ei tohi põletada põletamise käigus tekkivate mürgiste aurude tõttu ning seda tuleb selgitada ka vanade mastide võimalikele taastöötlejatele. Mastidest tekkinud laastud, saetud jupid ja mädanenud mastid tuleb toimetada jäätmekogumispunktidesse.

28.8.7. Tõmmitsaankrute eemaldamine

Tõmmitsa ankrute maapealsed vardadetailid tuleb kündmissügavusest sügavamalt läbi lõigata, et nende põhjustatud ebameeldivused hiljem kahjutasunõuete esitamiseks põhjust ei annaks. Kaljusilmused kivide ja kaljumassiivi küljes ilmselt tavaolukorras ebameeldivusi ei põhjusta ka kohale jättes, kuid alustoed tuleb kalju pinna kohalt läbi saagida.

28.9. Lammutustööde kohta koostatud raportid

Jaotusvõrgu seisukord peab elektriettevõttes alati teada olema. Vajalikud muudatused kantakse liini asendiplaanidele ja statistilistesse andmetesse. Liiniehitaja ülesandeks on teavitada tööde valmimise järel tehtud muudatustest liinivõrgus .