

# ELEKTRI- PAIGALDUSTÖÖD

1 2 3 4



Käesolev õppematerjal on tõlgitud ja kohandatud „Riikliku struktuurivahendite kasutamise strateegia 2007-2013” ja sellest tuleneva rakenduskava „Inimressursi arendamine” alusel prioriteetse suuna „Elukestev õpe” meetme „Kutseõppe sisuline kaasajastamine ning kvaliteedi kindlustamine” programmi Kutsehariduse sisuline arendamine 2008-2013” raames.

Originaali autorid ja koostajad:

**KIRJASTAJA**

Sähköinfo Oy  
Harakantie 18 B, 02650 Espoo  
PL 55, 02601 Espoo  
Telefon 09 547 610  
[www.sahkoinfo.fi](http://www.sahkoinfo.fi)

**AVALDAJA**

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry  
Harakantie 18 B, 02650 Espoo  
PL 55, 02601 Espoo  
Telefon 09 547 610  
[www.stul.fi](http://www.stul.fi)

**KOOSTAJA**

Tehniline ekspert Arto Saastamoinen, Sähköinfo Oy

**TOIMETAJA JA KÜLJENDAJA**

Eeva Karppinen

**KUJUNDUS**

Aija Metsikkö

**TRÜKIKODA**

Painokurki, Helsingi  
Espoo 2009  
ISBN 978-952-231-003-3  
ISBN 978-952-231-031-6 (kogu seeria)

**II RAAMAT**

Tõlge eesti keelde M. Varres  
Korrektor R. Roasto  
Küljendus Karl-Kristjan Videvik

Teostus:  
Eesti Elektritööde Ettevõtjate Liit (EETEL)  
[www.eetel.ee](http://www.eetel.ee)

Õppematerjali eesti keelse versiooni (varaline) autoriõigus kuulub  
Riiklikule Eksami- ja Kvalifikatsioonikeskusele aastani 2018 (kaasa arvatud)

ISBN 978-9949-487-47-9 (kogu teos)  
ISBN 978-9949-487-51-6 (4. osa)

Selle õppematerjali koostamist toetas Euroopa Liit

# EESSÕNA

Raamatusari „Elektripaigaldised“ käsitleb hoonetes toimuvate elektripaigaldustööde kohta kehtivaid eeskirju, juhiseid ja praktilisi teostusviise. Raamatusari põhineb varem avaldatud raamatuosadel “Sähköasennukset” (“Elektripaigaldustööd”) ja “Sähköasennustekniikat” (“Elektripaigaldustööde tehnoloogia”), mille sisu on nüüd koondatud ühte, neljast osast koosnevasse väljaandesse. Väljaande uuendamisel on arvestatud ametlikes juhendites ja elektripaigaldisi käsitlevates standardites toimunud muudatustega ning olulisemate parandustega paigaldustööde tehnilises teostuses ja kasutatavates tarvikutes. Pildimaterjali on parendatud neljavärvitrüki kasutamisega.

Väljaanne “Elektripaigaldustööd 2” käsitleb hoonetes kasutatavate elektriseadmete erinevaid paigaldusviise ning ruumidest tulenevaid nõudeid läbiviikude ja tuletökete ehitamisele. Samuti käsitletakse elektrikilpe, lülitus- ja kaitseseadmeid, valgustus- ja kütteseadmete paigaldamist ning ajutist elektrivarustust tagavaid paigaldustöid.

Loodame, et neist väljaannetest, nagu ka nende eelkäijatestki, kujunevad elektripaigaldustöödega tegelevatele spetsialistidele vajalikud käsiraamatud ning neid saab kasutada juhendmaterjalidena elektrikuid ettevalmistavates õppeasutustes.

Aprill 2009

Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry

## SISUKORD

9	ERINEVAD PAIGALDUSVIISID .....	8
9.1	Pinnapealne paigaldus .....	8
9.1.1	Puit ja muud analoogsed aluspinnad .....	10
9.1.2	Kivist, tellisest või betoonist aluspinnad .....	12
9.1.3	Kipsplaadist aluspinnad .....	12
9.1.4	Kergkruus- ja kergbetoonist aluspinnad .....	13
9.1.5	Metallialuspinnad .....	13
9.1.6	Paigaldamine kaabliriiulitele .....	13
9.1.7	Paigaldamine valgusti riputussiini külge .....	16
9.1.8	Paigaldamine karbikusse ja juhtmekanalisse .....	17
9.1.9	Paigaldusrenn .....	20
9.2	Süvistatud paigaldus .....	21
9.2.1	Paigaldustorusüsteemide konstruktsioonid .....	21
9.2.2	Toru valik paigaldusviisi ja koha alusel .....	24
9.2.3	Torupaigalduses kasutatud juhtmetüübid .....	25
9.2.4	Torude paigaldamine .....	26
9.2.5	Paigaldustoru ja karpide käitlemine, paigutus ja kinnitamine .....	26
9.2.6	Betoonikonstruktsioonidesse paigaldamine.....	28
9.2.7	Paigaldamine paneelidesse .....	30
9.2.8	Paigaldamine müüritud konstruktsioonidesse .....	31
9.2.9	Paigaldamine kergetesse seinakonstruktsioonidesse .....	32
9.2.10	Paigaldamine palkkonstruktsioonidesse .....	33
9.2.11	Paigaldamine ripplae taha .....	33
9.2.12	Paigaldamine elektrikilpidesse .....	34
9.2.13	Kaabli (juhtme) tõmbamine torusse .....	35
9.2.14	Ühendamine vanade torudega .....	36
9.2.15	Süvistatud paigaldus installatsioonitorudeta .....	37
9.2.16	Kaablite paigaldamine ilma toruta kivikonstruktsiooni .....	39
9.2.17	Harukarpide paigutus .....	41
9.2.18	Karpide tähistus .....	42
9.3	Maakaabli paigaldamine .....	42
9.3.1	Transport .....	44
9.3.2	Ladustamine .....	45
9.3.3	Kaabli tõmbamine .....	45
9.3.4	Kaabli paigaldamine ja kinnitamine .....	47
9.4	Õhukaabli paigaldamine .....	48
9.4.1	Paigaldamine kandetrossi abil .....	48
9.4.2	Paigaldamine AMKA-rippkeerdkaabliga .....	48
10	PAIGALDUSTÖÖD ERINEVATES RUUMIDES .....	49
10.1	Välisingimuste määratlemine .....	49
10.2	Kuivad ruumid .....	51
10.3	Niisked ruumid .....	54
10.4	Märjad ruumid .....	55
10.5	Välisruumid .....	55
10.6	Tuleohtlikud ruumid .....	56
10.6.1	Ruumid, kus käideldakse või ladustatakse tuleohtlikke materjale .....	56

10.7	Eriotstarbelised ruumid .....	59
10.7.1	Vannitoad ja duširuumid .....	59
10.7.2	Basseinid vms. rajatised .....	64
10.7.3	Saunad .....	73
10.7.4	Põllumajandus- ja aianduskasutuses olevad ruumid .....	75
10.7.5	Kitsad elektrit juhtivad ruumid .....	80
10.7.6	Telkimisplatsid ja jahisadamad .....	81
10.7.7	Meditšiiniprotseduuride ruumid .....	84
10.7.8	Päikeseelektrilised võimsustoitesüsteemid .....	87
10.7.9	Inventar .....	87
10.7.10	Autosoojendus ja autosuvilate elektripaigaldised .....	88
10.7.11	Väljapääsude elektripaigaldised .....	89
10.8	Elektripaigaldiste remondi-, ümberehitus- ja laiendustööd .....	91
11	LÄBIVIIGUD .....	94
11.1	Läbiviigud .....	94
11.2	Tule levikut tõkestavad lahendused .....	98
12	JAOTUSKILBID .....	101
12.1	Kasutusotstarve hoone elektrivõrgu osana, hoone peakilp .....	102
12.2	Paigalduskeskkonna mõju .....	104
12.2.1	Kasutaja arvestamine .....	104
12.2.2	Keskkonnast tulenevad nõuded .....	106
12.3	Jaotuskilpide standardid ja elektripaigaldiste standardid SFS 6000 EVS-EN 60364 .....	107
12.4	Tootjal vajaminevad andmed .....	109
12.5	Töövõtja komplekteeritud kilp .....	110
12.6	Jaotuskilpide paigaldamine .....	111
12.7	Kilpidega ühendatavad (kaablid) juhtmed .....	112
12.7.1	Juhtmete paigaldamine .....	112
12.7.2	Juhtmete ühendamine .....	113
12.7.3	Erineva pingega ahelad .....	115
12.8	Spetsiaalkilbid .....	115
12.8.1	Komplekt-lattliinid .....	115
12.8.2	Juhtimispult .....	116
13	LÜLITUS- JA KAITSESEADMED .....	117
13.1	Lahutamine ja ühendamine .....	117
13.2	Kaitseseadmed .....	122
14	VALGUSTUSPAIGALDISED .....	126
14.1	Juhised grupeerimise kohta .....	128
14.2	Valgustuspaigaldiste kohta kehtivad eeskirjad, standardid ja muud juhised .....	133
14.3	Valgusti ja valgusallikas .....	133
14.4	Valgusti ühendamine elektrivõrku .....	136
14.5	Valgustite grupeerimine ja paigaldusviisid .....	138
14.6	Valgustuse juhtimine ja reguleerimine .....	138
14.7	Valgustuspaigaldised renoveerimis-, kapitaalremondi- ja ümberehitustööde puhul .....	140

15.	KÜTTESEADMED .....	141
15.1	Üldist .....	141
	15.1.1 Kütmissviisid .....	141
	15.1.2 Peamised reguleerimisviisid .....	142
	15.1.3 Uusehitus .....	143
	15.1.4 Kapitaalremondi objekt .....	144
15.2	Elekterkütte võimuse vajadus .....	144
	15.2.1 Soojuskaod .....	144
	15.2.2 Ruumipõhine otsene elektriküte ja õhksoojuspump .....	145
	15.2.3 Veeringlusega küte või õhkküte .....	145
	15.2.4 Salvestav keskküte .....	145
	15.2.5 Tarbevee soojendamine .....	146
15.3	Radiaatoriküte .....	146
	15.3.1 Radiaatorite ehitus .....	146
	15.3.2 Radiaatorite valik ja paigutus .....	146
	15.3.3 Radiaatorite paigaldamine .....	148
	15.3.4 Sisetemperatuuri reguleerimine .....	148
15.4	Küttekiled .....	150
	15.4.1 Küttekile ehitus .....	150
	15.4.2 Lakke paigaldamine .....	151
	15.4.3 Paigaldus põrandasse .....	153
	15.4.4 Paigaldamisel järgitavad nõuded .....	153
	15.4.5 Toatemperatuuri reguleerimine .....	154
15.5	Küttegaablid .....	155
	15.5.1 Kaablite ehitus ja dimensioneerimine .....	155
	15.5.2 Kaablite valik .....	157
	15.5.3 Üldjuhised .....	157
	15.5.4 Ühendamine .....	161
	15.5.5 Kaitse elektrilöögi eest .....	162
	15.5.6 Mõõtmised ja kontrollimine .....	163
	15.5.7 Seinaküte .....	163
	15.5.8 Kaminat ja muude tulekollete elektriküte .....	164
	15.5.9 Räästarennide, vihmaveetorude ja katuste sulana hoidmine .....	164
	15.5.10 Torustiku küte .....	166
	15.5.11 Mahutite ja punkrite küte .....	168
	15.5.12 Väliterrituumide küte kaabliga .....	168
	15.5.13 Alusmüüri kaitse pinnase külmumise eest .....	169
	15.5.14 Kasvupinnase elektriküte .....	170
15.6	Kohtkütteseadmed (kiirgurid) .....	170
	15.6.1 Kütteseadmetüübid, kasutusala .....	170
	15.6.2 Reguleerimine .....	171
15.7	Akende soojendamine .....	171
15.8	Tarbevee soojendamine .....	172
	15.8.1 Boileri ehitus .....	172
	15.8.2 Boileri suurus ja paigutus .....	173

15.9	Vesikeskküte .....	174
15.9.1	Salvestav vesiküte .....	174
15.9.2	Tehnilised lahendused .....	174
15.9.3	Dimensioneerimine .....	175
15.9.4	KVV-komponendid .....	176
15.9.5	Paigaldus .....	177
15.9.6	Veadiaagnoosid .....	177
15.10	Vahelduvküte .....	178
15.11	Elekterküte juhtimine .....	179
15.11.1	Paigaldiste rühmitamine .....	179
15.11.2	Juhtimisvajadused .....	179
15.11.3	Lülitused .....	180
15.12	Elekterküte reguleerimise põhimõtted .....	190
15.12.1	Regulaatorite ehitus .....	190
15.12.2	Bi-metalltermostaat .....	191
15.12.3	Lööts- ja kapillaartermostaadid .....	192
15.12.4	Elektroonilised termostaadid .....	193
15.12.5	Tsentraliseeritud reguleerimissüsteem .....	195
15.12.6	Termostaadi ja soojusanduri paigutamine .....	196
15.12.7	Radiaatorite ühtlased pindmised temperatuurid lühikese tsükliga elektroonilise termostaadi abil .....	197
15.12.8	Põrandaküte reguleerimine .....	198
15.12.9	Soojuskiurgurite juhtimine .....	200
15.12.10	Soojussalvesti jäätumise kaitse .....	200
15.12.11	Sissetuleva õhu radiaatorite reguleerimine .....	201
15.12.12	Elektrikatelde ja kütesalvestite reguleerimine .....	201
15.13	Elektrikerised .....	202
15.13.1	Eeskirjad, juhised .....	202
15.13.2	Kerise dimensioneerimine .....	202
15.13.3	Kerise valik .....	202
15.13.4	Juhtimine .....	203
15.13.5	Paigaldused .....	205
15.14	Õhksoojuspumbad (SULPU ry) .....	206
15.14.1	Õhksoojuspumbad .....	206
15.14.2	Väljapuhkeõhu soojuspump .....	207
15.14.3	Maasoojuspumbad .....	208
15.16	Õhuringlusega põrandaküte .....	212
16	AJUTISED PAIGALDISED .....	214
16.1	Ajutisi paigaldisi käsitlevad standardid, rakendusala ja definitsioonid .....	214
16.2	Ehitusplatside ajutised elektripaigaldised .....	216
16.2.1	Kaitse elektrilöögi eest .....	217
16.2.2	Elektriseadmete ja juhtmete valik ning paigaldamine .....	217
16.3	Püsivate uuspaigaldiste kasutus ehitustööde ajal .....	223
16.4	Messi- ja näituseruumide ajutised elektripaigaldised .....	224
16.5	Liikuvad teisaldatavad seadmed .....	226
16.6	Lõbustusparkide, tivoliite ja tsirkuse seadmete, müügikioskite jms. ajutised elektripaigaldised .....	226
	ALLIKAD .....	227

## ERINEVAD PAIGALDUSVIISID

---

### 9.1 PINNAPEALNE PAIGALDUS

Kui elektrijuhtmed, -kaablid või -seadmed paigaldatakse sein- ja laepindadele, jääb lõplik paigaldus muutumatul kujul nähtavale. Selle tõttu tuleb eriti suurt tähelepanu pöörata paigalduse teostusviisile. Juhtmete ja kaablite paigaldus tuleb planeerida selliselt, et need tarbetult ei ristuks. Seadmete paigaldamisel tuleb arvestada nt. paigalduskõrgust ja paigutust selliselt, et lõpptulemusena saavutataks ühtse välisilmega terviklahendus. Elektrijuhtmete ja -kaablite kinnitamiseks kasutatavad kinnitusvahendid on värvuselt enamasti valged. Kui eesmärgiks on tagada sisustuse ja paigalduselementide maksimaalne kokkusobivus ja harmooniline lõpptulemus, on põhjendatud ka muud värvi juhtmete, kaablite ja paigaldustarvikute kasutamine. Sellisel juhul eeldab paigaldustööde teostus väga hoolikat eelnevat planeerimist, mis hõlmab ka materjalivalikut ja võimaldab saavutada kliendi poolt soovitud lõpptulemust. Ka kõikide tarvikute puhastamine ja puhtana hoidmine on paigaldustööde teostamise ajal oluline, määratud kohad tuleb viivitamatult puhastada, et mustus ei jõuaks pinnale kinnituda või sisse imenduda. Kui nii on siiski juhtunud, tuleb enamasti kogu tarvik välja vahetada, mis võib teatud juhtudel kujuneda väga töömahukaks.





---

**Joonis 9.1. Pinnapealsete paigalduste puhul on tööjäljed selgesti näha (Schneider).**

---

Olenemata paigalduspinnast on kinnitusvahendite vahekaugus sõltuvalt kasutatavast juhtme- või kaablitüübist, ristlõikepindalast ja paigaldussuunast 15-25 cm. Lakke paigaldamisel tuleb teatud juhtudel valida lühem vahekaugus. Paigaldusaluste kasutamisel kinnitatakse lähim kinnitusvahend enamasti paigaldusalusest 5-10 cm kaugusele. Juhtmete ja kaablite suunamuutuste korral kasutatakse sama kinnitusvahendite vahekaugust, mis mõõdetakse sirgete joonte lõikumispunktidest. Sirgel lõigul kinnitatakse kinnitusvahendid võrdse vahekaugusega ja sellise täpsusega, et silm ei märkaks kinnitusvahendite paigalduserinevusi.

Poolile või rulli keritud juhe või kaabel tuleb enne paigaldamise alustamist tõmmata sirgeks. Vastasel korral on juhtme või kaabli sirgelt paigaldamine raskendatud ja kuigi paigaldustööde algfaasis võib tunduda, et juhe jääb sirgeks, võib mõne aja möödudes selguda, et juhe või kaabel ei ole enam sirgelt seinal. Juhtmed ja kaablid paigaldatakse lae all, liistude või vuukide läheduses, nurkades, postidel, uksepiitadel vms. konstruktsioonidega samasuunalistena. Pinnapealset paigaldust vabale seinale tuleb väga harva ette ja seda välditakse juba ainuüksi ebaesteetilise lõpptulemuse tõttu. Kui tuleb siiski selline paigaldusviis valida, on loodi, loodipommi, loodinööri või loodimislaseri kasutamine on vältimatu. Loodinööri korral on värvipulbri kasutamine lubatud vaid siis, kui võib olla kindel, et värv saab enne paigaldustööde lõpule viimist kaetud või on lubatud, et värv võib ka peale paigaldustööde lõppemist jääda nähtavale.

Paigaldustööd algavad elektriseadmete asukohtade, võimalike juhtmete vedamisjoonte ja paigaldatavate seadmete rühmitamise planeerimisest. Paigaldustööd teostatakse, kui vähegi võimalik, peale paigalduspinna lõppviimistlust. Kui paigaldustöid tehakse olude sunnil enne pindade lõppviimistlust, tuleb värvitavad pinnad elektriseadmete alla jäävas ulatuses ära värvida. Tapeeditavad pinnad tuleb tapeetida enne pinnapealsete paigaldustööde alustamist. Kui juhtmed või kaabel paigaldatakse tapeedi alla, tuleb sellise paigaldusviisi puhul arvestada juhtmete liigvoolukaitsme valikul.



---

**Joonis 9.2. Karbikuga paigaldamisel jääb pinnapealne paigaldus sageli esteetiliselt ilusam (Schneider).**

---

Juhtmete või kaablite pindpaigalduse teostamisel tuleb vajadusel arvestada ka nende võimaliku mehhaanilise kaitsega. Kaitset vajavad juhtmed või kaablid paigaldatakse piisava tugevusega kaitsetorusse või karbikusse. Kaitsetorud või karbikud kinnitatakse pinnale selliselt, et kinnitus oleks kindel ja ei tuleks võimaliku mehhaanilise mõjutuse korral liiga kergesti lahti. See eeldab enamasti sellise kinnitusvahendi kasutamist, mis kinnitatakse aluspinna külge mõlemal pool kaitsetoru. Karbik kinnitatakse aga kruvide või poltidega läbi karbiku korpuse alusele või seinale.

### **9.1.1 PUIT JA MUUD ANALOOGSED ALUSPINNAD.**

Juhtmed ja kaablid kinnitatakse aluspindadele külge nael-, kruvi-, löök- või lattkinnitustega. Kinnitusnael või -kruvi kinnitatakse otse paigalduspinda. Kruvikinnituse kasutamisel võib olenevalt pinna kõvadusest teha eelnevalt esmase auk näiteks naaskli abil. Isepuuriva kruvi ja elektrilise kruvikeeraja kasutamisel on esmase augu tegemine sageli tarbetu, kuid käsitsi kinnitamisel on esmase ava tegemisest kruvi kinnitamisel sageli palju abi. Nael-, kruvi- ja löökkinnitusi kasutatakse sageli 1-3 juhtme või kaabli kinnitamisel. Jaotuskappide (kilpide) läheduses ja teistes sarnastes kohtades võib paigalduse ka suurema juhtmete või kaablite arvu korral teostada nael- või kruvikinnitusega. Enamasti kinnitatakse siiski mitu paralleelselt veetud juhet või kaablit lattkinnituse abil.

Kui paigalduspind on ebatasane, on mõistlik kasutada reguleeritavaid kruvikinnitusi, mis võimaldavad kiiremini ning paremini tagada juhtme- ja kaablikogumite sirg-

joonelisust. Nael- või löökkinnitustel aga ka kõikidel tava kruvikinnitustel sellist reguleerimisvõimalust ei ole ja kuigi kinnitused on paigutatud täiesti sirgelt, võib juhtuda, et juhe või kaabel ei paista aluspinna ebatasasuse tõttu sirge.

Kruvi-, löök- või lattkinnituste kasutamisel tuleb kinnituskohad eelnevalt tähistada, et kinnituste paigaldusvahe püsiks ühtlane. Naelkinnituste kasutamisel võib seevastu sageli tähistada ainult esimese ja viimase kinnituse. Kaablid (juhtmed) kinnitatakse nende abil ning seejärel surutakse ülejäänud kinnitused juhtme või kaabli külge kinni, kontrollitakse, et kinnitused on ühtlase vahekaugusega ja lüüakse kinnitused juhete pingule tõmmates üks kaupa aluse külge kinni, jälgides samas, et juhe või kaabel jääb sirgelt. Löökkinnitusi kasutatakse enamasti vaid siis, kui soovitakse paigaldust, mille kinnitus jääks võimalikult vähe näha.

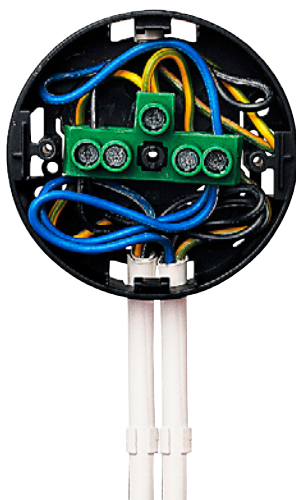


---

**Joonis 9.3. Naelkinnitus (naelpell) (Schneider).**

---

Seadmed kinnitatakse aluspinnale külge kruvidega. Niinimetatud läbijooksvate ahelate ahelas viimase valgusti-, lüliti- või pistikupesa vms. seadme paigalduse puhul tuleb sageli toimida selliselt, et nendega ühendatav kaabel (juhe) kinnitatakse kuni kahe viimase kinnituseni, seejärel paigaldatakse valgusti, lüliti või pistikupesa ning kõige viimasena puuduvad kinnitused. Selline viis kiirendab paigaldamist eriti kuivades ruumides ja võimaldab kergemini tagada, et kaabli (juhtme) väliskest ulatub vajalikul määral seadme korpuse alla.



---

**Joonis 9.4. Välimine kaablikate peab ulatuma karbi sisse (Schneider).**

---

## 9.1.2 KIVIST, TELLISTEST VÕI BETOONIST ALUSPINNAD.

Paigalduse võib teostada samade põhimõtetega kui puit- või muudel analoogsetel aluspindadel. Otse aluspinnale kinnitamine ei ole sellisel juhul alati võimalik. Kinniti või seadme naela või kruvi jaoks tuleb esmalt puurida auk, paigaldada sellesse sobiv plasttüübel või muu abivahend ning alles seejärel kinnitada seade või kinniti. Värvitavatel pindadel paigaldatakse kinnitustüübel seina peale pahteldamist ja enne värvimist, kui see on tehniliselt võimalik. Seevastu tapeeditavatel või plaaditavatel seintel tuleb kinnitustüüblid paigaldada ning nende jaoks vajalikud augud puurida valmis pinda. Sellisel juhul tuleb hoolitseda, et puurimisel tekkiva tolmu kandumine ümbritsevasse keskkonda oleks tõhusalt takistatud. Puurimisel tekkiva tolmu eemaldamiseks on soovitatav samaaegselt puurimisega kasutada tolmuimejat. Tolmu probleemi lahendamiseks on seadmete valmistajad välja töötanud mitmeid erinevaid lahendusi. Telliskonstruktsioonides võib konkreetsel juhtudel kaaluda juhtme või kaabli kinnitamist naelkinnitustega ka otse tellisseina. Terasnaelaga varustatud naelkinnitus on sellisel puhul parim variant.



**Joonis 9.5. Kruvikinnitusega kinnitus (kruvipelli), mille võib paigaldada ilma tüüblita (Schneider).**



**Joonis 9.6. Plasttüübel kruvi kinnitamiseks**

## 9.1.3 KIPSPLAADIST ALUSPINNAD

Paigalduse võib ka antud juhul teostada samadel põhimõtetel nagu puit- või analoogsetel aluspindadel. Sellisel juhul kinnitatakse nael või kruvi kipsplaadi kinnitamiseks mõeldud karkassi külge. Naelkinnituse kasutamisel peab karkass olema puidust või analoogsest materjalist. Ühtlasi tuleb kasutada tavalisest pikema naelaga varustatud kinnitustüüpi, et nael haakuks karkassiga kindlalt. Nii saavutatakse juhtme või kaabli hea kinnitus ning ka kipsplaadi pind ei kahjustu. Juhtme või kaabli paigaldamist koh-tadesse, kus neid ei saa kinnitada kipsplaadi aluskarkassi külge, tuleb vältida. Vajadusel paigaldatakse kipsplaadi taha lisakarkass, mis võimaldab juhtmed või kaablid kindlalt kinnitada.

Seadmete kinnitamisel võib juhtuda, et kipsplaadi kinnituskarkassi saab kasutada vaid

osaliselt. Näiteks kahest kinnituskruvist võib vaid üks karkassi külge kinnituda ja teine mitte. Teise kruvi kinnitamiseks tuleb sellisel juhul kasutada sobivat kipsplaaditüüblit, mille külge kinnitatakse kinnituskruvi. Teine võimalus on paigaldada kipsplaadi taha kinnituse võimaldamiseks lisakarkass, mille külge seade kinnitatakse.

### 9.1.4 KER GKRUUS- JA KER GBETOONIST ALUSPINNAD

Pindpaigaldust neile aluspindadele tuleks vältida. Kui teist võimalust ei ole, võib kasutada kivi-, tellis- või betoonaluspindadele kinnitamiseks kasutatavaid võtteid. Kinnitustüübleid ja vastavaid abivahendeid kasutades peab siiski veenduma nende sobivuses kergkruusast või kergbetoonist pindadele.



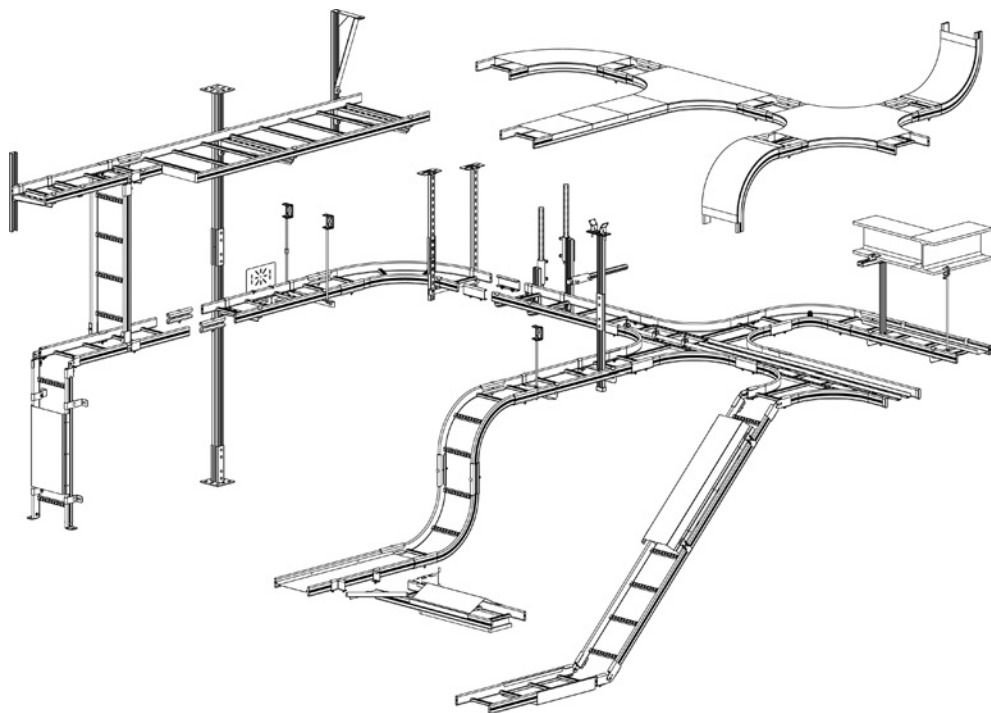
Joonis 9.7. Pinnapealne paigaldus kergkruusast aluspinnale (Schneider).

### 9.1.5 METALLALUSPINNAD

Juhtmete või kaablite kinnituseks kasutatakse kruvi- või lattkinnitusi. Kui metalli paksus on 0,1-1,0 mm, on kõige lihtsam viis kinnituste teostamiseks ja seadmete paigaldamiseks isepuurivate plaadikruvide kasutamine. Paksema metallikonstruktsiooni puhul tuleb enamasti puurida kinnitusava, see keermetada ja kasutada polte. Teatud juhtudel võib kõne alla tulla ka kaablisidemete kasutamine, eriti kui tuleb kinnitada ainult juhe või kaabel, aga mitte seadmeid.

### 9.1.6 PAIGALDAMINE KAABLIREDELILE

Sellistes kohtades, kus mitu juhet või kaablit tuleb üksteise lähedale paigaldada ja eriti, kui juhtmeid või kaableid tuleb hiljem veel juurde vedada või asukohta muuta, näiteks tööstushoonetes, kaubanduskeskustes, büroohoonetes ja jaotuskilpide läheduses, sobib kaablite paigaldamiseks kõige paremini kaabliredel. Redelid võib paigaldada püstloodselt või rõhtsalt, kaasaegsete redelikonstruktsioonide abil saab teostada ka keerulisi paigalduslahendusi.

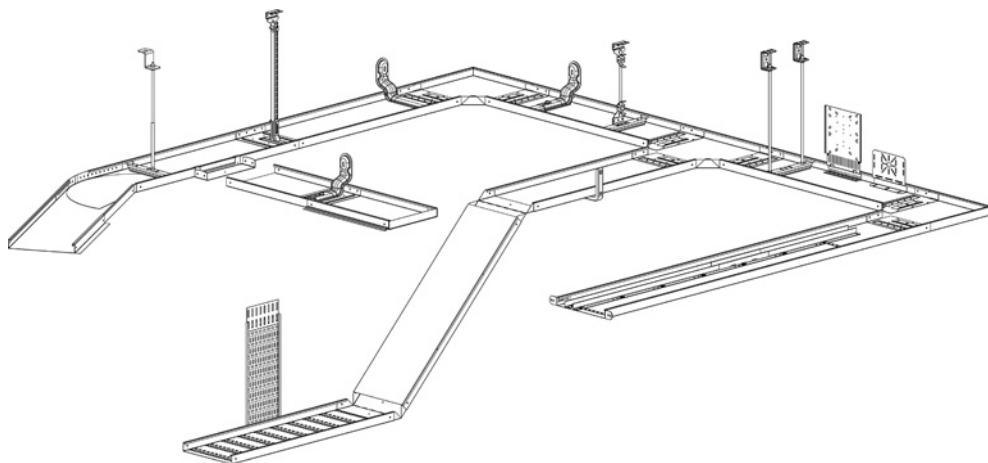


**Joonis 9.8 Kaabliredeli konstruktsioon (MEKA).**

Kaablid paigaldatakse kaabliredelile hoolikalt jälgides, et kaablid on üksteise suhtes kogu pikkuses samas järjestuses. Tuleb vältida kaablite ristumist. Tuleb vältida tuleohutuse ja koormustaluvuse tagamiseks on soovitatav jõukaableid paigaldada kaabliredelile ainult ühes kihis ja kaablite vahele jätta kaabli ristlõikele vastav vaba pind. EMC-nõuete karmistumise järel võib osutada vajakuks kasutada üha rohkem kinnise põhjaga kaabliriiuleid, mis peavad teatud juhtudel olema varustatud kaanega. kattega. Sellist paigaldusviisi tuleb arvestada juba projekteerimise käigus, sest paigaldusviis võib oluliselt mõjutada dimensioneerimist ja kaitsemeetmete kavandamist.

Ühtlaste vahedega paigutatud hoidekonsoolidega varustatud kaabliredelid on lihtsam paigaldada kui kaabliriiuleid, sest kaableid on hõlbus vajadusel ka kinnitada. Ka harukarpide kinnitamine kaabliredeli külge on sageli lihtsamini teostatav. Kaabliredelitele võib paigaldada ka standardseid vahekaugusi vajavad kõrgepingesüsteemid, mis komplekteeritakse selleks ettenähtud kinnitusedetailide abil. Nii saavutatakse projektkohaselt ühtlane voolu jaotumine osajuhtmete vahel ning impedantsi jaotumise tulemusel saab tagada ka piisava dünaamilise lühisekindluse.

Paralleelselt ühendatud kaablite (juhtmete) paigaldusskeemi puhul tuleb arvestada suurte lühisvooludega lühikeste juhtmepikkuste juures. Peamine põhimõte on, et kui kaks või enam kaabli juhti (juhet) ühendatakse paralleelselt samas faasis või sama klemmi all, tuleb tagada, et koormusvool jaotuks paralleelselt ühendatud juhtmete vahel ühtlaselt.



---

**Joonis 9.9. Kaabliriivulid (MEKA).**

---

Standardis HD 60364-5-52 punktis 523.6 on kujutatud neid lahendusi, mis võimaldavad kehtestatud nõudeid järgida.

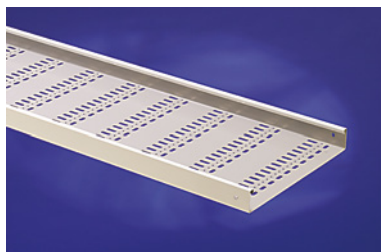
Horizontaalsel lõigul või väikestel tõusudel ei ole vaja kaableid kinnitada, kui töökirjelduses ei ole seda spetsiaalselt nõutud. Vertikaalsuunalisel paigaldamisel tuleb kinnituste teostamisel järgida kaablitootja antud juhiseid.



---

**Joonis 9.10. Kaabliredel (MEKA).**

---



---

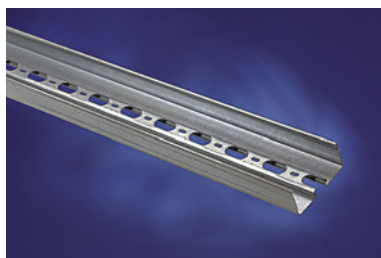
**Joonis 9.11. Kaabliriivul (MEKA).**

---

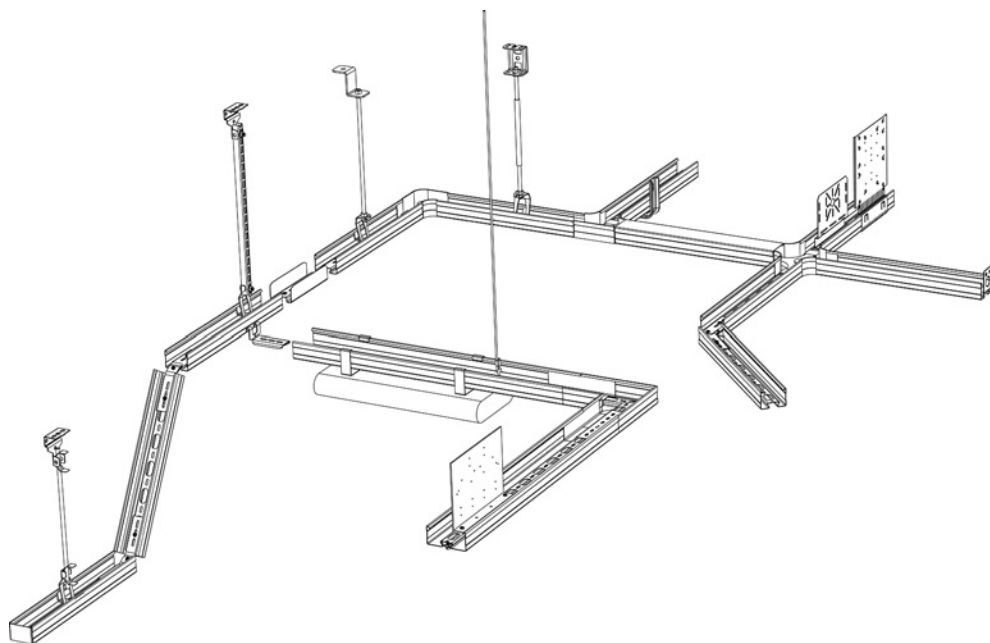
Kaabliriiulite paigaldamise kavandamisel tuleb kaaluda ka seda, millised kaablid paigaldatakse samale kaabliredelile. Näiteks tele- ja turvasüsteemide, juhtimissüsteemide ja võimsusülekanDESüsteemide kaablid tuleb paigaldada eraldi redelitele. Nende kaablite paigaldamise eeskirjade järgimisel tuleb tähelepanu pöörata eriti elektromagnetilise ühilduvuse direktiivis antud häirekaitse nõuetele..

### 9.1.7 PAIGALDAMINE VALGUSTI RIPUTUSSIIINI KÜLGE

Kõrgetes tehaseruumides või näiteks ruumides kus lae pinna moodustab pehme, soojusisolatsiooniks või müra summutuseks kasutatud plaat või pinnakate, on lakke paigaldamisel sageli kõige soodsam kasutada valgustite riputussiine. Valgusti riputussiin võib ühtlasi toimida nii juhtme- kui kaabli alusena kui ka valgustite või seadmete kinnitusalusena.



Joonis 9.12. Siin valgustite riputamiseks (MEKA).



Joonis 9.13. Valgustite riputussiini erinevad paigaldusvõimalused (MEKA).



Siin toestatakse kas otse laekonstruktsioonide külge või kasutatakse tross- või keer-  
mestatud vardaga kinnitamist. Siini kohal paiknevasse renni on samuti nagu kaabli-  
riiulile hõlbus vedada juhtmeid või kaableid. Juhe või kaabel tõmmatakse valgusti  
juurde siini põhjas oleva ava kaudu. Siini põhi on kogu pikkuses augustatud. Siini-  
konstruktsiooni külge võib kinnitada ka erinevaid paigaldusaluseid näiteks haru-  
karpide vms. seadmete kinnitamiseks.

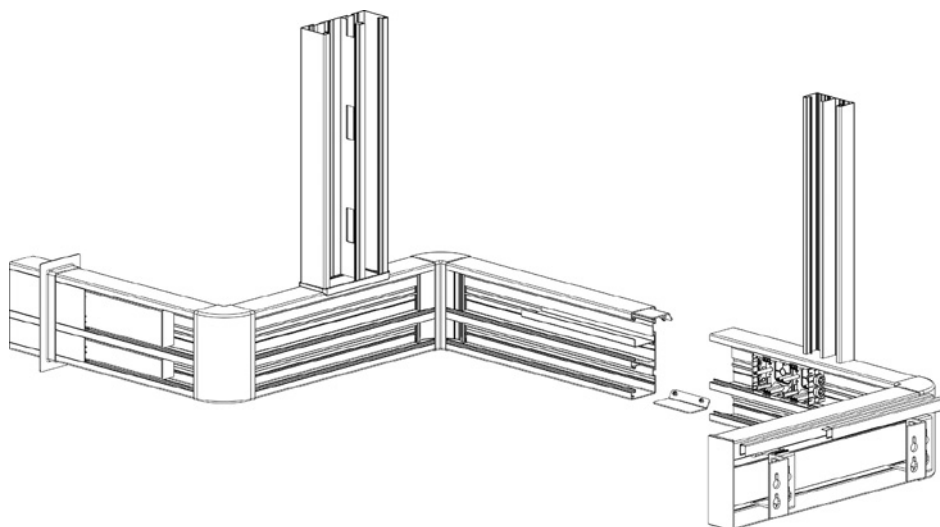
## 9.1.8 PAIGALDUS KARBIKUSSE JA JUHTMEKANALISSE

Karbiku ja juhtmekanalisüsteemid on enamasti mõeldud paigaldamiseks kuivadesse  
ruumidesse. Neid võib paigaldada ka niiskettesse või märgadesse ruumidesse, kui  
kogu süsteemi kaitseaste on piisav.

Süsteemide paigaldamisel tuleb järgida süsteemi tootja poolt antud juhiseid.

Juhtmekanalisüsteemi paigaldusviisi kasutatakse kontorites, koolides, laboratooriumi-  
mides, hotellides ja haiglates. Juhtmekanalisüsteem on põhimõtteliselt sama nagu  
karbikusüsteem, kuid sobib oma mehhaanilise kulumiskindluse ja vastupidavuse  
poolest paremini avalikesse ruumidesse.

Juhtmekanalisse võib paigaldada tugevooluseadmete, tele- ja turvasüsteemide sead-  
mete vms. juhtmed. Süsteemi on kerge paigaldada ja selles hiljem hõlbus paigaldus-  
muudatusi ja -täiendusi teha.



**Joonis 9.14. Juhtmekanalite süsteemid (MEKA).**

Karbiku- ja juhtmekanalisüsteemid koos kaablite või juhtmetega peavad oma ehituse  
poolest vastama kasutuskohal tekkivale koormusele. Süsteemide konstruktsioon,  
kinnitus ja asukoht ei tohi kujutada ohtu ümbrusele.

Süsteemid peavad olema mehhaaniliselt ja termiliselt piisavalt tugevad ning kindlalt ja hoolikalt aluspinna külge kinnitatud. Neis ei tohi olla teravaid servi, nurki vm. ebatasasusi, mis võivad juhet kahjustada.

Kaablid ja juhtmed tuleb paigutada või kinnitada selliselt, et need püsiks paigal ka karbiku või kanali kaane avamisel. Kaablid tuleb kinnitada ühendus- vms. ruumi vahetus läheduses selliselt, et tõmbepinge ei oleks suunatud liitekohtadele. Süsteemi ja selle juhtmete paigaldamine peab toimuma selliselt, et isolatsioonita, pingestatud ja isoleeritud juhtmed oleksid turvaliselt puutekaitstud ka liite-, ühendus-, läbiviigu- ja muude selliste kohtade läheduses ning süsteemiga ühendatud lülitite, pistikupesade ja analoogsete seadmete sisseviikudes. Karbi juures tuleb kasutada tõmbepinget vähendavat kaabliklambrit.



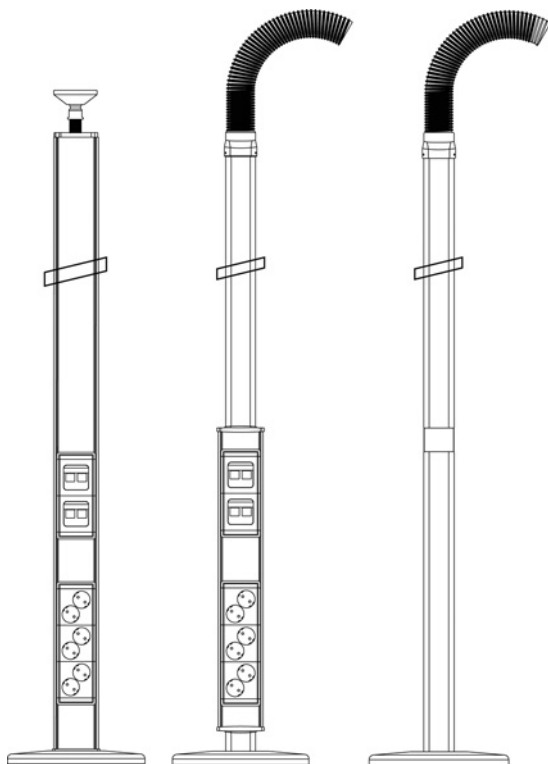
**Joonis 9.15. Kaabli (juhtme) kanal (MEKA).**

Osa, mis moodustab pingestatud ja isolatsiooniga detailide kaitsekonstruktsiooni, ei tohi olla eemaldatav ilma töövahendita. Tugevvooluseadmete isolatsioonita pingestatud osad peavad olema nõrkvooluseadme ühendusruumi või karbiku osa kaane avamisel puutekaitstud. Seetõttu tuleb pistikupesad ja telepistikupesad paigaldada eraldi karbiku osadesse katteplaatide alla. Kui pistikupesa kaane avamise järel on konstruktsioon puutekaitstud, siis sellist takistust ei esine.

Juhtmete ühenduskohad teostatakse juhtmekanalisisüsteemi kuuluvas harukarbis või vastavas ühendusruumis. Otse karbikus või kanalis neid teha ei või, välja arvatud süsteemi potentsiaalide ühtlustamiseks vajalikud ühendused.

Paigaldustarvikud, näiteks installatsiooniklemmid, ühendusrõngad, juhtmekaitse-lülitid ja süvistatavad karbid paigutatakse isolatsioonimaterjalist karpi, -korpusesse vm. ruumi. Süsteemis võib vajadusel lisaks selleks sobivatele tavalistele pind- või süvistatud paigalduseks mõeldud paigaldustarvikutele kasutada ka erikonstruktsiooniga paigaldustarvikuid. Kui ühendusruum on väiksem kui tavalistes jaotus- ja ühenduskarpides, on see enamasti varustatud standardsete klemmidega või tootja on ühendusruumis lahtiste klemmide arvu ja tüübi (ehituse) selgesti tähistanud.

Süsteemist väljaspool olevasse elektrikilpi, aparati vm. paigaldatav juhe peab olema kaitseisolatsioonile vastavalt isoleeritud, nt. kaabel või isolatsiooniga juhtmed isolatsioonitorus. Toru või juhe ühendatakse süsteemiga vastavalt paigaldusjuhisele ühendusmuhvi või muu sisseviiguava kaudu või analoogselt viisil.



**Joonis 9.16. Teisaldatav juhtmekanal bürooruumidesse (MEKA).**

Ava teravad servad tuleb ümardada või paigaldada juhtmeid kaitsev spetsiaalne äärrik. Elektrikarbiku süsteemis on ava tegemine paigalduskohal lubatud juhul, kui see ei kahjusta süsteemi. Peale juhtmeavade toorikute avamist ei tohi süsteemi ühendusruumidesse paigalduskohal uusi avasid enam teha. Paigaldustoru ühendamisel tuleb kasutada isolatsioonimaterjalist ühendusmuhvi või tagada muul viisil, et toru ei saaks nihkuda juhtmeruumi. Teatud liini kõik juhtmed paigaldatakse samasse juhtmeruumi. See ei kehti kaitsejuhtme ega potentsiaalide ühtlustamise juhtme kohta.

Karbikutes ja juhtmekanalites tuleb kasutada vaid isoleeritud kaableid. Karbikute tugevvoolukaablina on kasutatud isoleeritud MMJ-juhet ning vanemate paigaldustööde puhul MEK-tüüpi juhet. Nõrkvoolutööde puhul võib kasutada näiteks MHS-, TELLU- või JAMAK-tüüpi kaableid. Analoogsete praegu turul pakutavate kaablite kasutamine on lubatud ka juhtmekanalisisüsteemides.

Aparaadid paigaldatakse peale põhjarkarbikute või põhjakanali paigaldamist. Lülitid ja pistikupesad kinnitatakse karbikusüsteemis otse selle süsteemi jaoks sobiva paigaldusaluse külge. Peale juhtmete ühendamist paigaldatakse lülitite, karbikute ja pistikupesade kaaned.



---

**Joonis 9.17. Karbikusse paigaldamine kapitaalremondi objektil (Schneider).**

---



---

**Joonis 9.18. Karbikusse paigaldamise lahendus välismaal (Schneider).**

---

## 9.1.9 PAIGALDUSRENN

Kattekaane kasutamine kaablite kaitseks on võrreldav paigaldusrenni paigaldamisega.

Paigaldusrenn pakub vaid mehhaanilist kaitset ja paigaldusrennis teostatud paigalduse puutekaitse või IP aste peab vastama konkreetse ruumi nõuetele ka ilma rennist tuleneva täiendava kaitseefektita.

Paigaldusrenni abil teostatud paigaldustöö kohta kehtivad lisaks üldistele paigaldusnõuetele rakendatavuse piires ka kaablipaigalduste ja juhtmekanalisisüsteemide kohta kehtivad nõuded.

Paigaldusrennis kasutatakse tavapäraseks pind- ja süvistatud paigalduseks mõeldud paigaldustarvikuid. Juhtmetena kasutatakse isoleeritud kaableid (nt. MMJ, MHS vms.). Kasutada võib ka isolatsioonitorusse (JM, TAM vms.) paigaldatud isolatsiooniga kaetud juhtmeid (ML, MK, H07V, H07V3).

Metallist paigaldusrenni kasutamist tuleb vältida. Kui renn või selle kaas on metallist, tuleb hoolitseda kaitse puutepeinge eest samal viisil nagu juhtmekanalüsteemides kas kaitsemaanduse või täiendava isolatsiooni abil. Lahtisi isoleeraineribasid vms., mis võivad kaduda või näiteks kaane avamisel puruneda, ei peeta vahekauguse tagamise nõude täitmisel piisavaks.

Paigaldusrenni võib kasutada ehitusliistude asemel kaablite katteliistuna. See kinnitatakse renni külge kinnitusavade või tähistatud kinnituskohade kaudu. Kinnitus teostatakse kruvide abil või vastaval viisil selliselt, et kruvi või muu kinnitustarvik ei saaks kinnitamisel juhtmeruumi tungida.

## 9.2 SÜVISTATUD PAIGALDUS

### 9.2.1 PAIGALDUSTORUSÜSTEEMIDE KONSTRUKSTIOONID

Paigaldustorudena, -torutarvikutena ja karpidena kasutatakse nende kohta kehtivates standardites toodud tooteid.

Olulisemad paigaldustorusüsteemi käsitlevad standardid on

- EN 61386-1. Elektrijuhistike torusüsteemid. Osa 1: Üldnõuded.
- EN 61386-21. Torusüsteemid kaablite paigaldamiseks. Osa 21: Erinõuded: Tüüp torusüsteemid.
- EN 61386-22. Torusüsteemid kaablite paigaldamiseks. Osa 22: Erinõuded: Poolpaindlikud torusüsteemid.
- EN 61386-23. Torusüsteemid kaablite paigaldamiseks. Osa 23: Erinõuded: Paindlikud torusüsteemid.
- EN 60423. Kaablite torupaigaldussüsteemid. Elektripaigaldustorude välisläbimõõdud ning torude ja garnituuri keermed.

Ehitusstandarditele vastavad paigaldustorud on nt. tüüp isolatsioonitorud (nt. jäik plasttoru JM), tüüp metalltorud (nt. jäik alumiiniumtoru JAPP) ja painduvad isolatsioonitorud (nt. painduv plasttoru TAM). Paigaldustoru ja torutarvikute valikuks vajalikud klassifitseerimisandmed on toodud standardi toru ja torutarvikute kooditähistes.

#### 9.2.1.1 Torusüsteemide klassifikatsioonil põhinevad kooditähised

<i>Esimene number</i>	<i>Survetugevus</i>
Väga kerge konstruktsiooniga	1
Kerge konstruktsiooniga	2
Keskmise tugevusega	3
Tugev	4
Väga tugev	5

<i>Teine number</i>	<i>Löögikindlus</i>
Väga kerge konstruktsiooniga	1
Kerge konstruktsiooniga	2
Keskmise tugevusega	3
Tugev	4
Väga tugev	5
<i>Kolmas number</i>	<i>Madalaim kasutus- ja paigaldustemperatuur</i>
+5°C	1
-5°C	2
-15°C	3
-25°C	4
-45°C	5
<i>Neljas number</i>	<i>Kõrgeim kasutus- ja paigaldustemperatuur</i>
+60 °C	1
+90 °C	2
+105 °C	3
+120 °C	4
+150 °C	5
+ 250 °C	6
+ 400 °C	7
<i>Viies number</i>	<i>Painutuskindlus</i>
Jäik	1
Poolpainduv	2
Poolpainduv/isetaastuv	3
Painduv	4
<i>Kuues number</i>	<i>Elektrilised omadused</i>
Ei ole määratletud	0
Elektrit juhtiv	1
Isoleeriv	2
Elektrit juhtiv ja isoleeriv	3
<i>Seitsmes number</i>	<i>Kaitse tahkete ainete sisse tungimise eest</i>
Kaitstud üle 2,5 mm diameetriga võõrkehade eest	3
Kaitstud üle 1,0 mm diameetriga võõrkehade eest	4
Tolmukaitstud	5
Tolmutihe	6

<i>Kaheksas number</i>	<i>Kaitse vee sissetungimise eest</i>
Ei ole määratletud	0
Kaitstud vertikaalselt tilkuva vee eest	1
Kaitstud vertikaalselt tilkuva vee eest, kui torusüsteem on 15° võrra kallutatud	2
Kaitstud sademete eest	3
Kaitstud veepritsmete eest	4
Kaitstud veejoa eest	5
Kaitstud tugeva veejoa eest	6
Kaitstud lühiajalise vette uputamise mõjude eest	7

<i>Üheksas number</i>	<i>Metalli- ja komposiittorusüsteemide korrosioonikindlus</i>
Kergelt seest ja väljast kaitstud	1
Hästi kaitstud seest ja väljast	2
Hästi kaitstud seest ja väga hästi kaitstud väljast	3
Väga hästi seest ja väljast kaitstud	4

<i>Kümnes number</i>	<i>Tõmbekoormuse taluvus</i>
Ei ole määratletud	0
Väga kerge konstruktsiooniga	1
Kerge konstruktsiooniga	2
Keskmise tugevusega	3
Tugev	4
Väga tugev	5

<i>Üheteistkümnes number</i>	<i>Põlemisomadused</i>
Mittesüttiv	1
Põlemist jätkav	2

<i>Kaheteistkümnes number</i>	<i>Riputuskooormuse taluvus</i>
Ei ole määratletud	0
Väga kerge konstruktsiooniga	1
Kerge konstruktsiooniga	2
Keskmise tugevusega	3
Tugev	4
Väga tugev	5

### 9.2.1.1 Näide paigaldustoru tähistuse kohta

Tootenimi JM 20 34411265-010 S,D, N, FI JM 20 jäik plasttoru, diameeter mm 34411265-0101, klassifikatsioonikood, vt. eespool S, D, N, FI testimisasutuste tähised

## 9.2.2 TORU VALIK PAIGALDUSVIISI JA KOHA ALUSEL

Toru ja selle tarvikud valitakse selliselt, et toru omadused, näiteks mehhaaniline tugevus, kaitseaste, korrosioonikindlus, temperatuuri ja uv-kiirguse taluvus oleks kavandatud kasutusotstarbeks piisavad.

Juhtmete suurte ristlõigete ja korrosioonitaluvuse tõttu võib paigaldustoruna kasutada ka muuks otstarbeks nt. vee- või kanalisatsioonitoruks ette nähtud torusid. Tuleohtlikke paigaldustorusid, näiteks süttivast polüeteenist valmistatud veevärgitorusid võib kasutada ehitiste elektripaigaldistes vaid siis, kui need on kogu ulatuses paigutatud mittesüttivast materjalist ümbrisesse, näiteks betoonist või liivaga täidetud kanalisse.

Paigaldustorude ja torutarvikute mehhaaniline omadus ja kaitseaste valitakse tabeli 9.1 alusel.

**Tabel 9.1. Paigaldustoru minimaalne mehhaaniline tugevus ja kaitseklass aste erinevate paigaldusviiside ja -kohtade puhul.**

Paigaldusviis ja -koht	Tugevusklass	Kaitseklassaste
<b>Süvistatud paigaldus:</b>		
monoliitbetoon	3	IP32
puhutud täitematerjal <sup>1</sup>	2	IP40
krohv	1	IP32
surutud täitematerjal <sup>1</sup>	3	IP40
ripplaed, elektrijuhtmetega piidad jne.	1	IP30
<b>Pindpaigaldus torusse<sup>2</sup>:</b>		
isolatsiooniga juhe <sup>3</sup>	2	IP30
kaabel	1	IP30
isolatsioonita juhe	1	IP30
(maandus- või potentsiaali ühtlustamise juhe)		

1. Enamasti täitematerjali sisse ei paigaldata.
2. Kui paigalduskoht võib olla mehhaaniliste löökide objektiks, tuleb kasutada vähemalt 4. tugevusklassi toru ja torutarvikut.
3. Vt. ka tabel 9.2.



(Soomes) Turul olevad jäikade ja poolpainduvate plasttorude tugevusklass on enamasti 3. Suurimad JM 50-tüüpi torude tugevusklass võib olla ka 5. Alumiiniumist paigaldustorud on enamasti tugevusklassiga 4 ja terastorud tugevusklassiga 5.

Tabelis 9.2 on toodud torutüübid ja nende tugevusklassid.

**Tabel 9.2. Torutüübid ja nende tugevusklassid.**

Tüüp	Nimetus	Suurus	Tugevusklass
JM	Jäigad plasttorud	16, 20, 25, 32,40, 50	3
JMKL	Jäiga plasttoru kaared, 900	16, 20, 25, 32,40, 50	4
TAM	Poolpainduvad plasttorud	16, 20, 25, 32	3
JAPP	Jäigad alumiiniumtorud	16, 20, 25, 40, 50	4
JAPH	Jäiga alumiiniumtoru ühendusmuhvid	16, 20, 25, 40, 50	3
JAPK	Jäiga alumiiniumtoru kaared, 900	16, 20, 25,40, 50	4
JAPJ	Jäiga alumiiniumtoru painutusvedrud	16, 20, 25	4
JP	Jäigad terastorud	25, 32, 40, 50	4
JPH	Jäiga terastoru ühendusmuhvid	25, 32,40, 50	-
JPK	Jäiga terastoru kaared, 900	25, 32,40, 50	5
JPHG	Jäiga galvaanitud terastoru ühendusmuhvid	25,32,40,50	5
JPKG	Jäiga galvaanitud terastoru kaared, 900	25, 32, 40, 50	5
JPP	Jäigad muhviga terastorud	16, 20	5
JPPH	Jäiga muhviga terastoru ühendusmuhvid	16, 20	5
JPPK	Jäiga muhviga terastoru kaared, 900	16, 20	4
TAP	Poolpainduvad terastorud	16, 20, 25, 32, 40	4
TL	Painduvad terastorud	15,18, 22, 28, 36	4
TLM	Painduvad plastkattega terastorud	16,19, 23, 29, 38	4

Torutarvik ja karp peavad kasutatud torutüübi ja –suurusega kokku sobima ning nende mehhaaniline tugevus peab vastama paigalduskohal esinevale koormusele.

### 9.2.3 TORUPAIGALDUSES KASUTATAVAD JUHTMETÜÜBID

Torusse võib paigaldada järgmisi juhtmetüüpe:

- Kuivas ruumis isolatsiooniga juhtmeid (nt. H07V või H07V3 või ML või MK).
- Niiskes ja märjas ruumis pinna alla süvistatud isolatsioonitorusse paigaldatud juhtmeid (nt. H07V või H07V3 või ML või MK).
- Kõikides ruumides isolatsiooniga kaableid.
- Kõikides ruumides kaitsejuhtmeid (kaasa arvatud maandusjuhtmed ja potentsiaali ühtlustamise juhtmed), kui torus ei ole muid juhtmeid. Kui isolatsioonita juhe tuleb paigaldada metalltorusse, tuleb arvestada niiskusest vms. tuleneva korrosioonihuga.
- Elektriseadme poolpainduv ühendusjuhe, kui paigaldustoru kaitseb juhett mehhaanilise vigastuse või kuumade pindadega juhusliku kokkupuute eest.

Toru ja torutarviku madalaim kaitseaste erinevates ruumides määratakse tabeli 9.3 alusel.

**Tabel 9.3. Paigaldustorude, torutarvikute ja ühenduste kaitseklassid aste isoleeritud juhtmete kasutamisel<sup>1</sup>**

Paigaldustoru, torutarvik ja ühendus	Ruum (paigaldustarviku keskkond)					
	Kuiv	Niiske või tilkuva vee alla jäävad	Märg või pritsiva vee alla jääv	Veejoa alla jääv	Söövitav	Tuleohtlik
Kaitseklass	IP30	IP33	IP34	IP55	IP342	IP34 <sup>2</sup>

- 1 Ei kehti eraldi kaitsejuhtmete mehhaaniliseks kaitseks kasutatavate torude kohta.
- 2 Lisaks kaitseklassile astmele tuleb arvestada paigaldustarvikute vastupidavust söövitava aine suhtes.

## 9.2.4 TORUDE PAIGALDAMINE

Paigaldustorude ja –karpide kinnitus peab alati olema kindel ning selline, et võõrkehade kogunemine neisse oleks takistatud ja et juhtme vedamine torusse ei kahjustaks isolatsioonikihti. Torud tuleb kinnitada kohale enne juhtmete vedamist.

Vertikaalsesse torusse veetud juhe tuleb vertikaalse löigu ulatuses kinnitada vajadusel selliselt, et juhtme oma raskus ei tekitaks ülemäärast koormust. Kaabel kinnitatakse tootja poolt määratud juhiste kohaselt.

## 9.2.5 PAIGALDUSTORU JA KARPIDE KÄITLEMINE, PAIGUTUS JA KINNITAMINE

Paigaldustoru painutamisel või löikamisel või muul viisil käitlemisel tuleb toimida vajaliku ettevaatlikkusega ning kasutada sobivaid töövahendeid ja meetodeid, et vältida toru kokkusurumist või murdmist ning selle otstes kaabliisolatsiooni kahjustavaid löikeservade teket. Toruotsa tuleb vajadusel ümardada või kasutada toru otsamuhvi.

Paigaldustoru koos harukarpide, aparaaditooside ja jätkudega kinnitatakse või toestatakse kindlalt kohale. Toru ja selle tarvikute kinnitusseadmed ei tohi toru kahjustada. Torude otste ühendamine üksteisega või harukarpidega, aparaaditoosidega ning kinnitamine paigalduspinnale tuleb teostada selliselt, et ühenduskoht ei saaks ehitustööde ajal, näiteks betooni valamisel või seina täitematerjali paigaldamisel ega kasutamise ajal kahjustuda või avaneda ning et toru ei liiguks liiga sügavale harukarbi või aparaaditoosi sisse. Toru ühendatakse harukarbiga, aparaaditoosiga või kilbiga metallist või isoleerainest muhvi abil või muu samalaadsel viisil.

Püsivalt seina sisse paigaldatav juhtmesüsteem tuleb paigaldada püstloodselt, rõhtsalt (paralleelselt) või ruumi seinakonstruktsioone järgides.

Seintesse paigaldatud juhtmesüsteemid nt kiviseina paigaldatud toru või kaablit, puit- või analoogse materjaliga seinasse paigaldatud toru või kaablit, mis kulgeb kaabli või toru läbimõõdu suurusega, peab olema paigaldamis asukohaga aimatav. Juhtmesüsteemid tuleb paigaldada selliselt, et seadmeni veetud juhtme või kaabli liikumissuunda saaks määratleda ja seina sisse maalide riputamiseks mõeldud konksude puurimisel ei ole kaabeldus ohustatud. Juhe on sellisel juhul veetud seadmest püstloodis või rõhtsalt (hea tava kohaselt 10-30cm rõhtsalt ehituskonstruktioonis). Näiteks kaldlaega pööningukorteris võib juhe olla veetud lae ja seina moodustatud nurga suunas.

Kui tegemist on puitkonstruktsiooniga või analoogsesse seina tehtud süvistatud paigaldusega, milles torud võivad veidi liikuda, või ilma toruta paigaldamisega konstruktsioonide sisse või süvisesse, võib juhtme vedada kõige otsemat teed (sellisel juhul on soovitatav teha kaetud tööde fotod).

Konstruktsioonide sisse paigaldatud, kinnitamata juhtmetiku võib vedada kõige lühemat teed pidi. Laes või põrandal tuleb juhtmete vedamise suuna alati vabalt valida (sellisel juhul on soovitatav teha kaetud tööde fotod).

Kondensvee tekke ärahoidmiseks tuleb torud köetavas ruumis paigaldada selliselt, et toru erinevate osade vahele ei tekiks suuri temperatuurierinevusi. Külmast ruumist sooja ruumi tõmmatud torus tuleb juhtmete ja toru sisepinna vaheline ruum õhuringluse takistamiseks lühikese lõigu osas tihendada (sobiva termokahaneva otsikuga).

Torud seintes ja laes tuleb enamasti paigutada soojusisolatsiooni soojale poolele, kuid sauna leiliruumi paigaldamisel - soojusisolatsiooni välisküljele (külmale poolele kuni 5cm). Tuleb hoolikalt jälgida, et toru ei jääks soojusisolatsiooni sisse. Kui toru tuleb läbiviikude vms. tõttu paigaldada soojusisolatsiooni sisse, tuleb kindlasti arvestada sellest juhtme koormustaluvusele tulenevat korrektsioonikoefitsienti (juhtmele lubatud koormusvoolu). Korrektsioonikoefitsienti tuleb arvesta ka siis, kui mitu toru tuleb samasuunaliselt paigaldada pikema lõigu ulatuses üksteise lähedale või kui torud tuleb paigaldada ehitise ossa, kus näiteks kütteseadme läheduse tõttu on temperatuur oluliselt kõrgem kui ehitise teistes osades (loomulik soojusemssioon ümbritsevasse keskkonda on pärsitud).

Sellisesse kohta, kus toru võivad madalal temperatuuril tabada löögid või tugev vibratsioon, võib paigaldada ainult metalltoru või temperatuuriklassile 45 vastava isolatsiooni- ja kombineeritud toru. Enne plasttoru painutamist madala temperatuuriga keskkonnas tuleb seda vajadusel soojendada või kasutada tehases torukaari (painutusvedrusid).

Plastist paigaldustoru ei paigaldata kuumas ruumis, kus toru kasutustemperatuur – arvestades ka toru sees olevate pingestatud juhtide töötemperatuur on pikemat aega üle 60 °C.

Torusuurust saab teise vastu vahetada kas üleminekumuhvi abil või kasutades nn. teleskoopliidest, kus üks toru lükatakse piisavalt sügavale teise sisse. Selline võte tuleb

kõne alla eriti siis, kui on näiteks kasutatud erinevate mõõtmetega vanu torusid, mida tahetakse ühendada uute torudega. Sellisel juhul tuleb ühenduskoht (jätkuühendus) mõlemalt poolt hoolikalt kinnitada. Ka selline ühendus peab vastama tihendusklassi nõuetele. Teleskoopliides ei taga piisavat kaitset niiskuse sissetungimise eest. Vee sissetungimise takistamiseks tuleb liides teostada selliselt, et piki toru valguv niiskus ei saaks sisse tungida, st. suurem toru paigutatakse kõrgemale.

Keermestamata torult keermestatud torule üleminekul ei pea üleminekumuhv (jätkühendus)olema keermestatud. Toruliides peab olema kindel ja nii tihe, et see vastaks kaitsetastmelt toru paigaldusviisile ja -kohale ning kasutusruumile (vt. tabelid 9.1 ja 9.3). Võõrkehade soovimatu sissetungimine harukarpidesse, aparaaditoosidesse ja torudesse tuleb ära hoida ka paigaldus- ja ehitustööde ajal.

## 9.2.6 BETOONKONSTRUKTSIOONIDESSE PAIGALDAMINE

Betoonkonstruktsioonideks on enamasti aluspõrand, vahelaed ja pööningulaed, talad, postid ja seinad. Need toimivad ka ehitise kandekonstruktsioonidena. Paigaldatavad kaablite (juhistike) torud ei tohi nende konstruktsioonide tugevust mõjutada, seega tuleb torude paigutust ja torude suurust enamasti konstruktsioonide projekterijaga kooskõlastada ning leppida kokku kasutatavate torude paigutuskohad ja läbiviigid. Läbiviigid on toodud konstruktsioonide projekterija poolt koostatud avajoonistes ning avad teeb enamasti peatöövõtja (ehitaja).

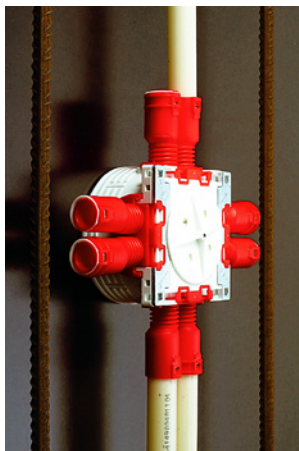
Torude paigaldamisel tuleb jälgida, et torud ei nõrgestaks heliisolatsiooni erinevate ruumide või korruste vahele mürasildade moodustumisega. Selleks tuleb vältida ahelakujulist torude vedamist ning kasutada vajadusel läbiviikude tihendamist.

Enamasti kasutatakse plasttoru, kui mehhaanilised, tihedus-, häiretõkke- vms. vahendid ei eelda metallist torude kasutamist. Varjendis tuleb kaitse läbiviigitorud paigaldada siseministeeriumi poolt väljastatud juhiste alusel, kasutades metallist, ankurdatud toru ja lubatud tihendusjätke (ja muid vastava asutuse poolt ettekirjutatud juhiseid).

Torud ja harukarbkariid, aparaaditoosid tuleb kinnitada hoolikalt, et need betooni valamise ajal ei murduks või ühenduskohtadest lahti ei tuleks. Ühenduskohad tuleb vajadusel mõlemalt poolt kinnitada paigaldusaluse külge.

Torud tuleb vedada väikese paindevaruga, et need ei murduks ega tuleks lahti armatuuri liigutamisel. Betooni paigaldamine, betooni armatuuri tõstmine ja betooni tihendamine vibreerimisega võivad kergesti torusid ja harukarpe ja aparaaditooside vigastada.

Betooni valamise ajal tuleb hoolikalt jälgida, et kaabli kaitsetorud jääksid vigastamata. Ummistunud toruühenduse avamine peale betooni kivistumist on väga keeruline. Pikki katkematuid torusid tuleb vältida, kasutades piisaval arvul vahekarpe, siis on ka juhtmeid hõlpsam vedada ja kahjustatud toruvahemiku leidmine on lihtsam.



**Joonis 9.19. Torude paigaldamine betoonirakisisse (Schneider).**

Torude paigaldamist betoonkonstruktsioonidesse piiravad tavaliselt järgmised seigid:

- Kandva plaadi aluspind on enamasti tõmbepingel all ja torusid ei saa vedada vahetult plaadi alumisele pinnale, vaid need tuleb paigaldada ühendusarmatuuri kohale. Võimalike lakke tehtavate kinnituste puhul tuleb tagada 4-5 cm vahekaugus lae alumisest pinnast.
- Torusid ei paigaldata enamasti taladesse, postidesse, sildeavadesse või TT-plaati.
- Horisontaalsete torude paigaldamist kandvate seintesse tuleks vältida.
- Torusid ei paigaldata kõrvuti suurte “vaipadena”.
- Miinimumnõue on toru suurusel vastav paigaldusvahe ja ka nii paigaldades tuleb torude arvu piirata 4-5 toruga, mille järel peab jääma sama palju betoonisegu enne järgmist torudegruupi. Torude sellist paigutust nõuab ka juhtmete koormustaluvus (lubatud koormusvoolud).
- Elektrikilbi läheduses tuleb osa torusid paigutada pindpinnapealse paigaldusena selliselt, et ei tekiks liiga suurt “toruvaipa”.
- Torude paigaldamist põranda pinnale tuleb vältida, et vaheseinad, künnised vms. kinnitused ei vigastaks torusid.
- Konkreetse paigaldusobjekti kohta saab vajadusel täpsemaid juhiseid konstruktsioonide projekterijalt.
- Trepimademetele vms. torude paigaldamisel paigutatakse torud armatuurivõrgust allapoole.

Harukarbid, torud ja läbiviigumuhvid dimensioneeritakse ja paigaldatakse peale rakiste paigaldamist. Dimensioneerimise lähteandmed annab ehitustöövõtja. Torude jätkamiseks ja lõpetamiseks valuvormis tuleb kasutada nõuetekohaseid läbiviigu- ja jätkühendusi mis takistavad betooni valgumist torusse, ning need eemaldatakse rakisemonteerimise käigus.

Selliste paigaldusvahemikega, kus betoonikiht valatakse veekindlana või kasutatakse erinevaid niiskusisolatsioonikihte, tuleb veenduda, et torud ei raskendaks veetiheduse tagamist ega nõrgendaks isolatsiooni. Sellistesse konstruktsioonidesse ei tohi jätta nt. harukarpe, ühendustoose või torude ühenduskohti ja konstruktsioonist ülespoole suunduvad torud tuleb varustada veisolatsiooni tagavate jätkude ja äärikutega.

Kui suuremõõtmelistes valatud konstruktsioonides tuleb torusid vedada üle deformatsioonivuukide, peab torude paigaldamisel veenduma, et ka elektrijuhtmestiku torud toimivad deformatsioonivuugi kohal paindlikult ning erinevate materjalide soojuspaisumised ei kahjusta toru või selle sisse paigaldatud juhtmeid.

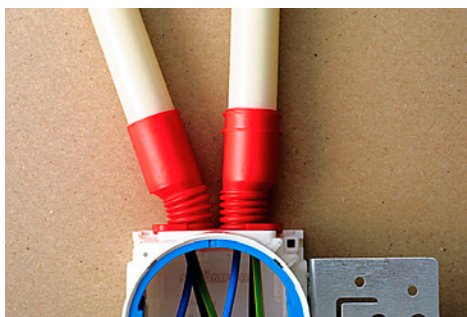
## 9.2.7 PAIGALDAMINE PANEELIDESSE

Peamised põhimõtted paneelidesse paigaldamisel on samad nagu ka betoonkonstruktsioonidesse paigaldamisel. Ehituspaneelid valmistatakse tehases ning nende

ladustamine, vedu ja paigaldamine seavad torude paigaldamisele täiendavaid tingimusi.

Paneelidesse paigaldatavad torud tuleb lõpetada ja kaitsta selliselt, et torude otsad paneelide veol ja käitlemisel ei kahjustuks.

Paneelidesse tuleb toru otsa kohale jätta 200 mm paigaldusruumi, mis võimaldab painutada toru otsa teise paneeliga ühendamisel ja paigaldada ühendusjätku õigesti. Paigaldusruumi võib tagada ka selleks otstarbeks sobiva torutarviku abil.



---

**Joonis 9.20. Kaasajal on rohkesti erinevaid kaeluse variante (Eestis suhteliselt vähe kasutatav)(Schneider).**

---

Teise paneeliga ühendatavas torus võib olla vaid laugeid paindeid.

Paneelide konstruktsioonijoonised on enamasti tehtud mõõtkavas 1:20, nendes on toodud nähtavad torud, harukarbid jms. koos mõõtmetega. Elektriskeemi tasapinnalised joonised on enamasti koostatud mõõtkavas 1:50. Tasapinnalised joonised, millel on toodud vajalikud torud ja harukarbid, aparaadtoosid tuleb õige lõpptulemuse tagamiseks projekteeride ja väljaehitada.

Paneelide tööstuslik tootmine põhineb enamasti toodete korduval kasutamisel. Torud ja harukarbid tuleb sellisel juhul teha nii, et harukarbid tuleksid kergesti lahti toodeted kattete avamisel.

Õõntesse tehakse ehitusobjektidel karkassi paigaldamise ajal vajalikud avad ning läbi-viigutorud paigaldatakse järelvalukanalitesse. Juhtmegrupid võib tööde kuhjumise vältimiseks paigaldada õõntesse juba eelnevalt. Sellisel juhul on valgustite toitejuhtmete otsad rippumas laepaneelist juba enne lae pinnatöötlust.

Õõnespaneelide elektripaigaldustööd tehakse kolmes etapis:

- Torude vedamine
- Juhtmete vedamine
- Seadmetooside ja seadmete paigaldamine ning ühendamine.

Torud veetakse kandvatesse vaheseintesse paneelide tehases valamise käigus või ehitusobjektidel. Paneelide paigaldamise käigus ühendatakse torud plaatide õõntes või plaatide otsavuukides tehtud kinnitustega.

Torud veetakse kergetesse vaheseintesse ehitusobjektidel vaheseinte püstitamise ajal. Vannitoa ja tualettruumipaneelide torud veetakse tehases paneelide valamise käigus ning paigaldustööd saavad lõppviimistluse ja ühendatakse korteri elektrisüsteemiga ehitusobjektidel.

Kui kõik torud on paigaldatud, veetakse torudesse kaablid. See toimub näiteks tõmbevedru abil, mis lükatakse olemasolevate torude kaudu õõnde ja veetakse kaablid õõne kaudu torudesse.

Lisaks õõntele võib juhtmed vedada ka õõnespaneelide piki- ja põikivuukides. Sellisel juhul tuleb siiski tagada, et see töö ei halvendaks vuugiarmatuuri naket ega toimivust. Katseliselt on tõestatud, et neli toru ei nõrgesta oluliselt vuuki vertikaalsuunaliste seinakoormuste suhtes.

Seina veetakse torud kas paneelitehases või kohapeal betoonitööde käigus. Seinaveetud torud ühendatakse painutatud toru abil plaadi õõnde. Õõne plastkorgil on toru jaoks avatoorik.

## **9.2.8 PAIGALDAMINE MÜÜRITUD SEINAKONSTRUKTSIOONIDESSE**

Müüritud konstruktsioone tehakse kas tavalistest tellistest või kergkruusaplokkidest.

Kergkruusaplokkidesse võib torud paigaldada peale ladumist, sellisel juhul konstruktsioonidesse freesitakse sooned, nendesse paigutatakse torud ja seejärel krohvatakse sooned uuesti kinni.

Tavalistesse tellisseintesse paigaldamisel tuleb torude vedamise kohad hoolikalt läbi mõelda. Horisontaalseid toruühendusi tuleb vältida ja torud tuleb paigutada võimalust mööda seina ümbritsevatesse konstruktsioonidesse (aluspõrand ja vahelagi, uksepiidad jne.) ning vedada vajalikele seadmetele toite tagavad torud müüritisse. Torude vedamine raskendab alati müüri ladumist, kuna selleks, et seinas oleks ruumi torudele, telliseid tuleb lõigata ja uuristada. Augulisi või torusoonega varustatud telliste kasutamise puhul on paigaldamine lihtsam.

Torude ja harukarpide, aparaaditooside ühenduskohad tuleb teostada hoolikalt, sest torude kinnitamine toimub müüriladumise ajal.

Kui torud tuleb vedada plokkidest laotud välisseina konstruktsioonidesse, võib olla mõistlik kasutada karpide paigaldamisel alusrõngaid. Sellisel juhul ei pea toru karpi vedamiseks kasutama põhjakaelust ja on võimalik vältida asjatuid painded. Üks selline ülemäärane paine võib juhtmete paigaldamisel oluliselt raskendada tõmbevedru tõmbamist torudest läbi.

## 9.2.9 PAIGALDAMINE KERGETESSE SEINAKONSTRUKTSIOONIDESSE

Kerged seinakonstruktsioonid on peamiselt puidust või terasest karkassile plaatidest ehitatud seinad. Kasutatakse kips-, puitkiud-, puitlaast-, metall-, klaas- vms. plaate. Seinakonstruktsioonid võivad olla tehases toodetud või paigalduskohas kokku pandud. Enamasti ehitatakse seinad nii, et neid on hiljem lihtne teisaldada või lammutada.

Seinte teisaldatavus eeldab, et neid ei kasutata toruühenduste osana ja torud paigaldatakse seintesse selliste konstruktsiooniosade kaudu, mille toruühenduste lahtivõtmine on lihtne.

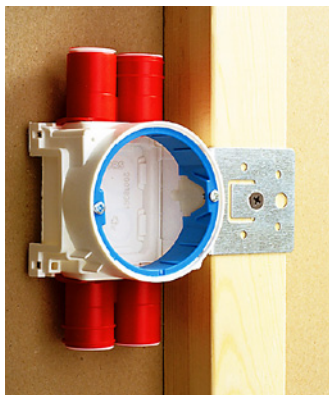
Horisontaalsete toruühenduste paigaldamine seintesse on enamasti tiheda karkassi tappimise tõttu raskendatud.

Torude paigaldamiseks ja harukarpide, aparaaditooside kinnitamiseks tuleb kasutada otstarbekohaseid paigaldustarvikuid, mis võivad olla kas tehases või kohapeal valmistatud.

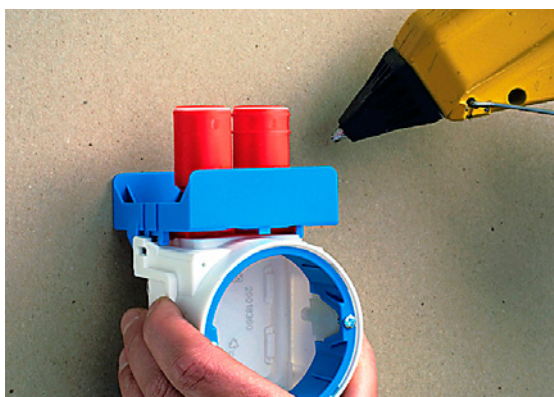


Joonis 9.21. Seadmetoos (karp) süvistatud paigaldamiseks (Schneider).





Joonis 9.22. Seadmetoosi (karbi) alternatiivsed kinnitusviisid (Schneider).



Joonis 9.23. Seadmetoosi (karbi) alternatiivsed kinnitusviisid (Schneider).

## 9.2.10 PAIGALDAMINE PALKKONSTRUKTSIOONIDESSE

Vertikaalsuunas liikumisel on teleskoopliitmiku kasutamine põhjendatud palkkonstruktsioonide vajumisega ning sellest tuleneva plasttorude pikkuse korrigeerimise vajadusega. Kilpides ja karpides tuleb siiski kasutada plasttorude ühendusmuhve. Palkhoonete rajamisel võib kasutada ka ilma toruta süvistatud paigaldusviisi ning madalpinge juhtmeühendusega juhtimislüliteid.

## 9.2.11 PAIGALDAMINE RIPPLAE TAHA

Torude paigaldamine vahelae ja pööningu vahelae vahelisse ruumi on analoogne pindpinnapealse paigaldusega. See paigaldusruum võib tekitada probleeme, sest seda vaheruumi kasutatakse ka mitmete muude tehnikaseadmete ja nendega seotud kommunikatsioonide paigaldamiseks. Kaablite paigaldatud torud võivad jääda näiteks ventilatsiooni torude taha või nende kõrvale paigaldatakse küttetorusid vms. seadmeid.

Torude paigaldus tuleb hoolikalt läbi mõelda teiste kommunikatsioonide ja konstruktsioonide projekterijate ning töövõtjatega. Paigaldusruumi planeering ja paigaldustööde ajakavad kooskõlastatakse erinevate töövõtjatega ning märgitakse joonistele, torustike, karpide, ja konstruktsioonide kinnitus. Projekterimistöö lõppfaasis võib koostada kokkuvõtliku koondjoonise elektri-, õhu-, ventilatsiooni-, sprinkleri-, kütte, tarvee- ja kanalisatsioonitorustike joonistest, mis võimaldab kõrvaldada võimalikud kattuvused. Korrigeeritud koondjoonis antakse paigaldajatele kasutamiseks paigaldusjoonisena. Täpsemaks planeerimiseks ja raskesti ligipääsetavate kohtade tarvis võib lisaks koostada ka spetsiaalsed joonised (näiteks läbilõige 1:20), milles on ära toodud erinevate paigaldiste asukohad. Tulevikus selle töö hõlbustamiseks saab kasutada 3D-mudeldamist, mis võimaldab juba projekterimise käigus planeerida kõikide süsteemide jaoks piisavat paigaldusruumi.

Kaabeldustes kasutatavate torude kinnitusvariantidena on näiteks kinnitamine vaheleale paigaldatud kinnitusaluste, ripplae riputustalade või kaabliriulite alumise pinna külge. Enamlevinud paigaldusvead on järgmised:

- Torude kinnitus ei ole nõuetekohane või kinnitus on tehtud ebapiisava kandevõimega konstruktsiooniosa külge.
- Torud on paigaldatud pika “matina”, mis põhjustab koormustaluvuse vähenemist.
- Kasutatakse liiga pikki ühtseid torulõike ilma vahe harukarpideta.
- Hiljem teostatud muu süsteemi detaili paigaldamine on muutnud toru asukoha ebasobivaks.
- Ligipääs harukarpidele on raskendatud.

## 9.2.12 PAIGALDAMINE ELEKTRIKILPIDESSE

Kilbiruumidesse sisenemisel tuleb torud paigutada selliselt, et paigalduse lõpptulemus oleks esteetiliselt korrektne. Tuleb vältida torude asjatut ristumist ja jaotuskilbi ruumi betoonkonstruktsioone ei tohi nõrgestada kaablitorudele avade läbipuurimisega, vaid paigaldust peab piisavalt aegsasti muutma osaliseks pinnapealseks paigalduseks. Hõlbustamiseks paigaldustorude paigutamist võib torustiku viimane osa olla ka painduvast plasttorust.

Ristumiskohtades tuleb üle kontrollida ristumisest tuleneva võimaliku kuumenemise mõju ning määratleda vajalikud korrigeerivad meetmed kõikide lähedal asuvate torudesse paigutatud kaablite (juhtmete) osas.

Torude paigaldamisel tuleks tele- ja turvasüsteemide torud vedada eraldi, eri seintele, eraldi ruumi või eraldi kanalisse, arvestades neid teenindavate kilpide võimalikke asukohti. Torude paigaldamisel tuleb kasutada kilpide koostejooniseid, kilpide elektriskeeme ning arvestada kilbi paigaldusviisi – süvispaigaldus või pinnapealne paigaldus. See annab paigaldajale piisavalt teavet selle kohta kuidas tuleb torud kilbiruumis paigutada.

Torud tuleb enne kilbini jõudmist kinnitada tugevasti aluse külge, selleks kasutatakse näiteks lattkinnitusi või paigalduskaablite kruvikinnitusi. Torud ühendatakse kilpidega nõuetekohaste torukaeluste või toruühendusmuhvide abil.

### 9.2.13 KAABLI (JUHTME) TÕMBAMINE TORUSSE

Enne kaablite (juhtmete) vedamise alustamist tuleb veenduda, et harukarbid koos toruühendustega on paigaldamiseks valmis. Juhtmed, liinid või kaablid tõmmatakse torudesse alles peale veendumist et selleks tööks on kõik valmis. Eriti hoolikalt tuleb kontrollida otse aparaatide, seadmete või kilpidega ühendatavate juhtmete, liinide või kaablite ühenduskohti ja selleks vajalike juhtme-, liini- või kaablipikkusi, et ei tekiks liiga pikki juhtmete, liinide või kaablite ühendusvarusid ega liigset materjalikulu. Kõige paremini aitab läbimõtlemata paigaldusviisi vältida eelnev hoolikas planeerimine ja paigaldajate piisav kogemus. Betoonikihti või müüritisse jäävatel torudel tuleb lasta enne juhtmete vedamist avatud harukarbikaante kaudu tuulduda.

Juhtmete ja kaablite tõmbamist tuleb teha selliselt, et juhi-, isolatsiooni- või kattekiht ei kahjustuks. Elektriliinide paigaldamisel kasutatavate tööriistade hulka, lisaks tavalistele käsitsitööks ette nähtud töövahenditele, kuuluvad ka tõmbevedrud, tõmbeasukad, juhtmepoolid ja tõmbenõõrid. Tõmbenõõrid võib torusse paigaldada ka suruõhu või tolmuimeja abil. See on otstarbekohane viis eriti siis, kui tõmbevedru ei õnnestu korralikult sisse lükata. Juhtmepoolide paigutus ja juhtmete kulgemine toru-des tuleb teostada selliselt, et juhtmed asjatult ei hõõrduks, ei läheks keerdu ega tekitaks tõmbamisel silmuseid. Juhtmete tõmbamisel ei pea neid enamasti kaablirullilt maha tõstma, kuid just juhtide või kaablite tõmbamisel ei tuleb toimida teisiti. Torudesse tõmbamisel tuleb veenduda, et rakendatav tõmbejõud ei ületaks kaablile (juhtmele) lubatud tõmbejõudu. Keelatud paigaldusviis on näiteks kaablite juhtmete kiskumine läbi torude, lauajuppi hoovana kasutades. Selline paigaldusviis viib reeglina juhtme tõmbetugevuse ületamiseni ja isolatsioonikihi vigastamiseni. Torude sisse jäävas juhtmeosas ei tohi olla jätkukohti ega hargnemisi.

Ühtse terastoru kasutamisel tuleb kõik vahelduvvooluahela juhid paigutada ühe toru sisse. Seda tuleb arvestada ka metallkinnitusete kasutamisel ja metallkonstruktsiooniga äärikute paigaldamisel. Nendel juhtudel võib tekkida tulekahju- või lühise oht, kuna isolatsioon või juhtmed kuumenevad üle lubatud temperatuuri. Kuumenemist põhjustavad terases keerisvoolust tekitatud kaod, mis tõstavad kinnitusete toru või ääriku temperatuuri. Selline nähtus on eriti sage suurte koormusvooludega süsteemis, mille üksikud faasid on ümbritsetud metalltoruga. Kui ilmneb ülekuumenemise oht, mis ei võimalda süsteemi kõikide faaside paigutamist samasse torusse, tuleb kaaluda, kuidas vähendada keerisvoolusid.

Samas paigaldustorus võib olla mitu vooluahelat eeldusel, et kõikide juhtmete isolatsioon on valitud nii, et taluda pingelt kõige suurema vooluahela pinget. Erinevate vooluahelate vahekaugus peab olema liitukohtades piisav ja vooluahela ülesehitus selgepiiriline. Arvestada tuleb ka paljude vooluahelate mõjuga juhtmete ja liitmike

koormustaluvusele. Hoonete tavaliste elektripaigaldiste puhul on soovitatav kasutada lahendusi, kus ühes paigaldustorus on ainult üks vooluahel.

Kaabli abil siseruumis teostatud paigaldus peaks sisustuslahenduse üldilme seisukohalt olema võimalikult vähemärgatav. Sellisel juhul paigutatakse kaabel sein- või ripplaekonstruktsiooni selliselt, et ainult harukarpide vms. seadmete kaaned jäävad nähtavale. Kaabli võib paigaldada kas torusse või ilma toruta, olenevalt kaabli ehitusest ja paigalduskohast. Kui kaabel paigaldatakse torusse, tuleb toru sisediameeter valida kaabli välisdiameetri alusel, arvestades ka seda, et mitmest juhtmest koosnev kaabel on torusse tõmbamisel jäigem kui PL-, PK-, või MK-juhtmed. Torusse paigaldatava kaabli diameeter võib olla maksimaalselt 75 % toru sisediameetrist. Seda tuleb meeles pidada ka paigaldustoru painutamisel. Kaabli torusse tõmbamisel peab tõmbejõud olema suunatud kaabli soontele ning ei tohi tootja antud piirväärtusi ületada.

Nagu ka pinnapealsepaigalduse puhul, peab kaabli ühendus harukarbiga olema tihe, kui ruum, kus karp paikneb, seda eeldab. Sama kehtib ka harukarbi tihendamise kohta. Otstarbekohane on kasutada harukarpe, mille tihendushülss pinguldatakse kaabli ümber karbi siseküljelt. Harukarbina võib kasutada pinnapealset paigalduskarpi, mille süvistamisel kaabli kesta ja karbi sisekülje vahe tihendatakse tihendusseguga.

Üheks võimaluseks on teha sein sisse nii suur süvend, et harukarpide tihendushülss saab pinguldada ka väljaspool karpi. Membraantihendite kasutamisel sellist tihendamisprobleemi ei teki, seega võib kasutada diameetrilt väiksemat süvendit kui hülssstihendi puhul.

## 9.2.14 ÜHENDAMINE VANADE TORUDEGA

Uute ja vanade erinevate mõõtmetega torude vaheline vastavus on toodud tabelis 9.4. Sulgudes on antud praegu kasutusel olev meetriline keere ja vastav vana Pk-keere. Kui vanade mõõtmetega toru asemel kasutatakse uut toru, tuleb vajadusel paigaldada toru üleminekumuhv. Liitekohas võib kasutada ka teleskoopliitmikku juhul, kui selle paigaldamisel säilitab nõutav juhtmete kaitseaste.

Tabel 9.4. Uute ja vanade mõõtmega torude vaheline vastavus.

Uute mõõtmega torud	Vanade mõõtmega torud		
Kõik torud	M-toru	TM- ja TP-toru	Pp- ja P-toru
16	12,6	13,5	13,2
20	15,8	16	16,4
20 (M20)			17,8 (Pk 13,5)
25 (M25)	19,3	23	17,8 (Pk 13,5)
25 (M25)			19,8 (Pk 16)
32 (M32)	24,9	29	25,3 (Pk 21)
40 (M40)	33,4	36	33,6 (Pk 29)
50 (M50)	43,0	48	43,0 (Pk 36)
63 (M63)			49,5 (Pk 42)

## 9.2.15 SÜVISTATUD PAIGALDUS INSTALLATSIOONTORUDETA

Installatsioonitorudeta süvistatud paigaldust võiks kasutada peamiselt eramajades, saneerimisel ja erilahenduste teostamisel, näiteks kontorite kiirpaigaldussüsteemid vms. Installatsioonitorudeta süvistatud paigaldus nõuab eelnevat hoolikat planeerimist, mille käigus tuleb fikseerida juhtmete arv, tulevased laiendusvajadused vms. Hilisem juhtmete arvu muutmine valmis installatsioonis on keeruline.

Installatsioonitorudeta paigaldamisel tuleb arvestada tulevase laiendusvajadusi. Torudeta installeerimise eeliseks on paigaldustööde väiksem töömaht eriti harukarpide osas. Sellele lisaks on paigaldustöid võimalik teostada katkematult ja vajalike muudatusi teha kiiresti.

Süvistamisel paigaldatakse isoleeritud juhe või kaabel sein-, lae- või põrandakonstruktsiooni õõnsasse ruumi ilma paigaldustoruta. Selline ruum võib paikneda näiteks

- laes pindmise vooderduskihi all
- õõnsates või isolatsioonikihita seintes, kus on isolatsiooni ja seinapinna vahel piisavalt ruumi
- ripplae kohale jäävas ruumis kardinaliistudes, seinakappide soklites vms.

Kaabli paigalduskohas peab olema liikumisruumi: kaabli kummalgi poolel külgsuunas olev vaba ruum peab vastama vähemalt ühele kaabli diameetrile ning kaabli taga - kolmele kaabli diameetrile.

Kaabli paigaldamine installatsioonitoruta kohtades, kus kaabel võib monteerimise või kasutamise käigus mehhaaniliselt viga saada, puutuda kokku teravate metallservadega, kruvidega vms., on keelatud.

Ripplae kohal olevas ruumis on kaableid keelatud paigaldada metallkandurite, torude vms. abil juhul, kui kaablitel puudub tasase põhjaga kaabliriivulitele vastav paigaldussüsteem, mis hoiab paigaldatud kaablid paigal.

Kaablit ei ole lubatud paigaldada soojusisolatsiooni sisse või katta sellega. Metallsukata, mehhaanilise või elektromehhaanilise kaitsekihita kaablit ei ole lubatud ilma kaitsetoruta paigaldada krohvitud või valatud või nendega analoogsetesse ehituskonstruksiooni.

Kaabel tõmmatakse ilma paigaldustoruta õõnsasse ruumi ja jäetakse lõdvaks. Kaabli-paigaldused tuleb teostada selgejooniliselt, vältides ebavajalikke ristumisi. Kaablid võivad paikneda vaid ühel tasapinnal ning peavad olema paigaldatud selliselt, et oleks tagatud piisav ruum kõrvale nihkumiseks näiteks seina naelutamise korral.

Kaablit ei kinnitata kaetuks jääva lõigu ulatuses. Lakke paigaldamisel võib kasutada näiteks ajutisi latte või vastavaid konstruktsioone, mis hoiavad kaableid üleval, kuid ei jää ruumis häirivalt rippuma. Latid eemaldataks lae pinna viimistluse käigus.

Kaabel kinnitatakse selleks ettenähtud ühendustorude või kinnitustega või muul sobival viisil harukarpi, jaotuskilpi vms. või nende vahetus läheduses paikneva paigaldusaluse külge. Kinnitus teostatakse selliselt, et kaabli kest ei takistaks muude seadmete paigaldamist karbiruumi ega võimaldaks kaablil karbist vms. välja liikuda nii, et isolatsioonigakattega juhtmed tuleksid nähtavale.

Ühendustorule lisaks lubatuks kinnitusviisiks loetakse selline viis, mis peab vastu kaabli tõmbele, mida tekitab 12 m rippuv kaabel, kuid on vähemalt 50 N.

Kohtades, kus kaabel võib mehhaaniliselt viga saada, näiteks läbiviigud või deformatsioonivuugid, tuleb kasutada paigaldustoru. Paigaldustoru tuleb kasutada ka paksumest soojusisolatsiooni kihtidest läbi minekul. Kui toru veetakse sooja ja külma ruumi vahele, tuleb kaabli ja toru vaheline pind tihendada õhuringluse vältimiseks.

Paigaldusjärjestus: enne juhtmete paigaldamist teostatakse hoone vundamendi ja betoonitöödega seotud paigaldused. Nende tööde hulka kuuluvad näiteks vundamendi läbiviigud, valamistöödega seotud torude paigaldamine ja tarbija maanduse teostamine.

Paigalduskohal kooskõlastatakse installeerimiseks vajalikud karkassi tehtavad avad ja nende asukohad vms. selliselt, et kogu kaablite kulgemine rühmakeskusest lae kaudu seinakarpideni oleks vaba.

Installatsioonitorudeta süvistatud paigaldust võib alustada, kui katuse sisemine sõrestik ja seinte tugipostid on paigas kuid pinnakattematerjalide paigaldamist ei ole veel alustatud. Seinad võivad olla plaatidega kaetud, kui nendesse on eelnevalt tehtud vajalikud avad ja süvendid.

Rühmakeskus (kilp) paigaldatakse ettenähtud asukohale ning tähistatakse lae- ja seinakarpide (harukarpide, aparaaditooside) asukohad. Juhtmeavade ja seinakarpide puurimist võib teostada jätkuva tööna. Töö käigus vigastatud aurutõkkele kohad tuleb viivitamatult parandada.

Laekarbid kinnitatakse ettenähtud kohtadele ning juhtmete paigaldamist alustatakse seinakarpidest (aparaaditoosidest). Juhe viiakse ülevalt õõnsasse seinasse või tõmmatakse alt tõmbenööri vms abil isolatsiooniga kaetud seinasse isolatsioonikihi ja ehitusplaadi vahelt ülesse. Kui juhe viiakse sisse ülevalt, võib tõmbenööri kasutada loodimisnööri. Juhe viiakse ava kaudu karpi, karp vajutatakse paigale ja juhe lukustatakse kinnitusotsakuga.

Juhte tõmmatakse laekarpidesse katuseliistude ja alussõrestiku vms. vahelt ning sealt edasi kilpi.

## 9.2.16 KAABLITE PAIGALDAMINE ILMA TORUTA KIVIKONSTRUKTSIOONI

### Kasutatavad kaablitüübid

Kaablite paigaldamisel kivikonstruktsiooni ilma mehhaanilise lisakaitseta, näiteks toruta, eristatakse kaht meetodit: kaabli paigaldamine valatud betoonikihti ja kaabli paigaldamine krohvikihile alla kivikonstruktsiooni, tellisesse, kergbetooni või sarnasesse materjali tehtud süvendisse. Nende paigaldusviisidele on iseloomulik see, et juhete ei saa hiljem seinasse osaliselt lõhkumata välja vahetada ja muudatuste vajaduse tekkimisel tuleb kaabel (juhe) uuesti vedada.

Kaabli paigaldamisel valatud betoonikihti kaitsetoruta võib kaablina kasutada mehhaanilise kaitsekihiga kaetud (armeeritud) kaablit või elektromehhaanilise kaitsekihiga kaetud (metallsukaga) jõukaablit nimipingega 0,6/1,0 kV, näiteks kaablitüüpe MCMK või AMCMK.

Krohviga kaetava tellis-, kergbetoon- või sarnase konstruktsiooni sisse tehtud süvendisse võib paigaldada ka mehhaanilise või elektromehhaanilise kaitsekihita paigalduskaableid selliselt, nagu tootja oma paigaldusjuhendis on kirjeldanud.

Muud paigaldustarvikud, näiteks paigaldus harukarbid, aparaaditoosid ja jätkukohad, peavad olema ette nähtud kivikonstruktsioonides kasutamiseks. Betooni või krohvi ei tohi karbi sisse sattuda.

Karpides peab toimuma tõmbe piisav alanemine, et kaabel ei tuleks karbist lahti ja isoleeritud juhtmed ei satuks kokkupuutesse krohvi või betooniga. Karbid kinnitatakse kindlalt enne kaablite tõmbamist.

Jaotuskilbid paigaldatakse enamasti eraldi ruumi, nt. selleks ettenähtud orva, ja jaotuskilbist väljuvad kaablid paigaldatakse algusosa lõigul teisi paigaldusviise kasutades.

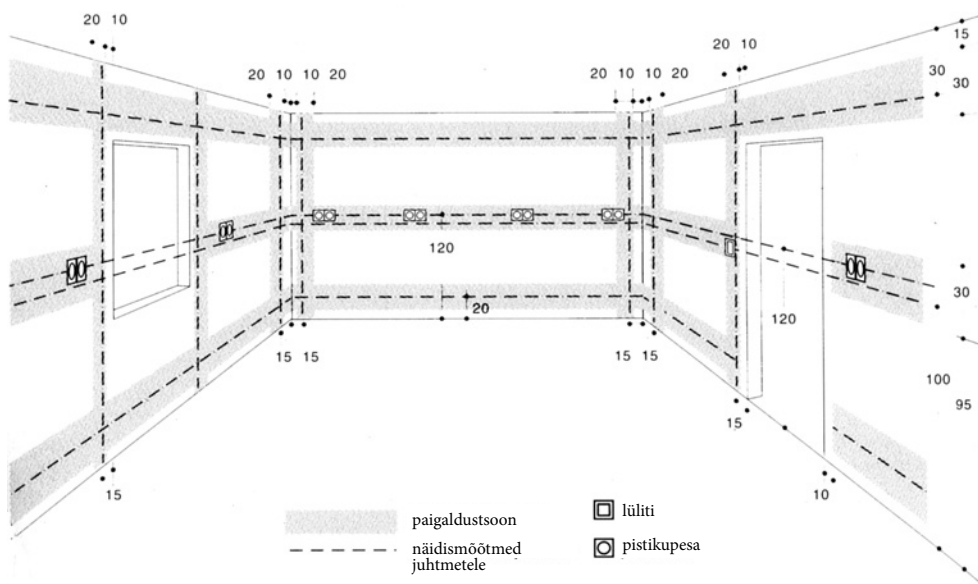
## Paigaldusviis

Jõukaabli paigaldamisel betoonikihti tuleb olla piisavalt ettevaatlik vältimaks kaabli kahjustusi. Kaablid võib vajadusel katta ajutiste kaitsekatetega. Tuleb veenduda, et kaabel jääks valatud kihti piisavalt sügavale. Selleks võib kaablid vajadusel kinnitada nt. betooniarmatuuri külge, kasutades isoleeritud sidemeid, mis ei kahjusta kaablit.

Kaabel paigaldatakse ilma paigaldustoruta kivikonstruktsioonis olevasse soonde ja kinnitatakse vajalikul määral, kasutades selleks sobivaid kinnitusi, mis ei vigasta kaablit. Kaabel kaetakse krohviga. Kaablipaigaldused teostatakse selgepiirilisel, vältides mitte-vajalikke ristumisi. Kaablid paigaldatakse alati ainult ühe kihina.

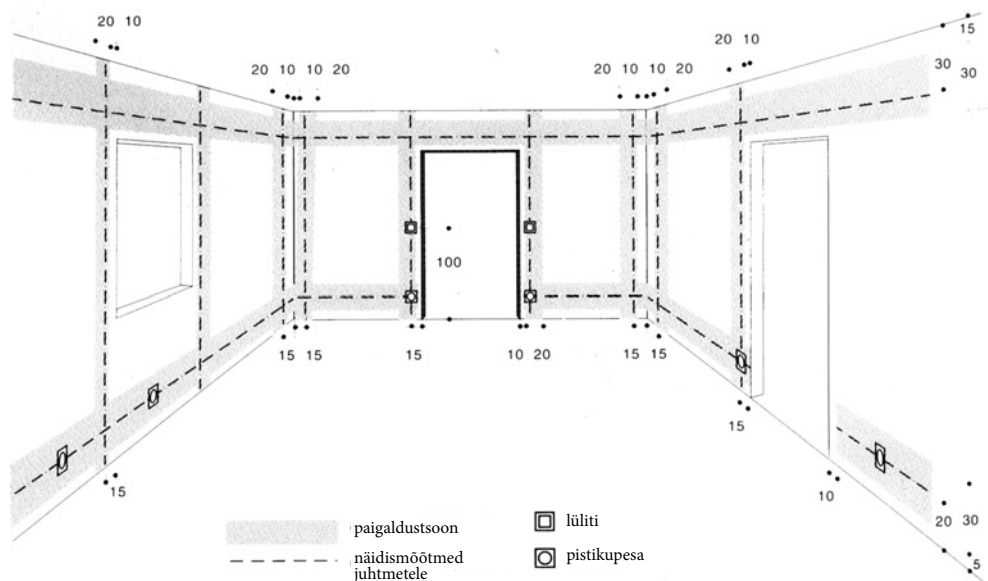
Kaablit ei tohi ilma paigaldustoruta paigaldada kohta, kus see paigaldamise ajal või kasutamisel võib kergesti mehhaaniliselt viga saada. Sellistesse seinakohtadesse, kuhu tõenäoliselt kinnitatakse naelte või kruvide abil katteliiste, sisustuselemente, maale vms, ei tohi kaablit ilma toruta paigaldada. Samas kaablite vedamine nende kohtadega risti on lubatud. Kaablid on soovitatav paigaldada joonistel 9.24 ja 9.25 kujutatud paigaldustsoonidesse. Paigaldustsoonide põhimõtteline joonis on soovitatav kinnitada näiteks ruumi jaotuskilbi lähedusse. Seintes tuleb kaablid paigaldada horisontaalselt, vertikaalselt või hoone külgede suunas. Laes ja põrandal veetakse kaablid siiski kõige otsemat joont pidi.

Kohtades, kus kaabel võib kergesti mehhaaniliselt viga saada, näiteks deformatsioonivuukides, võib metallasukata kaabli täiendavaks kaitsmiseks kasutada paigaldustoru. Torusse paigaldamisest toruta paigaldamisele ülemineku korral tuleb toru otsad tihendada selliselt, et krohv ei satuks toru sisse.



Joonis 9.24. Paigaldustsoonid ja näidismõõtmed köökides ja sarnastes ruumides.





**Joonis 9.25. Paigaldustsoonid ja näidismõõtmed muudes ruumides, v.a. köögid ja sarnased ruumid.**

Kui läbiviike tehakse soojusisolatsiooniga konstruktsioonidesse, näiteks kergbetooni, tuleb arvestada ka kaabli kuumenemist.

Kaabli isolatsioonitakistusi mõõdetakse vahetult peale paigaldamist. Enne paigaldiste kasutuselevõttu teostatakse veel tavapärasel standardis SFS 6000 EVS-HD 60364 osas 6 toodud mõõtmised.

## 9.2.17 HARUKARPIDE PAIGUTUS

Juhtme jätkamine ja hargnemine tuleb teostada hästi ligipääsetavas harukarpis (edaspidi karp). Nõue ei tähenda seda, et karp peab olema vaid nähtaval, vaid ka seda, et karpile on tagatud töötamiseks hea ligipääs. Asukoht võib peale töö jätkamist, näiteks torude paigaldamist muutuda täiesti ebasobivaks.

Karpide paigutamist hästi nähtavatesse kohtadesse seina ja laepindadele tuleb vältida. Näiteks palkseintega kohviku lagi ei näe eriti ilus välja, kui selle paaril ruutmeetril on kümme valget karbikaant. Karpide paigaldusvajadust saab oluliselt vähendada, kasutades valgustitega seotud laekarpe või paigutades karbid ripplae kohale või installeerides karpe nii, et need avaneksid teisejärgulise ruumi poole.

Kui karbid tuleb siiski paigaldada selgesti nähtavatesse kohtadesse, tuleb need paigutada seintele ja lakke ühtselt sama paigalduskõrgust või seinal vahekaugust järgides. Plaaditud seinalle jaotuskarbi paigaldamist tuleb vältida. Karpide süvistamisel tuleb hoolitseda selle eest, et karbi serv ulatuks seina pinnast välja nii, et karbikaane tihendirõngast oleks võimalik suruda serva vastu igast punktist.

Seadmekarbid (aparaaditoosid) paigaldatakse nende kasutusotstarbele vastavastesse kohtadesse seintel ja mujal. Paigutusmõõtmisel tuleb lähtuda tervest mõistusest ja järgida näiteks ST-kaartidel toodud juhiseid. Korterite köökidesse, tualettruumidesse ning üldkasutatavate hoonete ruumidesse, kuhu on planeeritud paigutada mööblit, püsipaigaldusega seadmeid vms., tuleb seadmekarbid paigaldada vastavalt mööbli seinajoonistele.

Kõik karbid peavad olema kantud joonistele, soovitatavalt juba tööjoonistele, kuid kui mingil põhjusel tuleb karpide asukohti või arvu paigaldamise ajal muuta, peab karbid kandma lõplikele joonistele mõõtkava täpsusega.

## 9.2.18 KARPIDE TÄHISTAMINE

Karpide tähistamine suurtes ruumides, näiteks tööstushoonetes, on vältimatult vajalik. Karbitähiste puudumine vähendab olulisel määral jooniste kasutusväärtust. Paigaldusruumis paiknevad tähistamata karbid muudavad paigaldiste hoolduse, täiendamise, veaotsingu jne. väga aeganõudvaks. Lisaks võib tähistamata jätmise põhjustada ka hooldus- ja ümberehitustöodes muidu välditavaid käidutoimingutest põhjustatud pingekatkestusi, valesid ühendusi vms.

## 9.3 MAAKAABLI PAIGALDAMINE

Kaabli välise kaitsekesta materjal ja soonte isolatsioon peab vastama kasutuskohal esinevatele ümbritsevatele oludele. Kaablit võib kõikides ruumides paigaldada ka pinnasesse või vette sel eeldusel, et kaabel on selleks otstarbeks mõeldud. Olulisemad ümbritsevad mõjud on:

- mehhaanilised jõud (löögid, tõmbed, kokkusurumine, vibratsioon)
- kasutuskoha temperatuur (leiliruum vms.)
- sööbivad ained (niiskus, happed).

Välisegurite mõju kaabli valikule ja paigaldamisele on laiemalt käsitletud standardi EVS-HD 60364-5-52 punktis 522.

Pinnasesse või vette paigaldataval kaablil peab olema metallist mehhaaniline või elektromehhaaniline kaitsekiht. Selline kaitsekiht peab olema ka kaablil, mis paigaldatakse ilma kaitsetoruta (paigaldustoruta) otse betooni, krohvikihti, kokkusurutavasse või süttivast materjalist seinas-, katuse- vms. täitematerjali sisse või mujale, kus kaablile võib mõjuda mehhaaniline koormus.

Erandina on lubatud metallkestata 1 kV AXMK-kaabel või AXMKE-kaabel paigaldada pinnasesse.

Kaablid tuleb paigaldada piisavalt sügavale pinnasesse või kaitsta ühekaupa mehhaaniliselt. Paigaldussügavus oleneb lokaalsetest oludest, näiteks pinnase tüübist ja külmissügavusest, maa-ala omandisuhetest ja kasutusotstarbest (näiteks kui maa-ala on põllumajanduslikus kasutuses), võimaliku liikluse intensiivsusest ja iseloomust ning muudest vastavatest teguritest. Kaabel soovitatakse enamasti paigaldada vähemalt 0,7 m sügavusele. Olenevalt tingimustest ja kaabli mehaanilisest lisakaitsest võib metallkestaga kaablite puhul kasutada paigalduse teostaja ja haldaja otsuse alusel ka madalamat paigaldussügavust. Metallkestata kaablite kasutamisel tuleb nende mehhaanilise kaitse osas järgida erinevatel sügavustel tabelis 9.5 toodud andmeid.

Pinnasesse paigaldatav kaabel tuleb kaitsta ka suurte või teravate kivide eest, paigaldades mehhaaniline kaitse, näiteks toru, või lisades kaabli ümber peeneteralist liiva.

Pinnases oleva kaabli kohal 0,2-0,4 m sügavusele maapinnast on soovitatav paigaldada hoiatuslint, mis viitab pinnase kaevamisel kaabli asukohale.

**Tabel 9.5. Metallist puutekaitseta maakaabli katise erinevatel paigaldussügavustel.**

Kaabli paigaldussügavus $h$	Standardi SFS-EN 50086-2-4 järgi löögikindluse alusel	Standardi SFS 5608 järgi tugevusklassi alusel
$h > 0,7$	tähislint	tähislint
$0,5 \text{ m} \leq h \leq 0,7$	kerge kasutus L	kerge kasutus C
$0,3 \text{ m} \leq h \leq 0,5 \text{ m}$ õu ja pargialadel	tavakasutus N	raske kasutus A
$0,3 \text{ m} \leq h \leq 0,5 \text{ m}$ muudes piirkondades	tavakasutus N	keskmise raskusega kasutus A

Pinnases või madala vee põhjas olev kaabel on soovitatav varustada mehhaanilise lisakaitsega, näiteks plastist kaitsetoruga, betoonrenniga, betoonplaadiga või kaitsta muul vastaval viisil. Kaljumassiivi pinnale paigaldatud kaabli kaitseks on soovitatav kasutada profiilterast. Pinnasest või veest väljaulatuvat kaablit tuleb kaitsta profiilte-rasega, vähemalt tugevusklassile 4 vastava paigaldustoru või samaväärse konstruktsiooniga, mis ulatub vähemalt 1,5 m kõrgusele, ja liiklustrassi ääres vähemalt 2 m kõrgusele maapinnast. Kaitsekonstruktsioon peab ulatuma piisaval määral pinnasesse või vee alla. Kui eksisteerib oht, et kaitsekihti võib paigaldamise käigus koguneda vett, tuleb mehhaaniliseks kaitseks valida toru asemel renn. Nii ei saa renni kogunev vesi jäätudes kaablit kahjustada, toru kasutamisel on see oht olemas.

Kaablite kaitsmiseks kasutatavad konstruktsioonid tuleb valida ja paigaldada selliselt, et kaitseadmete, näiteks betoonrennide või kaitseteraste servad, ei vigastaks kaabli liikumisel selle kesta.

Ilma metallkestata kaabli paigaldamisel vette tuleb kaabel rannas oleva lõigu osas kaitsta kuni 2 m sügavusele mõõna aegselt vee sügavusest mõõdetuna otstarbekohasel viisil või kaevat kaabel põhja. Kaabli kaitsmisel tuleb arvestada ranna profiili, pinnast

ja võimalikke mehhaanilisi mõjutegureid, näiteks veesõidukite liiklust, jää ja vee kõrguse kõikumist.

Samasse kaevendisse paigaldatavate elektri- ja telekaablite vahekaugus peab olema piisav. Metallkestata maakaabli äikesekindluse parendamiseks kohtades, kus näiteks õhukaabel läheb üle maa- või veekaabliks ja kus esineb palju äikest, võib koos kaabliga paigaldada palja vaskjuhtme, mille ristlõige on vähemalt 16 mm<sup>2</sup>.

Pinnasesse paigaldatud kaablite asukoha kohta tuleb koostada teostusjoonis. Kaabli asukoha tähistamisel tuleb lähtuda püsivatest, maastikul paiknevatest pidepunktidest või koordinaatidest.

Rennid tuleb paigaldada hoolikalt, sest halvasti teostatud rennid paigaldus on kaabli seisukohalt ohtlikum kui paigaldamine ilma rennideta. Paljud jaotusvõrguettevõtted on otsustanud siiski ilma rennideta paigalduse kasuks, kuid nad on selle võrra enam pööranud tähelepanu kaablit ümbritseva kaitsekihi ja hoiatuslintide hoolikale paigaldamisele.

### 9.3.1 TRANSPORT

Väikese diameetriga ja lühikesed kaablid tarnitakse tehastest enamasti kimpudes ning suuremad ja pikemad kaablid – kaablrullidel või kaabli trumlitel.

Kaablikimpe tuleb vedada ja ladustada alati lamavas asendis tasasel alusel. Kimpe ei tohi vedada ega säilitada püstasendis, sest sellisel juhul võivad kihid segamini minna, kimburullilt maha kerimine muutub raskendatuks ja kaablisse võivad tekkida liiga järsud painded.

Kaablrulle tuleb transpordi ajal käsitseda ettevaatlikult ja hoolikalt. Hoolimatu käitlemine kahjustab lisaks kaablile ka kaablrulli, ning selle tagastusväärtus väheneb. Transpordi ajal tuleb rull võimalikult hoolikalt toetada ja hoolitseda selle eest, et rull peale- või mahalaadimisel ei pörkaks vastu servasid või teisi kaablrulle. Kõige paremini sobib kaablrullide vedamiseks spetsiaalne kaablite vedamise haagis - kaablikäru. Kaablrulli transpordil kasutatavad kaitselauad ja paberid tuleb võimalikult kaua jätta oma kohtadele.

Kaablrulli ei tohi lasta autokastist alla kukkuda, vaid mahalaadimine peab toimuma näiteks tõstuki abil. Mahakukutamine kahjustab nii rulli ja ka kaablit. Rulli võib lühikese maa nihutada ka rullides, pöörates rulli selle äärikul oleva noole suunas. Vastassuunas keeramisel lähevad kaablikihid lõdvaks ja võivad sassi minna, siis on kaabli mahakerimine raskendatud ja kaabel võib viga saada.

### 9.3.2 LADUSTAMINE

Kõige olulisem nõue kõikide kaabliliikide ladustamisel välistingimustes on kaablite kaitsmine sissetungiva niiskuse eest. Jõukaablitesse imbunud niiskus nõrgendab isolatsiooniomadusi ja põhjustab metalldetailide korrosiooni, millest võib tekkida probleeme ühendamisel.

Oluliste jõukaablite parimaks kaitsematerjaliks on termokahanev toru ja teiste kaablite puhul - nt. kokkusulav lint.

Tavaline nn elektriteip ei ole niiskuskindel kaitsemeede pikemaajalisel säilitamisel. Parimad tingimused kaablite ladustamiseks on siseruumides.

Väljas ladustamisel tuleb kaablrullid võimalust mööda kaitsta ka päikesekiirguse ja pideva niiskuse eest, mis võib tekitada mädanikku rullides. Kaablikimpe tuleks ladustada sisetingimustes. Kimpe ladustatakse horisontaalasendis eraldi kastides.

### 9.3.3 KAABLI TÕMBAMINE

Kõige kergemini kaabel võib viga saada tõmbamise käigus. Kaabli tõmbamist tuleb eelnevalt planeerida ning seda hoolikamalt, mida raskema ja suurema kaabliga on tegemist.

Planeerimisel tuleb jälgida, et kaabli tõmbamise käigus ei tekiks liiga järske kurve. Kaablitrassi valikul tuleb hoolitseda selle eest, et ei oleks ületatud tootja poolt antud minimaalsed painutusraadiused. Lisaks sellele trassi käänukohtades tuleb tagada tööruumi olemasolu paigaldajatele ja tõmbeseadmetele.

Jämedate kaablite korral pöördekohtadele ja sirgetele löikudele tuleb kaablite tõmbamisel paigaldada kaablrullikud.

Järskudes kurvides võib nurgarulliku ja kaabli vaheline pinnasurve kasvada liiga suureks ning kaabel võib kahjustuda kogu ulatuses. Selle vältimiseks tuleb keeruliste kurvide puhul tõmmata kaablit enne kurvi ja aidata lükates kurvikohast üle.

Planeerimise käigus tuleb samuti üle vaadata torud ja läbiviigud. Torude mõõtmed peavad olema piisavad ja tuleb tagada, et ei toimuks kaabli vigastumist kokkupuutel toru terava servaga. Kaabli diameeter võib olla maksimaalselt 75 % toru sisediaameerist. Liiva vms. kandumine torusse kaabli tõmbamise ajal tuleb välistada. Lisaks tuleb kaabli torusse vms. avausse sisse viimisel tihendada toru all olev pinnas, et kaabel ei toetuks toru suudme vastu pinnase vajumisel.

Tõmbamisel tuleb hoolitseda ka selle eest, et kaabel ei satuks kuumade torude või küttekanaalite lähedusse, mille mõju võib kahjustada kaablit või vähendada selle vastupidavust ümbritsevatele oludele.

Kaablirulli asukoht tuleb valida hoolikalt. Tõmbamisel toimub kaabli mahakerimine rullilt, mis on eelnevalt tõstetud rulliraami võlli või pukki peale. Kaabli mahakerimine toimub alati rulli pealmisest osast. Tõmbamise ajal kaablirulli pööratakse kas lihasjõul või mootori abil, kaablist tõmbamine on keelatud. Õhuke kaabel, millega pööratakse rasket rulli, võib mahakerimisel venida ja kaablikihid võivad minna segamini.

Vajadusel peab olema valmis rulli hoogu pidurdama, et tõmbamise peatumisel ei läheks rullil olevad kihid lõdvaks ja kaabel ei painduks rulli alla, kui rull jälle pöörlema hakkab.

Vajalik töötajate ja inventari arv määratletakse iga kord eraldi. Tõmbemasinate kasutamisel ei tohi rakendatav tõmbejõud ületada kaabli suurimat lubatud tõmbejõudu. Lubatud tõmbejõud on toodud tootja kaablikataloogis ja on enamasti alumiiniumjuhtmetega kaablitel 10-15 N/mm<sup>2</sup> ja vaskjuhtmetega kaablitel 10-20 N/mm<sup>2</sup> arvutatuna juhtme ristlõike alusel ja kasutades tõmbesukka.

Masina abil toimuval tõmbamisel kasutatakse enamasti trossi või köit, mis on kinnitatud kaabli külge kaabliveosukaga. Trossi ja veosuka vahele pannakse pöörel, et takistada trossi keerdumise kandumist kaablis. Tõmbejõu kontrolliks paigutatakse tõmbeahelasse dünamomeeter. Kurvi lähedale paigutatav tõmbamismasin peab paiknema alati enne kurvi, mehhaanilisel tõmbamisel tuleb kurvikohas alati jälgida, et kaabel ei tõmbuks liiga pingule. Kurvikoha kindlustamine võimaldab koheselt katkestada tõmbamistõid, kui kaabel rullilt maha kukub. Tuleb tagada toimiv side (töödejuhtimine) erinevate tõmbamispunktide vahel eriti siis, kui masina abil tõmmatakse pikki kaableid.

Kui on tekkinud kahtlus, et kaabel on veninud tõmbemasina kasutamise tulemusel, lõigatakse kaabli tõmbeotsast 2...3 m maha.

Kui kaabli kandmine toimub inimjõul, tuleb vahemaad ja kandmise viis kavandada nii, et kaablil ei tekiks järske paindeid.

Kaabli temperatuur on tõmbamise ajal oluline tegur. Tuleb kinni pidada tootja poolt antud minimaalsest paigaldustemperatuurist.

Kui kaabli temperatuur on madalam, tuleb kaablit enne tõmbamist soojendada. Soojendamiseks võib viia kaabli piisavalt pikaks ajaks sooja ruumi või soojendada seda paigalduskohal kaitsekatte all. Peale soojendamist tuleb viivitamatult alustada kaabli tõmbamist, et kaabel ei jõuaks jahtuda. Mida külmemates tingimustes kaabli paigaldamine toimub, seda ettevaatlikum peab olema selle käsitlemisega. Eriti ettevaatlik peab olema PVC-kattega kaablite käsitlemisel miinustemperatuuril. Painutamine peab toimuma aeglaselt ja ühtlaselt. Löögid ja rappumine võivad kaabli külmi konstruktsiooniosi vigastada. Täis jõukaablirulli täielik soojenemine kestab umbes 20-30 tundi ning rullilt maha keritud kaabli jahtumine - 1-2 tundi.

Kaablite kimbust eraldamiseks rullitakse kimpu maas või käte vahel, takistamaks kaabli keerduminekut. Tugev keerd kaabli painutuskohas võib tingida kaabli purunemise ja väiksema keerd jääb juhtmes sageli nähtavaks.

Peale tõmbamist tuleb kaabel üle vaadata ja kõik kahjustused koheselt kõrvaldada. Plastkesta kahjustuste parandamiseks võib kasutada kas termokahanevat remonditoru või isesulavat linti.

### 9.3.4 KAABLI PAIGALDAMINE JA KINNITAMINE

Juhtmete ja kaablite valikut ja paigaldamist on käsitletud standardi SFS 6000 EVS-HD 60364-5-52 punktis 52. Kaabli valikul tuleb arvestada järgmisi tegureid:

- keskkonna temperatuur
- välised soojusallikad
- vesi
- tahked esemed
- korrosiooni ja määrdumist põhjustavad ained
- mehhaanilised mõjud
- vibratsioon
- muud mehhaanilised mõjud
- taimestik ja hallitusseened
- loomad
- päikesekiirgus
- seismilised mõjud
- tuul
- konstruktsioonide liikumine.

Kui kaabli puudub toetus kogu pikkuse osas, tuleb seda toetada sobivate vahekaugustega selliselt, et kaablid ja juhtmed oma kaalu mõjul ei kahjustuks. Kinnituse kohapealt võib rakendada järgmist juhust:

Kerge kaabli (maksimaalselt 6 mm<sup>2</sup> vaske või 16 mm<sup>2</sup> alumiiniumi) sobivaks vahekauguseks võib pidada horisontaalsuunas 0,25 m ja vertikaalsuunas umbes 0,3 m. Raske kaabli kinnituste vastav vahekaugus on 20-25 korda kaabli välisdiameeter. Kaablite raske kinnitusdetailid tuleb samuti aluse külge kinnitada. Kaabli paigaldamisel vertikaalsesse torusse peab kinnituspunktide vahekaugus vastama tootja poolt antud juhiste. Vertikaalses kanalis, kus tavaliselt ei liiguta, tuleb kinnituspunktide suurimaks lubatud vahekauguseks pidada 3 meetrit. Vertikaalse löigu ülemises otsas tuleb kinnitus teostada selliselt, et kaabel ei saaks viga.

Kui kaablis ei ole metallist mehhaanilist või elektromehhaanilist kaitsekihti (nt. MMJ, MMO, MUM, MLOM, MMK, AMMK, AXMK tüüpi kaablid), tuleb ruumides, kus tehtavate tööde või liikumise tõttu ohustavad pinnal paiknevat kaablit mehhaanilised löögid vms. koormused, kaitsta kaabel mehhaaniliste vigastuste eest näiteks profiilterasega või tugeva paigaldustoruga. Kaabli sisseviik metalltorusse kaetakse näiteks plastist läbiviiguhülsiga. Ilma mehhaanilise metallkestata või elektromehhaanilise kaitseta kaabli viimisel läbi põranda tuleb kaabel kaitsta kuni 50 mm kõrgusel põrandast juhul, kui läbiviidava kaabli mehhaanilise kahjustumise oht ei eelda kõrgemale ulatuvat kaitset. Kaabli kaitsetoru peab olema piisavalt suure läbimõõduga, et kaabli torusse tõmbamisel selle veekindel kest ei saaks vigastatud.

## 9.4 ÕHUKAABLI PAIGALDAMINE

### 9.4.1 PAIGALDAMINE KANDETROSSIKÖIE ABIL

Kaablit võib kinnitada kandetrossi ja kaabli ümber keeratud lindi abil. Rippkaabli ja püsiva konstruktsiooni liitumiskohas tuleb liikumisruumi kindlustamiseks teha painutus. Kandetrossi külge tuleks monteerida pinguldusseade, mis võimaldab ka hiljem trossi pingule tõmmata.

Kuna kandetrossi abil tehtud paigaldus koos kinnitustega on suhteliselt keeruline, on selle paigaldusviisi kasutamisest suures osas loobutud.

### 9.4.2 PAIGALDAMINE AMKA-RIPPKEERDKAABLIGA

AMKA-rippkeerdkaabliga teostatud paigaldus on kõige tavalisem madalpinge-õhulii-nide paigaldusviis. AMKA kasutamisel ühenduskaablina tuleb arvestada, et AMKA-rippkeerdkaabli lõpetamine otse hoone seinal on lubatud vaid trafodes ja selliste hoonete puhul, millele toite tagamine maakaabli abil ei ole näiteks kaljuse pinnase tõttu võimalik. Kuigi seinal lõppev paigaldusviis on lubatud, tuleb selle kasutamist vähemalt õuealal vältida. Suhteliselt kõrgel teostatav paigaldus võib osutuda keeruliseks või liiga kalliks lahenduseks. Maakaabli kasutamise poolt sellistes olukordades räägib ka see, et maakaablil on jaotusvõrkudes ülepingeid vähendav mõju on oluliselt parem kui AMKA-rippkeerdkaablil.



Joonis 9.26. AMKA paigaldus.



# PAIGALDUSTÖÖD ERINEVATES RUUMIDES

---

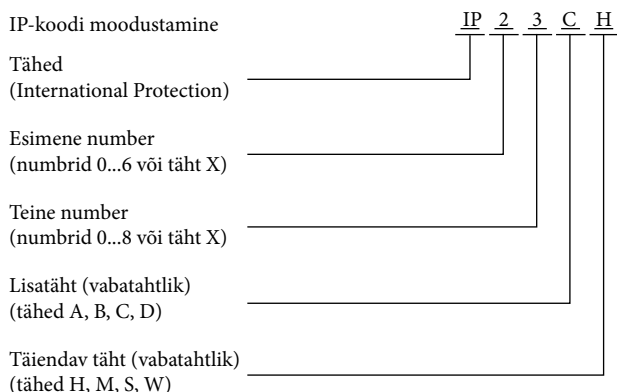
## 10.1 VÄLISTINGIMUSTE MÄÄRATLEMINE

Elektripaigaldustöid ja elektrilisi seadmeid mõjutavaid välistingimusi on rohkesti. 2009. aastal avaldatud standardiseeria EVS-HD 60364-5-51 Lisa ZA.1 tabelis on loetletud arvukalt välistegureid, mida elektripaigaldustööde teostamisel tuleb arvestada. Tabeli sisu punktides AA (keskkonna temperatuur), AD (vee esinemine) ja AE (tahkete võõrkehade esinemine) loetletud tegurid esinevad praktikas alati ning nendega tuleb arvestada seadmete valikul ja paigaldusel.

Lähtekohaks on, et elektriseadmete valikul ja paigaldamisel tuleb arvestada Lisa ZA.1 tabelis loetletud välisteguritega, mis võivad avaldada mõju seadmetele. Kui elektriseadme ehitus ei ole asukohas valitsevate välistegurite suhtes sobiv, võib elektriseadet kasutada siiski eeldusel, et seade on paigaldamise käigus varustatud vajaliku lisakaitsega. Lisakaitse ei tohi olla takistuseks seadme toimimisel. Kui erinevad välistegurid avalduvad samaaegselt, võib neil olla kas iseseisev või üksteisest sõltuv mõju ja elektriseadme kaitse tuleb teostada seda asjaolu arvestades. Seadmete valiku eesmärgiks välistegurite võimaliku mõju alusel on seadmete õige talituse ja üldkehtivate eeskirjade kohaste kaitsemeetmete usaldusvääruse tagamine. Elektriseadme ehitusest lähtuvad kaitsemeetmed toimivad teatud tingimustes ainult siis, kui seadmestandardis nimetatud testid on teostatud konkreetsete välistegurite mõjule vastavates tingimustes.

Elektriseadmete vastupidavust võõrkehade ja vee mõju suhtes väljendatakse kaitseastmega. Kaitseaste ei näita seadme mehhaanilist või termilist tugevust, need omadused tuleb vajadusel välja selgitada eraldi.

### Kaitseastme kood (IP-kood)



Kui numbrit ei pea märkima, asendatakse see tähega X või mõlema numbri ärajätmise korral tähe kombinatsiooniga XX.

Lisatähtede ja täiendavate tähtede asendamist nende ärajätmise korral ei nõuta.

### IP-koodi osad ja nende tähendused

Kesta kaitseastme esimene number – kaitse otsepuute eest ohtlike osadega, kaitse tahkete osakeste ja tolmu eest.

Esimene number näitab seda, kuidas kest kaitseb inimest otsepuute eest seadme ohtlike osadega, hoides ära või piirates kehaosa või inimese käes oleva eseme sissetungimise ja samas, kuidas kest kaitseb seadet tahkete osakeste ja tolmu sisse tungimise eest.

Kui kaitsekest vastab ka madalamate kaitseastmete kohta kehtivatele nõuetele, tuleb kaitsekestale märkida ainult üks esimene kaitseastme number.

### Kaitseastme teine number - veekindlus

Teine number väljendab kaitsekesta vastupidavust vee kahjuliku sissetungimise eest.

Kesta kaitseastme koodi teine number vahemikus 0-6 näitab, et see kaitsekest vastab kõikidele madalamate klasside puhul kehtivatele nõuetele.

Ainult numbritele 7 ja 8 vastav kesta kaitseaste ei taga kaitset veepritsmete eest (kaitseastme number 5 või 6) ning see ei pea vastama numbriga 5 või 6 tähistatud nõuetele, välja arvatud juhtudel, kui kaitsekesta kohta kehtib kaksikkood, näiteks IPX5/IPX7.

### **Kesta kaitseastme lisatäht – kaitse otsepuute eest ohtlike osadega**

Lisatähte kasutatakse ainult siis,

- kui tegelik kaitse otsepuute eest on parem kui esimese numbriga väljendatud või
- kui on antud ainult kaitse otsepuute eest ohtlike osadega ja esimest numbrit asendab täht X.

Sellise parema kaitse saab tagada näiteks kaitsekestaga, avade sobiva kujuga või vahekaugustega kaitsekesta ja sees oleva seadmestikuga. Kaitsekesta märgistamine teatud lisatähedega on lubatud ainult sel juhul, kui see vastab ka kõikidele madalamate kaitseastmete kohta kehtivatele nõuetele.

### **Kesta kaitseastme täiendavad tähed**

Täiendavad tähed väljendavad mingit erandlikku omadust.

Tabelis 10.1 on toodud kokkuvõtte IP-koodide tähendusest.

### **Varasemates standardites kehtinud koodid**

Lisaks standardis EN 60529 toodud koodidele on elektriseadmetel rohkesti varasematele standarditele vastavaid tähiseid. Tabelis 10.1 on võrreldud CEE põhjal kehtivaid kesta kaitseastme tähiseid praeguse standardiga. Sellest on näha, et tabelis 10.2 samaväärsetena tähistatud kaitseastmed ei ole päris identsed, vaid ainult ligilähedaselt sarnased.







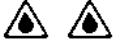

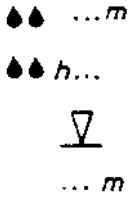
## **10.2 KUIVAD RUUMID**

Elektripaigaldiste paigutusruumid, mille kohta ei ole muus standardiseerias kehtestatud erinõudeid, võib jagada kuivadeks ruumideks, niisketeks ruumideks, märgadeks ruumideks ja välisruumideks. Ruumi ja selle kohta kehtiva kaitseastme määramisel tuleb arvestada asjaoluga, et vahel võib teatud ruumiklassi kuuluda ka vaid osa ruumist.

Tabel 10.1. Kesta kaitseastmete erinevate numbrite ja tähtede tähendused.

Osad	Numbrid või tähed	Tähendus seadme kaittsel	Tähendus isikukaitsel
Tähed	IP		
Esimene number		Kaitse võõrkehade ja tolmu sissetungimise eest	Ohtlikud osad on kaitstud otsepuute eest
	0	ei ole kaitstud	ei ole kaitstud
	1	kui diameeter on $\geq 50$ mm	käega puudutamise eest
	2	kui diameeter on $\geq 12,5$ mm	sõrmega puudutamise eest
	3	kui diameeter on $\geq 2,5$ mm	tööriistaga puudutamise eest
	4	kui diameeter on $\geq 1,0$ mm	traadiga puudutamise eest
	5	tolmukindlalt	traadiga puudutamise eest
	6	tolmutihedalt	traadiga puudutamise eest
Teine number		Kaitstud vee sissetungimise kahjuliku mõju eest	
	0	ei ole kaitstud	
	1	kaitstud vertikaalselt langevate tilkade eest	
	2	kaitstud kuni 15 kraadi all langevate tilkade eest	
	3	kaitstud sademe eest	
	4	kaitstud ümberingi pritsmete eest	
	5	kaitstud pealevoolava vee eest	
	6	kaitstud tugeva veejoa eest	
	7	kaitstud ajutise vette sattumise eest	
8	kaitstud pideva vees olemise eest		
Lisatäht (vaba-tahtlik)			Ohtlikud osad on kaitstud otsepuute eest
	A		käega puudutamise eest
	B		sõrmega puudutamise eest
	C		tööriistaga puudutamise eest
	D		traadiga puudutamise eest
Täiendav täht (vaba-tahtlik)		Täiendava teabe tähtsus	
	H	Kõrgepingeseade	
	M	Veekindlus on testitud töötaval seadmel	
	S	Veekindlus on testitud mittetöötaval seadmel	
	W	Seade on testitud erinevates ilmastikutingimustes	

Tabel 10.2. Kesta kaitseastme väärtuste võrdlus.

SFS-EN 60529	Nimetus	CEE pildisümbol
1. number		
0	Lahtine konstruktsioon	-
1		-
2	Tavaline kaitse otsepuute eest	-
3	Spetsiaalne kaitse otsepuute eest	-
4	-	-
5	Tolmukaitse	
6	Tolmukindlus	
2. number		
0	Lahtine konstruktsioon	-
1	Kaitstud tilkade eest	
2	Kaitstud tilkade eest	
3	Kaitstud sademete eest	
4	Kaitstud pritsmete eest	
5	Kaitstud survepritsmete eest	
6	-	-
7	Kaitstud ajutise vette sattumise eest	
8	Kaitstud pideva vees olemise eest	

Kuiv ruum on ruum või selle osa, kus õhk on nii kuiv, et tavatingimustes selle seintele, lakke või elektriseadme pinnale ei kondenseeru niiskust, ja välistegurid on sedavõrd tavapärased, et ruumi ei saa klassifitseerida muuks ruumiks. Kuiv ruum vastab enamasti vee olemasolu suhtes ADi (ebaoluline, IP XO) ja temperatuuri suhtes AA4 (normaalne, -5 °C...+40 °C) tingimustele.

Alljärgnevas loetelus on toodud näiteid selle kohta, millistesse ruumiklassidesse erinevaid ruume tavaliselt liigitatakse. Näited ei takista situatsioonist lähtuva vajaliku lahenduse valimist.

Kuivad ruumid:

- eluruumid, elumajade köögid, bürooruumid, tualetid ja esikud
- elumajade majapidamisruumid ning rõivaste pesuruumid, kus pesu pesemiseks kasutatakse pesumasinat
- sarnased ruumid suvilates ka siis, kui temperatuur erineb klassi AA4 andmetest
- elumajade ja büroohoonete ning sarnaste hoonete pööningud ja kuivad keldri-ruumid
- kauplused ja nendega võrreldavad laoruumid
- tööstusruumid, kus ei ole eritingimusi
- pidevalt köetavad, väikemaja vms. seinaga kokku ehitatud talveaiad ja sarnased ruumid.

### 10.3 NIISKED RUUMID

Niiske ruum vastab Lisa ZA.1 tabelis A.51-2 kirjeldatud tingimustele AD2 (vabalt langevad tilgad, IP X1 või IP X2). Niiske ruum on ruum või selle osa, mille seintele, lakke või elektriseadme pinnale võib aeg-ajalt tekkida piiskasid moodustavat kondensvett või kus esineb vertikaalselt alla langevate veepiiskade tekkevõimalus.

Niisked ruumid on näiteks:

- ühiskasutuses olevad rõivaste pesuruumid, maja pesuruumid
- suürköögid
- suürköökide ja toiduainekaupluste toodete kaitlusruumid
- varjendid
- toiduainete säilitamiseks mõeldud jahe- ja külmutusruumid
- soojusisolatsioonita ja küttega eraldiasuv laoruum
- soojusisolatsiooniga hoone välisseina vastas olev soojusisolatsioonita laoruum
- küttega hoone pööninguruumid
- teatud keldrid ja tööstusruumid.

Suurköögi all mõeldakse kööki, mida kasutatakse toiduvalmistamiseks restoranides ja erinevates asutustes. Suurköökide erinevates osades võib niiskust tekkida erineval määral. Aurutekkega ruumis tuleb järgida märja ruumi ja enamasti ka tuleohtliku ruumi kohta kehtivaid nõudeid. Suurköögi muu ruum võib olla kuiv ruum, kui suurköögis on tagatud tõhus ventilatsioon.

## 10.4 MÄRJAD RUUMID

Märg ruum vastab tabel ZA.1 lisa kirjeldatud tingimustele AD4 (pripsmed, IP X4). Märg ruum on ruum või selle osa, milles õhk on enamasti nii suure niiskusesisaldusega, et seintele, lakke või elektriseadme pinnale kondenseeruv vesi tekitab veepiisku või seadmele võivad langeda veepritsmed.

Märjad ruumid on:

- pesemishall, kus teostatakse mootorsõidukite pesemist
- suurde halli rajatud pesemisala
- teatud toiduainetetööstuse ruumid näiteks õlletehases, konservi- ja mahlatehases, piimatöötlemistehases ja tapamajades
- teatud keemia- ja tselluloositööstuse ruumid
- maja pesula pesumasinaruum, kui selle ruumi põrandal on lubatud pesta vaipu vms.
- suurköögi lauatasapindade alla jääv ruum, kui köögi põrandat pestakse veejoaga
- kalapuhastamise ruumid
- muud ruumid, kus esineb veepritsmeid.

Märg ruum võib olla ka selline ruum, kus esineb sööbivaid aineid. Sellises ruumis tuleb eriti suurt tähelepanu pöörata ka korrosioonikaitsele.

## 10.4 VÄLISRUUMID

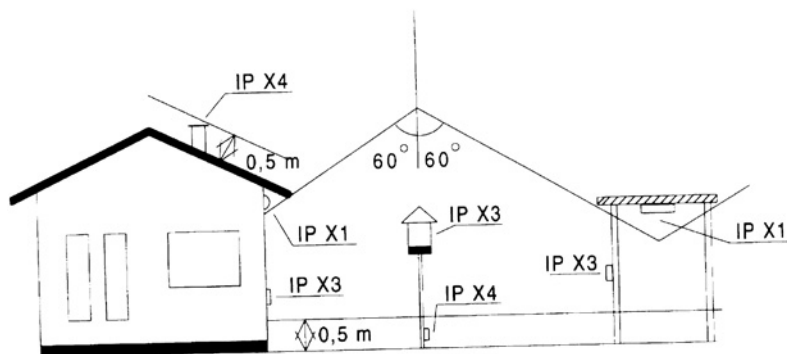
Välisruumide all mõeldakse piirkonda, kus paigaldised on tavaliselt vee ja tuule tõttu avatud niiskuse mõjule. Selliste ruumide alla kuuluvad ka katusealused, näiteks autode katusealused.

Välisruumis tuleb seadme valikul arvestada ka neid olukordi, kus veepritsmed kanduvad altpoolt ülespoole vastu madalale paigaldatud elektriseadet. Näiteid välja paigaldatavate elektriseadmete erinevate asukohtade kohta on toodud joonisel 10.1.

Tabel 10.3. Elektriseadmete kaitseklassid erinevates ruumides.

Ruum	Kaitseklass	Lisateave
Välisruum*	IPX3	Seade, mis jääb vihma kätte, kuid ei ole paigaldatud üle 0,5 m võrra horisontaalsest tasandist või kaldpinnast kõrgemale (maapind, põrand, hoone katus).
	IPX4	Seade, mis jääb vihma kätte, kuid on paigaldatud kuni 0,5 m kaugusele horisontaalsest tasandist või kaldpinnast (maapind, põrand, hoone katus).
	IPX1	Seade, mis on paigaldatud vihma eest kaitstud kohta.
Kuiv ruum	IP2X	
Niiske ruum	IPX1	
Märg ruum	IPX4	

\*Nõuetes lähtutakse oletusest, et vesi võib langeda maksimaalselt 60° nurga all ja langeva vee pritsmed ulatuvad kuni 0,5 m kõrgusele.



Joonis 10.1. Näiteid välja paigaldatavate elektriseadmete asukoha ja kaitseklassi astmete kohta.

## 10.6 TULEOHTLIKUD RUUMID

### 10.6.1 RUUMID, KUS KÄIDELDAKSE VÕI LADUSTATAKSE TULEOHTLIKKE MATERJALE

Tuleohtlike ruumide puhul on tihtipeale kõige probleemsem ruumi liigitamine. Selgelt üheselt mõistetavat liigitusjuhust on võimatu koostada, tihti tuleb liigitus määrata konkreetsel juhul kehtivate omanduste alusel. Sageli tuleb piiritleda ka asjaolu, kas tegemist on lihtsalt tuleohtliku ruumiga või lausa plahvatusohtliku ruumiga. Kui tegemist on plahvatusohtliku ruumiga, tuleb järgida plahvatusohtlikus keskkonnas kasutatavaid seadmeid ja kaitsesüsteeme käsitlevate standardite EVS-EN 600079 nõudeid.



## Juhiseid tuleohtlike ruumide liigitamiseks

Tuleohtlike ruumide liigitamise juhised on toodud Eesti Vabariigi valitsuse 27. Oktoober 2004.a. määrus nr 315 „Ehitise ja selle osale esitatavad tuleohutus nõuded.“

Elektripaigaldustööde kohta kehtivate nõuete seisukohalt on tuleohtlikud ruumid näiteks:

- a) Tuletõkkesektsioonid, kus käideldakse või ladustatakse tööstuslikke tuleohtlikke gaase või süttivaid vedelikke sellistes kogustes, et tegevus eeldab ametliku loa hankimist või ülevaatuste teostamist või pädeva ametkonna teavitamist. Sellised tööstusruumid on näiteks:
  - pihustusvärvimise tsehhid
  - tuleohtlikke vedelikke kasutavad pinnatööstlustsehhid
  - sardplastitehased
  - tuleohtliku gaasi või tuleohtliku vedeliku tootmise tsehhid
  - tuleohtliku vedeliku tehnilised käitluskohad
  - tuleohtliku gaasi või tuleohtliku vedeliku laod.
- b) Tuletõkkesektsioonid, kus tuleohtlikku ainet esineb laastude, tolmu, õhukese kihi, kiu või muul peenefraktsioonilisel kujul. Sellised tuletõkkesektsioonid on näiteks:
  - mehhaniseeritud puidutööstuses kuiva saematerjali töötlemisruumid
  - veskid
  - pagaritöökojad
  - söödatehased
  - tekstiilitehased
  - pesulad
  - turbakäitlemistsehhid
  - söe käitlemistsehhid.

Selliseid ruume on ka põllumajandushoonetes, näiteks söödahoidlates.

Standarisarja EVS-EN 600079 alusel ei ole õhukanalisse lubatud paigaldada sinna mittekuuluvaid elektriseadmeid või kaableid, kuna need võivad põhjustada süttimisohu ning põlemisgaaside tekke- ja levimisohu.

Ehituseeskirjade kogumikus käsitletakse tule- ja plahvatusohtlikke ruume ühtse tervikuna. Plahvatusohtlikus ruumis põhjustab plahvatusohtu kas tuleohtlik vedelik või gaas (gaasiplahvatusohuga ruum) või tuleohtlik tolmu (tolmuplahvatusohuga ruum).

Ruumid liigitatakse enamasti tuletõkkesektsioonide kaupa. Suurtes tuletõkkesektsioonides, kus tulekahjuohutu tekitav töö toimub vaid teatud tihedate seintega piiritletud alal, võib elektripaigaldustööd teostada standardi

EVS-IEC 60364-4-42 peatükis 422 (Kaitse tuleohu eest, kui esineb olulisi riske või ohtu) kehtestatud nõudeid järgides. Konkreetse tuletõkkesektsiooni muudes osades tuleb järgida üldkehtivaid nõudeid.

Arhiivid või muuseumid ei ole reeglina tuleohtlikud ruumid. Kuid neis ruumides hoitakse siiski sageli väga väärtuslikke materjale, mille tõttu on nendes ruumides teostatavate elektripaigaldustööde osas soovitatav järgida ka vastavaid nõudeid.

Tuleohtlikesse ruumidesse võib paigaldada ainult nende ruumide kasutuse seisukohalt olulisi elektriseadmeid. Elektriseadmete kaitseklass peab olema vähemalt IP4X. Vähemalt IP5X kaitseklassi nõue kehtib siis, kui elektriseadme pinnale koguneb tolmu.

### Rikkevoolukaitse tulekindluse tagamiseks

Tuleohtlikes ruumides nõutakse TN-süsteemidelt tuleohutuse tagamiseks maksimaalselt 500 mA rikkevoolukaitse kasutamist. Kui rikkevoolukaitse viga võib põhjustada ohu või häire seadme töös, näiteks tegevuse seisukohast vältimatu ventileerimise lakkamise, ei tohi paigaldise kaitsmisel piirduda ainult ühe rikkevoolukaitsmega. Sellistel juhtudel on soovitatav kasutada rikkevoolukaitset, mille rakendumisel edastatakse ka häiresignaal.

Kui isolatsioonivead võivad põhjustada tulekahju, näiteks laekütteseadmetes, võib rikkevoolukaitsme nimirakendusvool eeltoodust erinevalt olla maksimaalselt 30 mA. Valgustid tuleohtlikes ruumides

Tuleohtlikes ruumides tuleb kasutada valgusteid, mille pinnatemperatuur on piiratud. Ruumides, milles võib tolmu ja kiudude tõttu tekkida tulekahju, peab valgusti olema sellise ehitusega, et rikke tekkimisel on pinna temperatuur piiratud ning tolmu või kiude ei saa ohtlikus koguses koguneda.

Pinnatemperatuur on tavaolukorras piiratud 90 °C-ni ja rikke tekkimisel 115 °C-ni. Piiratud pinnatemperatuuriga valgusteid käsitleb standard EN 60598-2-24.

Valgusti tootja annab vajalikud andmed nõutavate ohutute vahekauguste kohta. Kui tootja ei ole vastavaid andmeid edastanud, järgitakse järgmisi vahekaugusi:

Valgusti võimsus	Ohutu vahekaugus
Maksimaalselt 100 W	0,5 m
100-300 W	0,8 m
300-500 W	1 m

Valgusallikaid ja muid valgustite komponente tuleb kaitsta tõenäoliste mehhaaniliste mõjutuste eest. Selliseid kaitseseadmeid ei tohi kinnitada valgusti kinnituse külge, kui need ei moodusta valgusti ehitusega ühtset osa. Komponentide, näiteks valgusallikate või kuumade elementide allakukkumine valgustite küljest peab olema välistatud.

## Kütteseadmed tuleohtlikes ruumides

Kütteseadmed tuleb paigaldada mittesüttivale alusele ning kütteseadmete korpuste temperatuur ei tohi tõusta üle valgustite kohta kehtestatud temperatuuri maksimumi piiri.

## Mootorid

Automaatselt või kaugjuhtimisega töötavad mootorid, mis ei ole pideva järelevalve all, tuleb kaitsta ülekuumenemise eest termokaitsetega, mis ei tohi olla automaatselt taastuvad, või analoogsete kaitseadmetega. Täht-kolmnurk käivitussüsteemiga varustatud mootoreid tuleb kaitsta ülekuumenemise eest ka tähtühenduse reziimil.

# 10.7 ERIOTSTARBELISED RUUMID

## 10.7.1 VANNITOAD JA DUŠIRUUMID

Vannitoaks või duširuumiks võib lugeda ruumi, milles on ettenähtud dušš kogu keha pesemiseks. Tualett, milles on trapp ja bidee, loetakse duširuumiks vaid sel juhul, kui selles on ka kogu keha pesemiseks ettenähtud ruum.

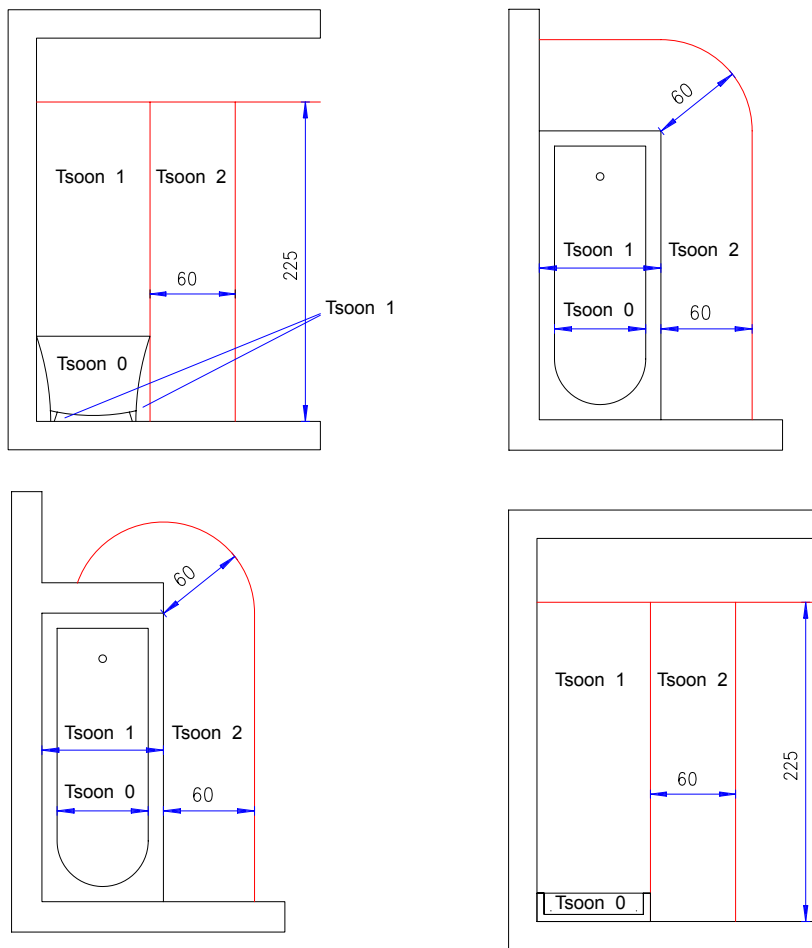
Kraaniga varustatud eeskoda ei vasta enamasti pesuruumidele kehtestatud erinõuetele.

### Tsoonideks jagunemine

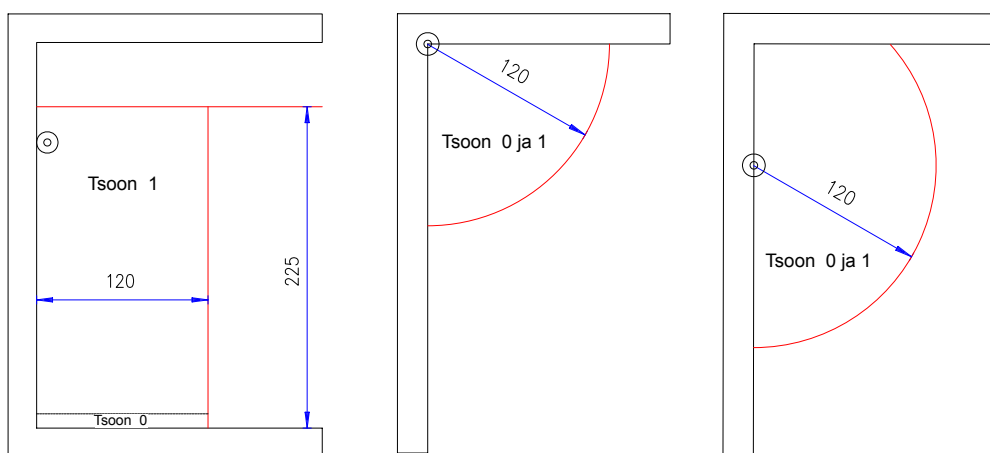
Vannitoad ja duširuumid jagatakse kolmeks tsooniks:

- 0. tsooni all mõeldakse vanni või dušialuse sisse jäävat ruumi.  
Kui ruumis on dušš, kuid puudub dušialus, siis ulatub põranda kohale jääv 0.tsoon 0,10 m kõrgusele põrandast ning külgsuunas vähemalt 1,2 m kaugusele dušist või püsipaigaldusega kraanist.
- 1.tsoon on 0.tsooni kohal olev ruum 2,25 m kõrgusel põrandast. 1.tsooni kuulub ka duši või vanni all olev ruum, kui selles ruumis saab teosta töid ilma spetsiaalsete tööriistadeta.
- 2.tsooni all mõeldakse vanniruumi 1.tsooni välisservast 0,6 meetri kaugusele ulatuvat ala. 2.tsoon ulatub põrandast 2,25 m kõrgusele.

Tsoonide jaotust on võimalik muuta näiteks vaheseina abil. Vaheseina konstruktsioon peab olema nii tihe, et vesi ei suudaks sellest läbi tungida. Dušikardinat ei saa pidada selliseks vaheseinaks.



Joonis 10.2. Tsoonide jaotus vannitoas.



Joonis 10.3. Tsoonide jaotus duširuumis.

## Rikkevoolukaitsed

Vanni- või duširuumis tuleb kõik ahelad kaitsta ühe või mitme maksimaalselt rakendusvooluga 30 mA rikkevoolukaitsmega. Rikkevoolukaitsesid ei ole vaja kasutada järgmistes ahelates:

- kaitsemeetmena on kasutusel elektriline eraldamine, milles ahel toidab ainult üht elektritarvitit
- kasutatakse SELV- või PELV- kaitsemeetodit.

## Elektriseadmete kaitseastmed

Vanni- ja duširuumides kasutatavate elektriseadmete kaitseaste peab olema vähemalt:

- 0.tsoonis: IPX7
- 1.tsoonis: IPX4
- 2.tsoonis: IPX4

Üldkasutatavates vanni- ja duširuumides peab 1. ja 2. tsoonidesse paigaldatavate elektriseadmete kaitseaste olema vähemalt IPX5, kui ruumi puhastatakse enamasti veejoaga. 2.tsoonis kaitseastme IPX4 rakendamise nõue ei kehti standardile EN 61558-2-5 vastava pardli pistikupesa kohta, kui selle sattumine otsese veejoa alla ei ole tõenäoline.

Kui vanni- või duširuumi juurde kuulub sauna leiliruum, peab ruumi 0., 1. ja 2. tsoonidest väljapoole jäävate elektriseadmete kaitseaste olema vähemalt IPX1. Muude klassifitseerimata tsoonide puhul on piisav kaitseaste IP X0.

## Lisapotentsiaalide ühtlustus vanni- ja duširuumis

Vanni- või duširuumiga hoonetes, kus on teostatud peapotentsiaalide ühtlustamine, lisapotentsiaalide ühtlustamist ei ole vaja rakendada.

Kui hoones puudub peapotentsiaalide ühtlustus, tuleb vanni- või duširuumi tulevad järgmised elektrit juhtivad detailid ühendada lisapotentsiaalideühtlustusega:

- vee- ja kanalisatsioonisüsteemide osad
- kütte- ja ventilatsioonisüsteemide osad
- gaasisüsteemide osad.

Lisapotentsiaalideühtlustamise abil ühendatakse üksteisega vanni- või duširuumides paiknevad muud elektrit juhtivad osad ning nendes tsoonides paiknevate pingetundlike detailide kaitsemaandusjuhtmed. Lisapotentsiaalide ühtlustamine parendab ohutust siis, kui potentsiaalideühtlustussüsteemiga on ühendatud kõikide samaaegselt puudutatavate elektriseadmete kaitsemaandusjuhgid ja kõik muud elektrit juhtivad osad.

## Pesuruumide seintes paiknevad juhtmed

Vanni- ja duširuumi 1. ja 2. tsoonide seinakonstruktsioonide pinnale või seinte sisse ei ole soovitatav paigaldada muid juhtmeid peale nende, mis tagavad toite vastavas tsoonis paiknevatele elektriseadmetele. Kui siiski tekkitab vajadus juhtmete paigaldamiseks, siis tuleb neid

- a) vedada pinnapealsepaigaldusena, mis tagab juhtmesüsteemide asukoha hea märgatavuse, või
- b) süvistada seina sisse vähemalt 5 cm sügavusele, mis tagab, et vannitoa inventari kinnitamiseks kasutatud kruvid ei ulatu juhtmesüsteemideni.

Punktides a) või b) toodud nõuete mittetäitmisel võib juhtmesüsteemid paigaldada siis, kui

- ahelad on kaitstud SELV- või PELV- süsteemiga või elektrilise eralduse abil, või
- ahelad on täiendavalt kaitstud Standardi osas 41 kirjeldatud maksimaalselt rakendusvooluga 30 mA rikkevoolukaitsmega ja ahelates on kaitsejuht, või
- süvistatud juhtmesüsteemis kasutatakse metallkestaga kaablit või juhistik on paigaldatud metallist paigaldustorusse või kasutatakse analoogse lahendusega paigaldusviisi.

## Pistikupesade ja lülitite paigaldamine duširuumi

Tavalise võrgupingega ühendatavaid pistikupesasid võib paigutada vanni- ja duširuumi ainult klassifitseerimata tsoonidesse.

0.tsoon:

Pistikupesade ja lülitusseadmete paigaldamine tsooni on keelatud.

1.tsoon:

0. ja 1. tsoonides on lubatud seadmete toidet tagavad klemmikarbid ja tarvikud.

SELV- ja PELV- süsteemide tarvikud, kaasa arvatud pistikupesad, mille maksimaalne toitepinge on vahelduvpinge puhul 12 V ning alalispinge puhul 30 V. Ahelasse kuuluv trafo tuleb paigaldada tsoonidest 0 ja 1 väljapoole.

2.tsoon:

SELV- ja PELV- süsteemide tarvikud, kaasa arvatud pistikupesad. Ahelasse kuuluv trafo tuleb paigaldada tsoonidest 0 ja 1 väljapoole.

Standardile EN 61558-2-5 vastavad kaitseeraldusega pardli pistikupesad.

Signaali- ja andmesideseadmetega ühendatud paigaldustarvikud, kaasa arvatud pistikupesad tingimusel, et need seadmed on kaitstud läbi SELV- või PELV- süsteemi.

## Muud elektriseadmed vanni- ja duširuumis

### 0. tsoon:

Elektriseadmed võib paigaldada ainult eeldusel, et seade vastab samaaegselt järgmistele nõuetele:

- vastab kehtivale standardile ning tootja paigaldus- ja kasutusjuhendi andmetel sobib selles tsoonis kasutamiseks
- on püsivalt kinnitatud ja ühendatud
- on kaitstud SELV- süsteemiga, mille pinge ei ületa vahelduvpinge puhul 12 V ja alalispinge puhul 30 V.

### 1. tsoon:

Võib paigaldada ainult püsivalt kinnitatud ja ühendatud elektriseadmeid. Seade peab tootja paigaldus- ja kasutusjuhise alusel olema 1.tsoonis kasutamiseks sobiv. Sellised seadmed on

- mullivanni seadmed
- dušipumbad
- SELV- ja PELV- süsteemiga kaitstud seadmed, mille pinge ei ületa vahelduvpinge puhul 12 V või alalispinge puhul 30 V
- ventilatsiooniseadmed
- kääterätikute kuivatusseadmed.

1. tsooni võib paigaldada kütteseadmeid ja valgusteid, kui

- need paiknevad ruumides, kus on dušš ilma dušialuseta, kraanist horisontaalsuunas üle 60 cm kaugusel, või
- ruum on mõõdetelt nii väike, et neid ei saa mõistlikkuse piires mujale paigaldada. Sellisel juhul tuleb valgustid ja kütteseadmed paigaldada nii, et ei tekkiks dušist tuleva veega või mehhaanilise vigastusega seotud ohtu.

## Halogeenvalgustus pesuruumides

Standardi EVS-EN 60364 kohaselt tuleb SELV- süsteemid nimipingele vaatamata vanni- ja duširuumides varustada kaudpuutekaitsega. Lisaks sellele peavad elektriseadmed 1. ja 2. tsoonides vastama niisketes ruumides kehtivatele kaitseastme nõuetele. Halogeenvalgusteid kaitseastmega IP20 on lubatud kasutada ainult klassifitseerimata tsoonides ja siis, kui ruumil puudub ühendus sauna leiliruumiga.

## Pesumasin vannitoas

Vanni- ja duširuumide 1.tsooni ei ole lubatud paigaldada pesumasinat, kuigi pistikupesa võib paikneda klassifitseerimata tsoonis. Selle nõude muutmine on praegu siiski juba kaalumisel.

Pesumasina paigutamine vannitoaruumide 2.tsoonis on lubatud, sellisel juhul peab pistikupesa paiknema klassifitseerimata tsoonis. Antud paigutuse puhul pesumasin

soovitatakse eraldada vannist vaheseinaga, et vannis olles, vanni minnes või vannist väljudes ei tekiks kokkupuudet pesumasina. Pesumasina kaitseaste peab olema IP 44.

Duširuumi 1.tsooni võib piirata dušiseina (või dušiseinte) ja liugukse (või analoogse püsipaigaldusega, kuid mitte dušikardina) abil selliselt, et 1. tsooniks tunnistatakse ainult nendega piiritletud tsooni sisse jääv ala. Kui kasutatakse ka dušialust, muutub aluse kõrval paiknev ruum 2.tsooniks ja sellisel juhul on tsoonide jaotus nagu vannitoa puhul.

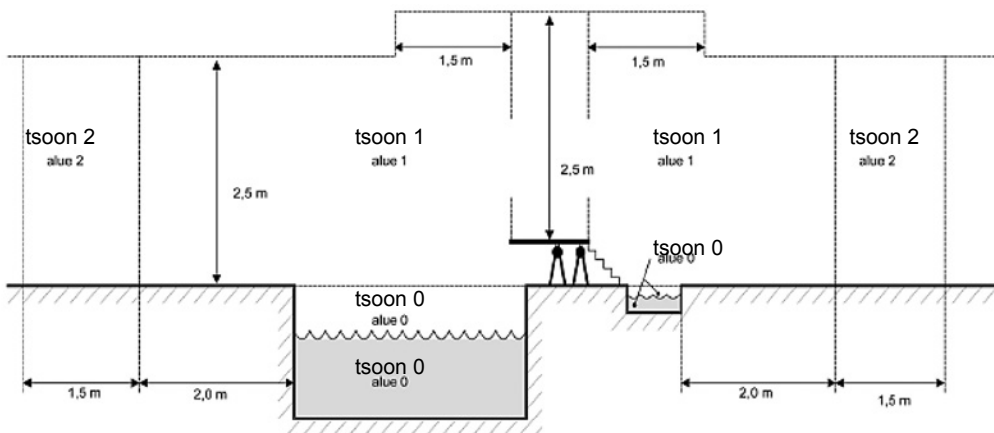
Kui dušiseinad sulguvad tihedalt ja neid saab duši all käimise ajaks sulgeda, võib dušiseina lugeda püsivaks seinaks. See mõjutab ka tsoonideks jagunemist ning elektriseadmete ja pistikupesade paigutamist. Kui eespool nimetatud tingimused ei ole täidetud, võib parima lahenduseni tsoonideks jagunemise osas jõuda dušialuse paigutamise teel.

### Elektrilised pörandakütteseadmed

Elektrilistest pörandakütteseadmetest võib paigaldada ainult küttekaableid või painduvaid kütteelemente, mis vastavad kehtivatele seadmestandarditele. Neil peab olema kas metallkest või metallkorpus või tihedasilmaline metallvõrk. Tihedasilmaline metallvõrk, metallkest või metallkorpus tuleb ühendada toiteahela kaitsejuhiga. Viimati nimetatud nõude rakendamine ei ole kohustuslik, kui pörandaküttesüsteem saab toite SELV- süsteemi kaudu.

Elektriliste pörandaküttesüsteemide puhul on kaitse elektrilise eraldamise teel keelatud.

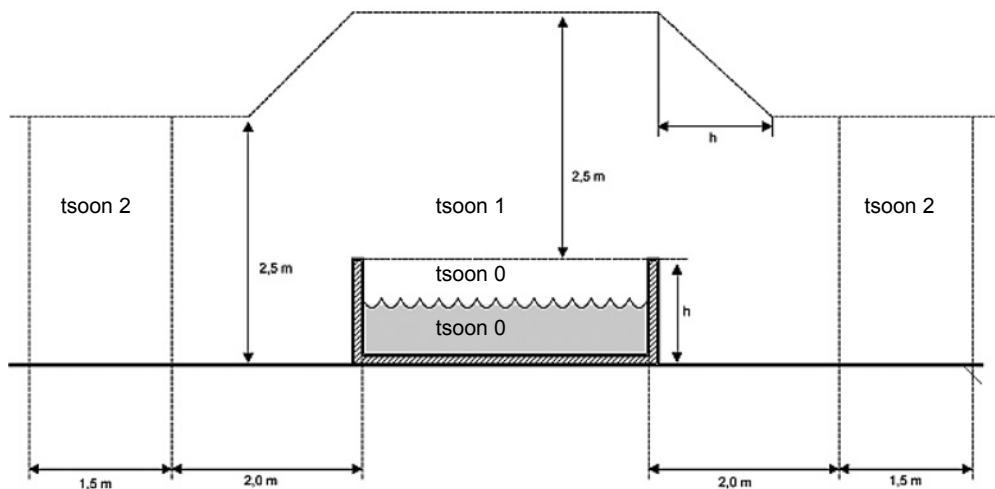
## 10.7.2 BASSEINID VMS. RAJATISED



NB! Tsoonide dimensioonid on piiratud seinte ja püsivate vaheseintega.

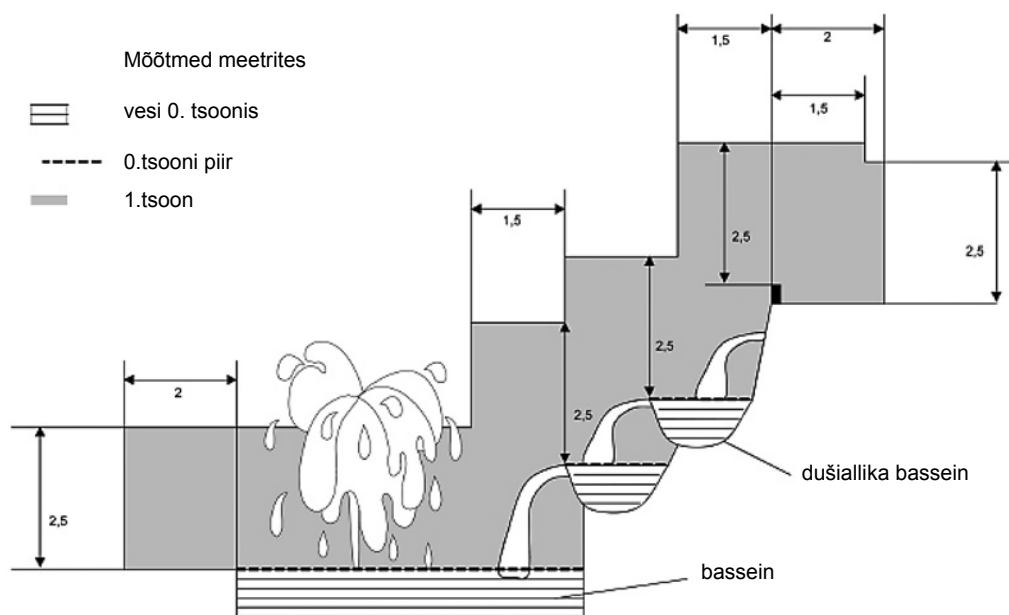
Joonis 10.4. Ujumis- ja suplubasseinide tsoonide mõõtmed.





NB! Tsoonide dimensioonid on piiratud seinte ja püsivate vaheseintega.

Joonis 10.5. Maapinnal paiknevate basseinide tsoonide mõõtmed.



Joonis 10.6. Näide dušiallika tsoonide mõõtmete määramisest.

Basseiniruumides nõutakse järgmisi kaitseastmeid:

- 0.tsoon: IP X8
- 1.tsoon: IP X4, kui puhastamine toimub tõenäoliselt veejoaga, on kaitseastme nõue IPX5
- 2.tsoon: IPX2 siseruumides, IPX4 välisruumides, IPX5, kui ruumide puhastamine toimub tõenäoliselt veejoaga

## Lisapotentsiaaliühtlustus basseiniruumides

Kõikides 0., 1. ja 2. tsoonides olevad muud elektrit juhtivad osad tuleb ühendada potentsiaaliühtlustusjuhtidega ning nendes tsoonides olevate seadmetekaitsejuhtidega. See kaitsejuhtidega ühendamine võib toimuda ruumi vahetus läheduses, näiteks paigaldustarvikus, harukarbis, jaotuskilbis või muus seadmes.

Näiteid lisapotentsiaaliühtlustusega ühendatavatest osadest:

- vundamendi armatuur, kui see on
- metalltorud
- puudutatavad metallkarkassi konstruktsioonid
- vee- ja õhutorude sisse- ja väljavooluavade võred-restid (välja arvatud siis, kui vastavad torud on tehtud isolatsioonimadustega materjalist).

Muude elektrit juhtivate osade vms. ühendamine lisapotentsiaaliühtlustamisega võib toimuda näiteks betooniarmatuuri kaudu.

Järgnevaid osi ei loeta muude elektrit juhtivate osade alla, ning nende ühendamine lisapotentsiaaliühtlustusega ei ole vajalik. Need osad on:

- vettehüppetornide trepid
- basseini trepid ja kaitsepiirded
- hüppelauad
- muud väikeste mõõtmetega elektrit juhtivad osad, milles pinnast erineva potentsiaali tekkimine on ebatõenäoline.

## Basseiniruumide seintesse ja põrandasse veetavad juhtmed

Järgnevad eeskirjad kehtivad pinnapealse paigalduse ning seintesse või põrandasse maksimaalselt 5 cm sügavusele paigaldatavate juhtmesüsteemide kohta:

0., 1. ja 2. tsoonides paigaldatud kokkupuutealast väljas olevad juhtmesüsteemide metallkestad või metallkatted tuleb ühendada potentsiaaliühtlustusega. Kaablid on soovitatav paigaldada isolatsioonimaterjalist paigaldustorudesse.

0. ja 1. tsoonides võib paigaldada ainult selliseid juhtmesüsteeme, mis on vajalikud nendes tsoonides olevate elektriseadmete toite tagamiseks.

## Pistikupesade ja lülitusseadmete paigaldamine basseiniruumides

0. tsoon:

Lülitusseadmete ja pistikupesade paigaldamine on keelatud.

1. tsoon:

Lülitusseadmete ja pistikupesade paigaldamine on keelatud, välja arvatud väikesed (ilubasseinide) basseiniruumid.

## 2. tsoon:

Lülitid ja pistikupesad on selles tsoonis lubatud ainult ahelates, mis on kaitstud järgnevalt:

- kasutatud SELV- süsteemi (peatükk 414), mille trafo on paigaldatud 0., 1. ja 2. tsoonidest väljapoole. SELV- süsteemide trafo võib paigaldada 2. tsooni, kui selle toiteahel on kaitstud maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.
- Toite automaatset väljalülitamist maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolu-kaitsmega.
- kasutatud elektrilist eraldamist (peatükk 413), kus eraldustrafo sekundaarmähisele on ühendatud ainult üks elektriseade ja eraldustrafod on paigaldatud 0, 1. ja 2. tsoonidest väljapoole. Elektrilise eralduse trafo võib olla paigaldatud 2. tsooni, kui toite ahel on kaitstud maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.

Pistikupesad tuleb ujumisbasseiniruumides paigutada enamasti basseini servast vähemalt 2,0 meetri kaugusele. Väikestes siseruumidesse paigutatavates basseinides piisab ka sellest, et on tagatud 1,25 vahekaugus 0.tsooni ahelast ning vähemalt 0,3 m kõrgus põrandast. Väikeste basseinide all mõeldakse tegelikkuses eramajades paiknevaid basseine. Pistikupesadena ja lülititena on soovitatav kasutada isolatsioonimaterjalist kaane või katteplaadiga varustatud konstruktsioone. Sellistel juhtudel tuleb kasutada järgmisi kaitsemeetmeid:

- nimipingelt maksimaalselt 25 V vahelduvpinget või 60 V alalispingega SELV- süsteemi, mille trafo on paigaldatud 0.0 ja 1. tsoonidest väljapoole, või
- toite automaatset väljalülitamist maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega, või
- elektrilist eraldamist kui iga eraldustrafo sekundaarmähisele on ühendatud ainult üks elektriseade ja eraldustrafod on paigutatud 0. ja 1. tsoonidest väljapoole.

## Valgustite paigaldused basseiniruumides

### 0. tsoon:

Vees paiknevad või veega kokku puutuvad valgustid peavad vastama standardis EN 60598-2-18 kehtestatud nõuetele. Veekindlate valgusavade taha paigutatud ja tagant hooldatavate valgustite omadused peavad vastama standardiseeria EN 60598 rakendatavas osas kehtestatud nõuetele. Neid valgusteid tuleb paigaldada selliselt, et ei tekiks tahtlikku ega tahtmatut elektrit juhtivat ühendust veealuse valgustipaigaldise ühegi juhtiva osa ja valgusava juhtiva osa vahele.

## 1. tsoon:

Väikestes basseiniruumides on valgustid lubatud ka 1.tsoonis, kui paigaldust ei ole muul viisil võimalik teha ja valgustid paigutatakse vähemalt 1,25 m kaugusele 0.tsooni ahelast ja kaitsemeetodina on kasutatud

- SELV- süsteemi, mille pingesallikas on paigaldatud 0. ja 1. tsoonidest väljapoole, või
- toite automaatset väljalülitamist (Standard EVS EN 60364 , osa 41) kasutades maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsset, või
- elektrilist eraldamist (standard EVS EN 60364 , osa 41), kus iga eraldustrafo sekundaarmähisele on ühendatud ainult üks elektriseade ja eraldustrafo on paigutatud 0. ja 1. tsoonidest väljapoole.

Lisaks peab valgustite kaitseaste vastama klassi II-kaitseklassi või vastava isolatsioonitaseme nõuetele ning taluma mehhaanilisi lööke.

## 2. soon:

Tsoonis on lubatud valgustite paigaldused, eeldusel, et nende kaitseastmenõue on täidetud ja kaitsemeetodina on kasutatud vähemalt üht alljärgnevat:

- SELV- süsteemi, mille trafo on paigaldatud 0., 1. ja 2. tsoonidest väljapoole. SELV-süsteemi trafot on lubatud paigaldada 2. tsooni, kui selle toiteahel on kaitstud maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.
- Toite automaatset väljalülitamist, kasutades kaitseesadmena maksimaalselt rakendusvooluga 30 mA rikkevoolukaitsset või elektrilist eraldamist (standard EVS- EN 60364 , osa 41), kus iga eraldustrafo sekundaarmähisele on ühendatud ainult üks elektriseade ja eraldustrafod on paigutatud 0. ja 1. tsoonidest väljapoole. Elektrilise eraldamise trafot on lubatud paigutada ka 2.tsooni, kui selle toiteahel on kaitstud maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.

## Elektritarvite paigaldused basseiniruumides

0., ja 1. tsoonides on lubatud kasutada ainult püsivalt paigaldatud ja spetsiaalselt basseinides kasutamiseks mõeldud elektritarviteid.

Seadmeid, mis on mõeldud kasutamiseks ainult siis, kui tsoonis ei ole inimesi, võib kasutada kõikides tsoonides eeldades, et neile toiteahelad on kaitstud maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.

1.tsoonis on lubatud maksimaalselt 12 V vahelduvpingega või 30 V alalispingega SELV-väikepingesüsteemi kaudu toite saavad seadmed. Lisaks on lubatud muu väikepingetoitega seadmed, mis on spetsiaalselt basseinides ja muudes analoogsetes kohtades kasutamiseks mõeldud ja püsivalt paigaldatud elektriseadmed (nt. filtrid või vee

voolavuse tagavad seadmed) eeldusel, et alljärgnevad nõuded on täidetud:

- a) Seadmed on paigutatud isolatsioonimaterjalist korpusesse, mis tagab vähemalt klassile II vastava kaitse ja kaitseb ühtlasi mehhaanilise mõjutuse eest keskmise koormuse (AG 2) alusel. See nõue kehtib sõltumata seadme kehtivast klassifikatsioonist.
- b) Seadmete puudutamine on võimalik ainult võtmega või tööriistaga avatava luugi (või ukse) kaudu. Luugi (või ukse) avamine lülitab pingestatud juhtmetest pinge välja. Toitekaabel ja lahutusseadmed tuleb paigaldada klassile II vastava isolatsiooni tagaval viisil.
- c) Sellisele seadmele toite tagava vooluahela kaitsemeetodina tuleb kasutada
  - nimipingelt maksimaalselt 25 V vahelduvpingele või 60 V alalispingele vastavat SELV- süsteemi, mille trafo on paigaldatud tsoonidest 0,1 ja 2 väljapoole, või
  - toite automaatse väljalülitamisega, kasutades maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsset, või
  - elektrilist eraldatust kus eraldustrafo sekundaarmähisele on ühendatud ainult üks elektriseade ja eraldustrafo on paigutatud tsoonidest 0 ja 1 väljapoole.

### **Põrandasse süvistatud kütteelemendid**

Põrandasse võib süvistada kütteelemente eeldusel, et nende

- kaitsemeetodina kasutatakse SELV-süsteemi, mille trafo on paigaldatud 0., 1. ja 2. tsoonidest väljapoole. SELV-süsteemi trafo võib paigaldada 2.tsooni, kui selle toiteahel on kaitstud maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega, või
- kütteelemendid on kaetud põrandasse süvistatud maandatud metallvõrguga või metallkattega, mis on ühendatud täiendava potentsiaaliühtlustusega ja kütteelementidele toite tagavad ahelad on lisaks kaitstud maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.

Vt. tabelid 10.4 ja 10.5.

### **Supelrannad ja jääaugud**

Looduslike supelrannade ja talisuplejate jääaukude elektripaigaldiste puhul esinevad samad ohutegurid nagu basseinides. Looduslikes veekogudes tuleb arvestada tõenäoliselt kasutusel olevat suplusranda ja järgida selles osas 0.tsoonis kehtivaid nõudeid.

Looduslikes supelrannades võib seda standardit rakendada alljärgneval viisil, näiteks talisuplejate jääaukude, ujumisredelite ja radade sulatamise ja valgustamise toiteseadmete kaitsmiseks. Need nõuded kehtivad nii püsivalt teostatud kui ka ajutiste paigaldiste kohta.

Tabel 10.4. Basseinide ja vastavate ruumide eri tsoonides rakendatavad kaitsemeetodid.

Tsoonid <sup>1</sup>	Kaitsemeetod				
	SELV- süsteem, mille suurim ping <sup>2</sup>	Elektriline lahtamine, seadmete arv trafo kohta	Toite automaatne väljalülitamine	Standardi punkt	Kaitseaste <sup>3</sup>
0.tsoon					
A2	12 V a.c. või 30 V d.c.	ei ole lubatud	ei ole lubatud	702.410.3.10.1	IPX8
B	50 V a.c. või 120 V d.c.	1	RCD ≤ 30 mA	702.410.3.10.2	
C2	50 V a.c. või 120 V d.c.	1	RCD ≤ 30 mA	702.410.3.10.1	
1.tsoon					
A2	12 V a.c. või 30 V d.c.	ei ole lubatud	ei ole lubatud	702.410.3.10.2	IPX5/4
B	50 V a.c. või 120 V d.c.	1	RCD ≤ 30 mA	702.471.3.2	
E	25 V a.c. või 60 V d.c.	1	RCD ≤ 30 mA	702.53	
F	50 V a.c. või 120 V d.c.	1	RCD ≤ 30 mA	702.55.4	
2.tsoon					
A	50 V a.c. või 120 V d.c.	1	RCD ≤ 30 mA	702.410.3.10.3	IPX2/5/4
B4	-	-	-	702.32	
D	50 V a.c. või 120 V d.c.	1	RCD ≤ 30 mA	702.53	

- 1 A: Üldiselt  
 B: Ainult dušiallikatele  
 C: Basseinide sees olevatele seadmetele toite tagavad ahelad, kui inimesed on 0.tsoonist väljaspool  
 D: Pistikupesad ja lülitid  
 E: Pistikupesad ja lülitid väikestes basseiniruumides  
 F: Valgustid väikestes basseiniruumides
- 2 Vt. ka punkt 702.414.4.5 ja pingevalika asukoha osas punkt 702.410.3.10.1
- 3 Vt. punkt 702.512.2
- 4 Ei ole dušiallikatele määratletud

NB. 1 Lühend RCD tähendab rikkevoolukaitset.

Neid erinõudeid ei pea täitma, kui kütmine või sulatamine toimub elekterkütte kaudsete köetavate või sulatatavate küttesüsteemide kaudu, kus isolatsioonimaterjalist torudes toimub elektriga soojendatud vedeliku või õhu ringlus, ning elektriline kütteallikas on veest horisontaalsuunas vähemalt 2,0 m kaugusel. Kütteallikas võib olla lähemal, kui selle toide on kaitstud kasutades maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitset.

Elektriseadmete kaitseastme ja löögikindluse suhtes rakendatakse basseinide kohta kehtivate standardite üldnõudeid ja standardiseeria EVS- EN 60364 osas 5-51 toodud eritingimuste nõudeid.

**Tabel 10.5. Elektriseadmete valik ja paigaldamine basseinide ja analoogsete ruumide eritsoonides.**

	Seadmed 0.tsoonis	Seadmed 1.tsoonis	Seadmed 2.tsoonis	Standardi punkt	Märkused
Juhtmesüsteem	Vt. standardi punkt 702.522			702.522	
Jaotuskarbid	Ei	Lubatud 1.tsoonis ainult SELV- süsteemides	Jah	702.522.24	On lubatud 1.tsoonis SELV-süsteemides
Lülitusseadmed (välja arvatud pistikupesad ja lülitid)	Ei	Ei	Jah	702.531	
Pistikupesad ja lülitid	Ei	Jah Vt. märkused	Jah Vt. märkused	702.531	2.tsoonis nõutakse erikaitsemeetmete rakendamist. Väikestes basseiniruumides 1.tsoonis: vähemalt 1,25 m vahekaugus 0.tsoonist ja vähemalt 0,3 m põrandast kõrgemal
Muud seadmed:					
Erikonstruksiooni-ga, mõeldud basseinides kasutamiseks	Jah	Jah	Jah	702.55.1	2.tsoonis seadmete kasutamiseks piirangud puuduvad
Põrandasse süvitatud kütteelemendid	-	Jah	Jah	702.55.1	2.tsoonis kehtib osa 7-753
Veealune valgustus	Jah	Ei rakendata	Ei rakendata	702.55.2	Erikonstruksiooniga
Dušiallikates	Jah	Jah	-	702.55.3	0. ja 1. tsoonis on erinõuded
Püsivalt paigaldatud seadmed 1.tsoonis	Ei rakendata	Jah	Ei rakendata	702.55.4	Erinõuded valgustitele
1.tsoonis paigaldatud valgustid	Ei rakendata	Jah Vt. märkused	Ei rakendata	702.55.4	Erinõuded
Kaitseaste	IPX8	IPX5/42	IPX2/4/53	702.512.2	

1 Vt. ka tabel 702A.1.

2 IPX4 hoonete sees olevate basseinide puhul, mida tavaliselt veejoaga ei puhastata.

3 IPX2 siseruumide, IPX4 välisruumide puhul, IPX5, kui puhastamiseks kasutatakse tõenäoliselt veejuga.

### Elektriseadmed, mida puudutatakse vees olles

Selliste elektriseadmete puhul, mida puudutatakse vees olles, näiteks ujularedelite soojenduse kaitseks tuleb kasutada SELV-süsteemi, mille nimipinge on vahelduvpinge

puhul maksimaalselt 12 V või alalispinge puhul 30 V ja mille trafo on paigaldatud veest horisontaalsuunas vähemalt 2,0 m kaugusele. Trafo võib olla lähemal, kui selle toide on kaitstud kasutades maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitset.

### **Vees paiknevad elektriseadmed, millega ujujal puudub kontakt**

Kui vees kasutatakse selliseid elektriseadmeid, mida ujumise ajal ei puudutata, näiteks pumbad, valgustid, jääaugu jääst vabana hoidvad seadmed vms., võib kasutada samasid kaitseviise kui basseini 1.tsooni paigutatud elektriseadmete kaitsmiseks. Selline seade tuleb paigaldada kaitsvasse isolatsioonimaterjalist korpusesse. Korpuses võib olla avasid, kuid need peavad olema sellised, et nende kaudu ei saaks elektriseadmeid käe või sõrmega puudutada.

Kaitse elektrilöögi eest tuleb tagada kasutades

- Nimipingelt vahelduvpinge puhul maksimaalselt 25 V või alalispinge puhul 60 V SELV-süsteemi, mille trafo on paigaldatud veest horisontaalsuunas vähemalt 2,0 m kaugusele, või
- toite automaatset väljalülitamist, kasutades maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitset või
- elektrilist eraldamist, kus eraldustrafo sekundaarmähisele on ühendatud ainult üks elektriseade eraldustrafo on veest horisontaalsuunas vähemalt 2,0 m kaugusel.

Kui elektriseade, näiteks dušipump või valgusti paikneb ujumiskohast nii kaugel, et seda ei ole võimalik puudutada, võib elektriseadme kaitsmiseks kasutada toite automaatset väljalülitamist, kasutades maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitset või elektrilist eraldamist.

Aeg-ajalt kasutatavate sukelpumpade ja analoogsete seadmete puhul võib kasutada toite automaatset väljalülitamist, kasutades maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitset.

### **Elektriseadmed, mis paiknevad rannal**

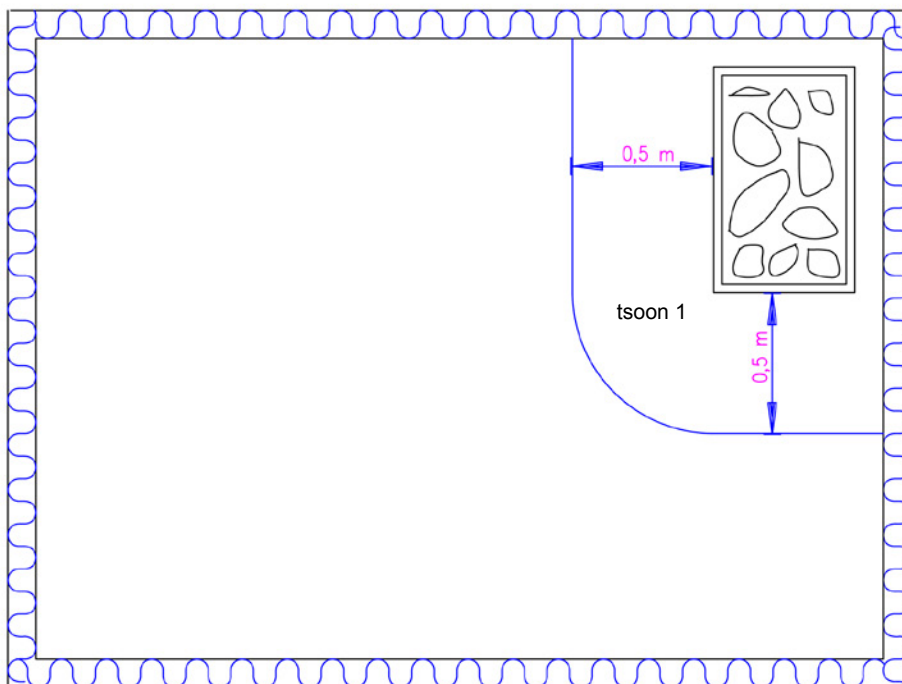
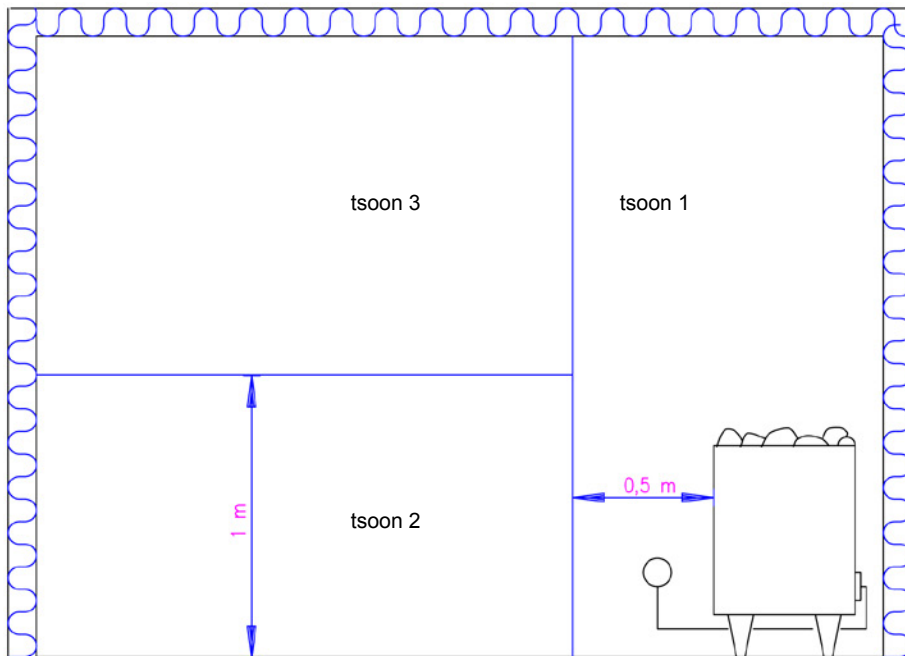
Rannal või kail vees horisontaalsuunas kuni 2,0 m kaugusel paiknevate elektriseadmete puhul rakendatakse samu kaitsemeetodeid nagu seadmete paigaldamisel basseini ruumidesse. Elektriseadmeid on vaja paigaldada isolatsioonimaterjalist korpusesse või töövahendi abil avatava luugi taha.

Põrandasse, pinnasesse või pinnase või kai pinnale paigaldatud kütteelemente tuleb kaitsta samal viisil nagu basseini ruumi põrandasse süvistatud kütteelemente. Kui kütteelemendid paigaldatakse pinnasesse või kai vms. pinnale, tuleb neid lisaks kaitsta ka mehhaaniliselt vastupidava kaitsekihiga. Kaitsekihi materjaliks võib olla betoon, kivi vms. lisamaterjal, täiendav lisakaitse võib olla toote, näiteks küttemati, osa. Küttematt või eraldi kaitsekiht tuleb kinnitada piisavalt hästi ja selliselt, et see ei hakkaks kasutamise ajal liikuma.



### 10.7.3 SAUNAD

#### Sauna tsoonijaotus ja erinevates tsoonides lubatud paigaldused



Joonis 10.7. Sauna tsoonijaotus.

Elektriseadme kaitseaste peab vastama vähemalt IP24 nõuetele. Kui puhastamiseks kasutatakse tõenäoliselt veejuga, peab elektriseadmete kaitseaste olema vähemalt IPX5.

Kõik sauna elektripaigaldiste vooluahelad, välja arvatud elektrikerise toide ja kerisega ühendatud seadmed, tuleb kaitsta ühe või mitme maksimaalselt 30 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.

Sauna paigaldatavate elektriseadmete paigaldustingimused määratakse sauna tsoonide jaotuse alusel.

1.tsoon:

Võib paigaldada ainult kerise ning selle kasutamiseks vajalikud elektriseadmed.

2.tsoon:

Elektriseadmete kuumustaluvusele ei ole erinõudeid kehtestatud. Pistikupesade paigaldamine on keelatud. Kuigi tsoonis ei ole elektriseadmetele kuumustaluvuse osas nõudeid kehtestatud, tuleb ruumis eeldatavasti tekkivat temperatuuri siiski arvestada. Temperatuur võib olla tavapärasest kõrgem eeskätt siis, kui elektriseadmed paigaldatakse kerise ülemise serva tasandist kõrgemale.

Seega võib 2. tsooni paigaldada näiteks veepumba, soojaveeboileri, soojendusseadme või muu püsivalt paigaldatud elektriseadme, kui eespool toodud nõuded on täidetud. Leiliruumi ei ole lubatud paigaldada veepumba survelülitit, veetoru jäätumist takistava elektrikaabli lülitit või põrandaküttetermostaati. Seadmete talituse juhtimiseks kasutatavad lülitid tuleb paigaldada leiliruumist väljapoole. Soojaveeboileri sisseehitatud termostaat ja lülitusseadmed on lubatud kasutada 2.tsoonis. Samuti veepumba ehitusse kuuluv survenupp ning mootori ülekoormuse kaitse võivad paikneda 2.tsoonis.

Eraldi lülitite ja seadmete juurde kuuluvate tavaliste kasutuslülitite paigaldamine 2. tsooni on keelatud.

3.tsoon:

Elektriseadmed peavad taluma vähemalt 125 °C keskkonna temperatuuri ning juhtmete isolatsioon peab taluma vähemalt 170 °C temperatuuri.

### **Juhtmete valik ja paigaldamine**

Juhtmesüsteemid on soovitatav paigaldada eeskätt tsoonidest väljapoole ehk soojusisolatsiooni külmale poolele. Kui juhtmesüsteeme paigaldatakse 1. või 3. tsoonidesse ehk soojusisolatsiooni soojale poolele, peavad kaablid olema kuumakindlad. Kuni 1 m kõrgusele paigaldatud kerise ühenduskarbi toiteks võib kasutada tavalist kaablit. Kerise

ühenduskaabel peab standardi EN 60335-2-53 nõuete kohaselt olema tüübilt H07RN-F või vastav analoog. Metallist torud ja kaablite metallkatted ei tohi tavakasutamisel kasutajatega kokkupuutesse sattuda.

### **Kerise paigaldus**

Kerise paigaldamisel tuleb järgida kerise tootja antud juhiseid. Paigalduse ja kasutusjuhiste kohta on kehtestatud nõudeid ka kerise seadmestandardis. Saunakerist käsitlevas standardis nõutakse muuhulgas, et kõikide erasaunade leiliruumid tuleb enne kerise sisselülitamist üle kontrollida. Kui sauna kerist soovitakse kasutada kaugjuhtimisega, peab vastavate ühenduste tegemisel järgima tootja antud juhiseid.

## **10.7.4 PÕLLUMAJANDUS- JA AIANDUSKASUTUSES OLEVAD RUUMID**

Põllumajandus- ja aianduskasutuses olevate hoonete all mõeldakse ruume, milles

- peetakse karja
- toodetakse, ladustatakse, valmistatakse või käideldakse loomasööta, väetisi, köögivilju ja loomseid saadusi
- kasvatatakse taimi, näiteks kasvuhooned.

Näiteid ruumide kohta:

Laudad, tallid, sigalad, kanalad, sööda ja heina käitlus- ja ladustamisruumid, kasvuhooned jms. ruumid. Sööda, heina, juurviljade, köögiviljade jms. käitlus- ja ladustamisruumide ning analoogsete ruumide kohta kehtivad nõuded hõlmavad enamasti ruume, kus käideldakse tooteid lahtisel kujul. Kui sööta, väetisi või analoogseid aineid käideldakse tihedates avamata kottides, järgitakse elektripaigaldiste puhul üldkehtivaid nõudeid.

Põllumajanduskasutuses olevate hoonete all ei mõelda talude eluhooneid. Nõudeid ei rakendata ka remondihallide või muude selliste ruumide puhul, mille eriomadused ei seostu teravilja või loomade vms. käitlemisega.

### **Maandussüsteem ja kaitsemeetodid**

Kui paigaldis saab toite TN-süsteemist, tuleb paigaldamisel kasutada eraldi neutraal- ja kaitsejuhti alates liitumispunktist. See nõue kehtib ka eluasemete ja muude ruumide kohta, mis kuuluvad põllumajandus- või aianduskasutuses olevate ruumide hulka.

Olenemata maandusviisist tuleb toiteahelas alati kasutada järgmisi väljalülitusseadmeid:

- loomadega kokkupuutesse sattuda võivate seadmete toiteahelad ja loomade aluspindade põrandakütete, tuleb kaitsta rikkevoolukaitselülitiga, mille nimivoolus on maksimaalselt 10 mA.

- kuni 32 A pistikupesadele toite tagavatel rühmajuhtmetel rikkevoolukaitset, mille nimirakendusvool  $I_{\Delta n}$  on maksimaalselt 30 mA
- üle 32 A pistikupesadele toite tagavatel rühmajuhtmetel rikkevoolukaitset, mille  $I_{\Delta n}$  on maksimaalselt 100 mA
- muude rühmajuhtmete puhul rikkevoolukaitset, mille  $I_{\Delta n}$  on maksimaalselt 300 mA.

## Lisapotentsiaaliühtlustus loomapidamisruumides

Koduloomad võivad inimestest sagedamini elektrilöögi saada ja seetõttu on loomapidamisruumide kohta kehtestatud üldnõuete kaitsemeetodite kõrval veel täiendavaid nõudeid.

Peamine lähtekoht on see, et elektriseadmed tuleb paigutada selliselt, et need ei satuks loomadega kontakti. Jaotuskilbid ja vastavad elektriseadmed paigutatakse eraldi seadmeruumi või kappi.

Koduloomadega kokkupuutuvate osade potentsiaaliühtlustamine hoiab ära rikke puhul ohtlike pingete tekke. Lisaks tavaolukordades lekkevoole vms. tõttu tekkivad potentsiaalide vahed võivad koduloomade käitumisele ja tootlikkusele ebasoodsat mõju avaldada.

Täiendava potentsiaaliühtlustamise puhul ühendatakse kõik koduloomadega kokkupuutuvad ja pinge suhtes tundlikud osad ja muud elektrit juhtivad osad (latrite konstruktsioonid, jootmisnõud koos torustikuga, lüpsiseadmete elektrit juhtivad torud, sõnnikusõrestike raamid jne.) usaldusväärselt üksteise külge ja potentsiaaliühtlustuse lattidega ning sealt edasi kilbi kaitsejuhtide ühenduslatiga. Lisaks koduloomadega kokkupuutes olevatele elektrit juhtivatele osadele on oluline ühendada lisapotentsiaaliühtlustusega põranda betooniarmatuur või potentsiaaliühtlustamiseks põrandasse süvistatud metallvõrk ja põranda all olevate virtsa- ja sõnnikuhoidlate betoonelementide armatuurid.

On soovitatav, et tehases valatud betoonelementidest valmistatud ülestõstetud põrandad ühendatakse potentsiaaliühtlustusega. Lisapotentsiaaliühtlustus ja võimalik metallvõrk tuleb paigaldada selliselt, et need oleksid usaldusväärsel viisil kaitstud mehhaanilise mõjutuse ja korrosiooni eest.

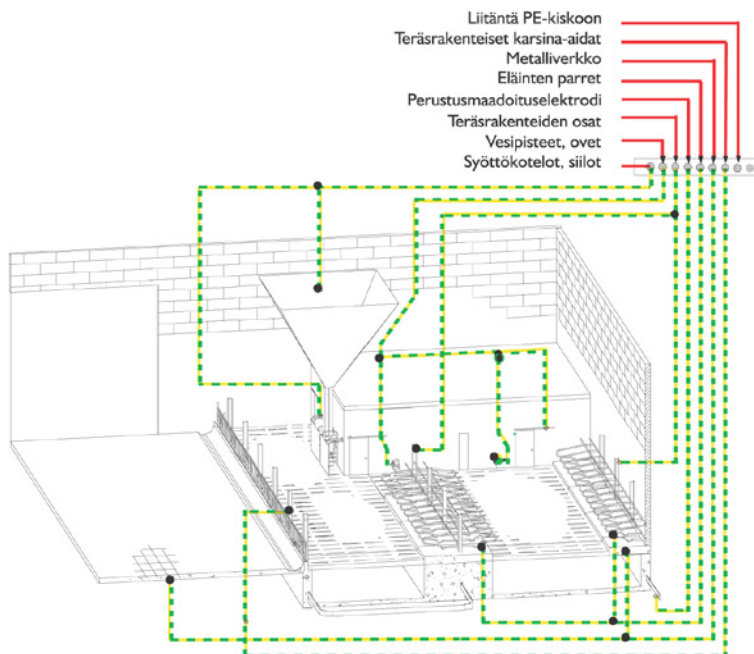
Võimalike sammupingete vähendamiseks potentsiaaliühtlustatud ja muu, näiteks välisruumi vahel võib loomade liikumisavade kohal kasutada paari meetri ulatuses halvasti elektrit juhtivat kattematerjali, näiteks jämedat kruusa, puidust silda vms.

Lisapotentsiaaliühtlustamist kasutatakse uutes loomapidamishoonetes ja vanade loomapidamishoonete täieliku renoveerimise puhul. Vanades loomapidamisruumides on sageli kasutatud metallist detailide, näiteks jootmis- ja söötmissüsteemi nõude vms. hoolikat isoleerimist.

Näide loomapidamisruumide täiendava potentsiaaliühtlustamise kohta on joonisel 10.8.

## Tulekaitse

Rikke tõttu tekkinud lekkevoolu ja maalühiste osas tuleb tuleohutusekskaitseks kasutada maksimaalselt 300 mA nimivooluga rikkevoolukaitset. Rikkevoolukaitsemega tuleb ühendada kõik pingestatud juhtmed. Kui nõutakse süsteemi töökindlust, peavad seadmete (peale pistikupesade) kaitset tagavad rikkevoolukaitsemed olema S-tüüpi või ajalisel aeglustatud. Rühmajuhthmete rikkevoolukaitse toimib ka tulekaitsena. See võimaldab vältida uusehitistes rikkevoolukaitsete järjestikust paigaldamist.



**Joonis 10.8. Lisapotsiaaliühendus loomapidamisruumides.**

Mitme eriotstarbelise seadme kaitset ei ole mõtet teostada ühe rikkevoolukaitse alusel, paigalduse võib jagada sobivateks osadeks ja kasutada mitut 300 mA rikkevoolukaitset. Selline grupeerimine võib osutuda vajalikuks siis, kui elektriseadmed on loomadele eluliselt vajalikke seadmeid, näiteks ventilatsiooniseadmeid.

## Turvasüsteemid

Kariloomadele mõeldud hoonetes, kus automaatsete süsteemide kasutamine loomadele vajalike tingimuste tagamiseks on vältimatu (suure loomade arvuga karjakasvatus), tuleb arvestada järgmisi nõudeid:

- Kui sööda või vee etteandmine, ventilatsiooni ja/või valgustuse toimivus ei ole elektrikatkestuse ajal tagatud, peab elektritoide olema toetatud alternatiivse või varutoitesüsteemiga. Ventilatsiooni- ja valgustusseadmete toiteks tuleb kasutada eraldi ahelaid, mis kindlustavad toite ainult ventilatsiooni ja valgustuse tagamiseks vajalikele elektriseadmetele.

- b) Ventilatsioonisüsteemi toitvate peaaehelate selektiivsus peab olema tagatud kõiki-de liigvoolu- ja/või maalühise olukordades.
- c) Kui elektritoitel ventilatsiooni kasutamine on paigalduses vajalik, tuleb kasutada üht alljärgnevatest võtetest:
- reservtoitesüsteemi rakendamine, mis tagab piisava toite ventilatsioonisüsteemile. Funktsionaalsuse tagamiseks tuleb reservtoitesüsteemi lähedusse paigutada teade, milles on öeldud, et reservtoiteseadet tuleb regulaarselt testida tootja juhiseid järgides
  - temperatuuri ja toitepinge jälgimine. Seda saab teostada ühe või mitme valve-seadmega, mis peavad edastama nähtava ja kuuldava signaali, mida kasutajal on lihtne märgata. Valveseadmete toide peab olema tavapärasest toitest sõltumatu.

Koduloomadele vajalike tingimuste tagamiseks kasutatavate süsteemide näidetena võib mainida sööda-, joogivee- ja ventilatsioonisüsteeme. Suure loomade arvuga loo-mapidamishoonete hulka kuuluvad näiteks sigalad, kanalad, veiselaudad, aga ka kala-kasvatuseks kasutatavad kalatiigid.

## Valgustid ja valgustuspaigaldised

Valgustid peavad vastavama standardi EN 60598-seeria nõuetele ning nende kaitseaste ja pinnatemperatuur tuleb valida ümbritsevate tsoonide ja paigalduskohtade tingimus-test lähtudes (näit. IP54 ja tuleohtlikele materjalidele paigaldamiseks sobiva seadme tähistamine). Kasvuhoonevalgustite kaitseaste võib olla IP23, kui neile ei lange vee-pritseid. Tsoonides, kus tekib tulekahju ja tuleohtliku materjali kogunemise oht, on lubatud kasutada ainult selliseid valgusteid, mille pinnatemperatuur on piiratud ja mis on tähistatud EN 60598-2-24 nõuete kohaselt.

Eespool nimetatud tähistusega varustatud valgusteid võib paigaldada ainult siis, kui valgusallikaga valgusti kaitseaste on vähemalt IP54.

Valgustid tuleb paigaldada kohtadesse, kus on piisavalt suur vahekaugus tuleohtlikest materjalidest, arvestades kaupade säilitamise ja muid ohtu põhjustavaid tööprotsesse. Ohutud vahekaugused on toodud tootja poolt antud paigaldusjuhistes.

Heina- ja põuhuoidlates või analoogsetes ruumides olevate lülitatavate (sisse või välja) valgustite olek peab olema lüliti asukohast nähtav või seda tuleb väljendada hästi nähtava signaallambiga.

## Küttesüsteemid

Karjakasvatuses kasutatavad kütteseadmed peavad vastama standardis EN 60335-2-71 kehtestatud nõuetele ning need tuleb paigaldada püsivalt kohtadesse, kus on välditud:

- karjale tekkida võivate põletushaavade oht ja
- tuleohtlike ainete süttimisest tulenev tulekahjuoht.

Kiirgussoojendid tuleb paigaldada loomade puuteulatusest ja tuleohtlikest materjalidest vähemalt 0,5 m kaugusele, kui soojendi tootja ei ole kasutusjuhendis kehtestanud veelgi suurema vahemaa nõuet.

Kasutada on lubatud ainult selliseid elektrilisi soojendusseadmeid, millel on selge olekule viitav tähistus.

## Välistegurite mõjud

Elektriseadmete kaitseaste peab vastama vähemalt IP44 nõuetele. Kõrgemat kaitseastet võib nõuda välistingimuste mõjul. Lisaks tuleb arvestada nt. võimaliku survepesuri kasutamisega. Kaitseaste IP44 ei ole surveduši jaoks piisav. Kasvuhoonevalgustite piisav kaitseaste on IP23, kui valgustid ei puutu kokku kastmisvee pritsmetega.

Pistikupesad tuleb paigaldada sellisesse kohta, kus need ei puutu eeldatavasti kokku tuleohtlike materjalidega. Kaitse võib olla teostatud kasutades lisakorpust või paigaldades seadmed süvistatult.

Lisaks kaitsele vee eest peavad elektriseadmed ja elektripaigaldised olema ka piisava korrosioonikindlusega. Loomapidamishoonetes tuleb arvestada ka ammoniaagi mõjuga. Seetõttu on soovitatav kasutada seadmeid ja paigaldustarvikuid, mis on kaetud isolatsioonimaterjalist kaitsekihiga, mitte metallikihiga, kuid samas tuleb kontrollida, et seadmetel on kasutustingimusteks vajalik piisav mehhaaniline tugevus.

Teisaldatavate ühendusjuhtmetena kasutatakse mehhaaniliselt piisavalt tugevaid kummikaableid, mille tüübitähistus on vähemalt H07 RN-F, H07 BB-F või analoogne.

Elektriseadmed tuleb enamasti paigutada loomadele mittekättesaadavasse kohta. Seadmed, mida ei ole võimalik paigaldada loomadele mittekättesaadavalt, näiteks söödaseadmed ja jootmisanumad, peavad olema kasutustingimustele kohandatud ehitusega ning paigaldatud selliselt, et loomad ei saaks neid vigastada ning ka loomadele seadmetest tekkida võivate vigastuste oht oleks minimaalne.

Ruumides, kus loomad viibivad või kuhu nad pääsevad, tuleb juhtmesüsteemid paigaldada kariloomadele mittekättesaadavasse ulatusse või kaitsta sobival viisil mehhaaniliste vigastuste eest.

Lahutus- ja ühendusseadmeid ning avariilülitus- ja avariiseiskamisseadmeid ei tohi paigutada loomadele kättesaadavasse kohta või sellisesse kohta, kuhu sisenemist võivad loomad takistada. Nõude täitmisel tuleb arvestada ka loomade paanikasse sattumise ohtu.

Õhuliinid peavad olema isoleeritud ja paigaldamisel tuleb arvestada põllumajandusmasinatele vajalikku liikumiskõrgust. Maakaablite paigaldamisel tuleb arvesse võtta pinnase võimaliku töötlemist.

Põllumajandus- ja karjapidamishoonete elektripaigaldiste kohta on antud detailsed juhised nt. Agro-Elektro väljaandes "Sähkõn käyttö ja turvallisuus maatilalla" (Elektri kasutamine ja ohutus taludes).

## Viljakuivatid

Viljakuivati liigitatakse tolmu tõttu tule- ja plahvatusohtlikuks ruumiks. Katuse alla või otse välisruumi paigutatud kuivati on lisaks ka niiske ruum. Viljakuivati elektri-seadmete, ka valgustite, kaitseaste peab olema vähemalt IP54. Õhu väljatõmbekanalid seadistatava temperatuuri või niiskuse regulaatori temperatuuri kõikumisest tekkiva veeauru kondenseerumise tõttu peab kaitseaste olema vähemalt IP67.

Tuleohutuse tagamiseks tuleb kuivati seadmestik kaitsta peakilpi paigaldatava rikke-voolukaitsmega, mille nimirakendusvool on maksimaalselt 300 mA. Välisruumidesse paigaldatud pistikupesade kõrval tuleb ka teised maksimaalselt 32A pistikupesad kaitsta maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.

Viljakuivatis tekkiva tolmu tõttu peab kuivati elektrikilpide kaitseaste olema IP54. Kilp tuleb paigutada nii, et mehhaanilise vigastamise oht oleks minimaalne.

## 10.7.5 KITSAD ELEKTRIT JUHTIVAD RUUMID

Kitsas elektrit juhtiv ruum moodustub seda ümbritsevatest peamiselt metallist või muudest elektrit juhtivatest konstruktsioonidest. Kitsas elektrit juhtivas ruumis töötav inimene on tõenäoliselt sunnitud oma keha suure pinnaga puutuma vastu elektrit juhtivaid osi ning võimalused sellise kokkupuute vältimiseks on piiratud.

Kitsastes elektrit juhtivates ruumides on võimalik elektritarvitite toite osas kasutada vaid järgmisi katsemeetmeid:

- a) Käes hoitavate tööriistade ja teisaldatavate mõõteseadmete toiteks:
  - SELV-ahelat või
  - elektrilist eraldamist tingimusel, et eraldustrafo sekundaarmähisega ühendatakse ainult üks seade. Lahustufras võib samas olla mitu sekundaarmähist.
- b) Käsivalgusti toiteks:
  - SELV-ahelat. Lubatud on ka SELV-ahelaga ühendatud luminofoorvalgusti, milles on pinge suurendamiseks sisse ehitatud eraldi mähistega varustatud trafo.
- c) Püsivalt paigaldatud seadmete toiteks:
  - toite automaatset väljalülitamist ja lisapotentsiaalide ühtlustamist, mille abil ühendatakse kokku püsivalt paigaldatud seadmete pinge suhtes tundlikud osad ja ruumi elektrit juhtivad osad, või
  - SELV-ahelat. Lubatud on ka SELV-ahelaga ühendatud luminofoorvalgusti, milles on pinge suurendamiseks sisse ehitatud eraldi mähistega varustatud trafo, või



- PELV-süsteemi, milles on teostatud potentsiaaliühtlustus kõikide kitsa elektrit juhtiva ruumi sees olevate elektriseadmete pinge suhtes tundlike osade ja elektrit juhtivate osade ning PELV-süsteemi maandusühenduse vahel, või
- elektriline eraldamist eeldusel, et eraldustrafo sekundaarmähistega ühendatakse ainult üks seade, või
- kasutades klassi II või analoogselt isoleeritud seadmeid, kui seadmed on kaitstud maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsmega.

Elektrilise eralduse eraldustrafo tuleb paigutada kitsast elektrit juhtivast ruumist väljapoole, kui eraldustrafo ei ole osa kitsasse elektrit juhtivasse ruumi püsivalt paigaldatud seadmest. Toidet andev eraldustrafo peab vastama kaitseeraldustrafosid käsitleva standardi EN 61558-2-6 või analoogse ohutustaseme nõuetele.

SELV- ja PELV- süsteemi pingellikad tuleb paigutada kitsast elektrit juhtivast ruumist väljapoole, kui need ei ole ruumi püsivalt paigaldatud. Põhikaitse peab olema teostatud olenemata SELV- või PELV- süsteemi nimipingest.

Kui teatud seadmed, nt. mõõte- ja juhtimisseadmed, nõuavad funktsionaalset maandamist, tuleb kõik pinge suhtes tundlikud osad ühendada kitsas elektrit juhtivas ruumis potentsiaaliühtlustusega kõikide teiste elektrit juhtivate osadega ja funktsionaalse maandusega.

## 10.7.6 TELKIMISPLATSID JA JAHISADAMAD

### Telkimisplatsil kehtivad nõuded

Telkimisplatsi välisruumidesse paigaldatavad elektriseadmed peavad sobima kasutamiseks vähemalt järgmistes välitingimustes.

- Vee olemasolu: AD4 (pripsmed), IPX4 EN 60529 alusel
- Tahkete võõrkehade esinemine: AE2 (väikesed esemed), IP3X EN 60529 alusel
- Mehhaanilised löögid: AG3 (raske koormus), IK08 EN 50102 alusel.

Alljärgnevad juhtmesüsteemid sobivad laagrikoha elektritoiteseadmete toiteks:

- pinnasesse paigaldatud kaablid
- õhuliinid (kõik õhuliinid peavad olema isoleeritud).

Telkimisplatside elektritoiteks on soovitatav kasutada pinnasesse paigaldatud kaableid.

Kui maakaablid ei ole kaitstud spetsiaalse suuri mehaanilisi mõjutusi taluva metallist kaitsekestaga, tuleb kaablid paigaldada telkimisplatsist või sellisest piirkonnast, kuhu võidakse suruda telkide kinnitusvardaid vms., väljapoole.

Telkimisplatse ei tohi paigutada kesk- ja kõrgrpinge õhuliinide alla. Telkimisplatsi vahekaugus õhuliinist peab olema sama kui köetaval hoonel. Õhuliinide postid ja muud tugikonstruktsioonid tuleb paigutada või kaitsta selliselt, et need ei saaks vigastatud

sõidukite liiklusest. Õhuliinid peavad olema paigutatud vähemalt 6 m kõrgusele maapinnast neis piirkondades, kus liigutakse sõidukitega, ja teistes piirkondades 3,5 m (õhuline käsitlevates standardites toodud nõudeid järgides).

Telkimiskoha elektriühenduseseadmed peavad paiknema telkimiskoha läheduses ja kuni 20 m kaugusel pargitud autosuvila või telgi elektriühenduseseadmetest. Ühte pistikupesakilpi on soovitatav paigutada maksimaalselt neli pistikupesa, sellega välditakse muude kui telkimisplatsile toite tagavate kaablite vedamist üle telkimiskoha.

Iga pistikupesa tuleb eraldi kaitsta rikkevoolukaitsega. Autosuvilate võrguühenduste puhul tuleb kasutada standardile EN 60309-2 vastavat tööstuslikuks kasutamiseks mõeldud kõrgepinge pistikupesa, mille kaitseaste on EN 60529 alusel vähemalt IP44. Pistikupesad tuleb paigaldada 0,8...1,5 m kõrgusele maapinnast, mõõdetuna pistikupesa kõige madalast kohast. Keskkonnatingimuste, näiteks eeldatava lumehangede tekke tõttu võib maksimumkõrgus olla üle 1,5 m. Pistikupesade arvutuslik vool peab olema vähemalt 16 A. Kui võib oodata suuremat koormust, tuleb kasutada suurema arvutusliku vooluga pistikupesasid. Iga telkimiskoha kohta peab olema vähemalt üks pistikupesa ning elektriühendust ei ole lubatud pikendusjuhtme abil vedada ühe autosuvila juurest teise juurde. Iga pistikupesa kohta peab olema üks rikkevoolukaitse. Iga pistikupesa tuleb kaitsta eraldi rikkevoolukaitsmega, mille nimivooluga on maksimaalselt 30 mA. Rikkevoolukaitsmega tuleb alati ühendada ka neutraaljuht.

Autosuvila ühendatakse telkimisplatsi pistikupesaga ühenduskaabli abil, millel on järgmised omadused

- standardile EN 60309-2 vastav pistik
- painduv H07RN-F või vastavat tüüpi kaitsejuhtmega varustatud kaabel, millel on järgmised omadused:
  - soovitatav pikkus 25 m
- 16 A arvutusliku voolu puhul ristlõike pindala vähemalt 2,5 mm<sup>2</sup> või analoogne. Suuremate arvutuslike voolude puhul tuleb ristlõike pindala valida selliselt, et toite automaatne väljalülitamine liitekaabli teises otsas toimuks väikseima võimaliku arvutusliku lühisvooluga
- juhtmete värvused vastavalt standardi EVS-EN 60364 osale 51
- standardile EN 60309-2 vastav seadmepistik.

Kui ühenduskaabel soovitakse ühendada varem ehitatud telkimisplatsi vastava kaitsepuutepistikupesaga (võimalikul pingestatud poolel on pistikupesa ühenduste avad), ühendamiseks võib kasutada adapterit. Adapterit, millega ühendatakse tavaline kaitsepuutepistikupesaga varustatud ühenduskaabel standardile EN 60309-2 vastava pistikupesaga, ei ole lubatud kasutada. Ühenduskaabli puhul ei ole lubatud kasutada pikenduspistikupesasid, välja arvatud adapterit.

## Jahisadamates kehtivad nõuded

Püsivale kaile, pontoonkaile, silla või lainemurdja külge või nende kohale paigaldatud elektriseadmete, millele mõjuvad allpool kirjeldatud tingimused, kaitseastmed (SFS-EN 60529) peavad olema järgmised

- pritsmete teke IPX4
- veejoa teke IPX5
- lainete teke IPX6
- väikeste tahkete esemete teke IP3X.

Tavaliste tööstuslikuks otstarbeks mõeldud seadmete kasutamisel tuleb leida sobiv kaitse korrosiooni ja määrumist tekitavate ainete ning mehhaaniliste vigastuste eest.

Keelatud on kasutada järgmist tüüpi juhtmeid:

- kandurtrossiga või trossi abil riputatud õhukaablid
- isolatsiooniga juhtmed paigaldustorudes
- alumiiniumjuhtidega kaablid.

Kaablid tuleb paigaldada selliselt, et ujuvate konstruktsioonide põhjustatud liikumisest ei tekiks mehhaanilist mõju. Kui torupaigalduse puhul võib paigaldustorusse koguneda vett, peab torus olema sobiv vee äravooluava või analoogne konstruktsioon.

Pistikupesad peavad olema toidet vajavatele jahikohtadele võimalikult lähedal. Jahile toite tagavad pistikupesad tuleb paigaldada jaotuskilpi või spetsiaalsesse korpusesse.

Välistingimustes paigaldatavate elektriseadmete kaitseaste peab olema vähemalt IP44. Veejugade või lainete tekke korral peab kaitseaste olema vähemalt IPX5 või IPX6.

Iga jahikoha kohta peab olema vähemalt üks pistikupesa. Paatidele elektritoite tagamiseks mõeldud pistikupesad peavad vastama standardites EN 60309-1 ja EN 60309-2 kirjeldatud tööstuslikuks kasutamiseks mõeldud jõupistikupesadele.

Pistikupesad tuleb paigutada selliselt, et oleksid kõrvaldatud pikkade pikendusjuhtmete kasutamisest tulenevad ohud.

Iga pistikupesa peab olema eraldi kaitstud rikkevoolukaitsmega, mille nimirakendusvool on maksimaalselt 30 mA.

Iga pistikupesa tuleb eraldi kaitsta rikkevoolukaitsmega. Olenevalt süsteemist võib olla vajalik kaitse tagamine igal poolusel.

Kaitseeraldustrafo peab vastama standardis EN 61558-2-6 toodud nõuetele. Kui kasutada kaitse eraldust ei tohi lõbusõidujahi potentsiaaliühtlustust ühendada ühendatava kai elektripaigaldise maanduskaitsejuhiga ja kaitseeraldustrafo iga sekundaarmähise võib ühendada ainult ühe jahiga.

Järgmised osad tuleb ühendada potentsiaaliühtlustusjuhtmega, mis omakorda ühendatakse kaitseeraldustrafo sekundaarmähisega:

- veega kokkupuutes olevad ja hi metallosad, mis tuleb ühendada mitmest punktist, kui konstruktsioon ei taga katkematust. Eespool toodud nõue ei kehti metallosade kohta, mis on paigaldatud isolatsioonimaterjalide peale või on teistest metallosadest isoleeritud
- pistikupesade kaitsekontaktid
- seadmete pingesuhtes tundlikud osad.

## 10.7.7 MEDITSIIINIPROTSEDUURIDE RUUMID

Meditsiiniprotseduuride ruumid jagatakse kasutusotstarbe alusel erinevatesse rühmadesse.

0. rühma (Go) kuuluvad ruumid, milles ei ühendata mingeid võrgutoitelisi elektrilisi meditsiiniseadmeid. Statsionaarravi osakondades 0. rühma kuuluvateks ruumideks peetakse olmeruume, kohviruume ning tualette ja duširuume, kui neis ei kasutata meditsiiniseadmeid (nt. patsiendiga ühendatud infusiooniseadet tualetis käimise ja duši all pesemise ajal).

1. rühma (Gi) kuuluvateks ruumideks peetakse neid ruume, milles võrgutoitelisi meditsiiniseadmeid kasutatakse nahalähedasel või nahasiseselt, kuid mitte südamepiirkonnas. 1. rühma kuuluvateks ruumideks peetakse haiglates ruume, kus patsient tavaoludes liigub või kus toimub patsiendi ravi või uuring. Nahavälises toimingus kasutatakse seadmeid, millega teostatakse monitooringut või registreerimist patsiendi naha pinnal või mida kasutatakse nahasiseselt keha avastuses, suuõõnest neeluni, välises kuulmekanalisis kuni trumminahani või ninaõõnes. Nahasiseselt, kuid mitte südame lähedal kasutatavad seadmed on sellised seadmed, millega teostatakse nahasiseseid toiminguid, kuid mida ei ole otseselt mõeldud kasutamiseks südame või keskvereringe funktsioonide diagnoosimiseks või jälgimiseks.

2. rühma (G2) kuuluvate ruumide all mõeldakse neid ruume, milles võrgutoitelisi seadmeid kasutatakse toiminguteks südamepiirkonnas. Need on sellised meditsiiniprotseduuride ruumid, kus kasutatakse südame või keskvereringe funktsioonide diagnoosimiseks või jälgimiseks mõeldud elektritoitel meditsiiniseadmeid.

Meditsiiniprotseduuride ruumide rühmitamist tuleb teostada koostöös meditsiinipersonaliga, vastava tervishoiuasutuse ja töötajate ohutuse tagamise eest vastutava osakonnaga. Meditsiiniprotseduuride ruumide liigitamiseks on vajalik, et meditsiinipersonal selgitaks, milliseid meditsiiniprotseduure antud ruumides korraldatakse. Ruumi grupeerimisel tuleb lähtuda kavandatud kasutusest (võimalus ruumi kasutamiseks tavalisest kõrgemat rühma eeldavaks otstarbeks on soovitatav määratleda riskide maandamise meetodi alusel).

Tabel 10.6. Lisa 710 B, tabel B.i, ruumide grupeerimisnäidete loetelu.

Meditsiiniprotseduuri ruum	Rühm			Klass	
	0	1	2	≤ 0,5 S	> 0,5 s ≤ 15 s
Massaažikabinet	X	X			X
2. Palat		X			
3. Sünnitustuba		X		x <sup>a</sup>	X
4. EKG-, EEG- ja EHG-kabinetid		X			X
5. Endoskoopiakabinet		X			x <sup>b</sup>
6. Uuringu- ja protseduurikabinet		X			X
7. Uroloogiakabinet		X			x <sup>b</sup>
8. Röntgenuuringute ja kiiritusravi kabinet, muu kui punktis 21 kirjeldatud		X			X
9. Vesiravikabinet		X			X
10. Taastusravikabinet		X			X
11. Anesteesia ruum			X	x <sup>a</sup>	X
12. Operatsioonisaal			X	x <sup>a</sup>	X
13. Ettevalmistuskabinet		X	X	x <sup>a</sup>	X
14. Kipsmähiste kabinet		X	X	x <sup>a</sup>	X
15. Postoperatiivne osakond		X	X	x <sup>a</sup>	X
16. Südame katetriseerimise kabinet			X	x <sup>a</sup>	X
17. Intensiivravi osakond			X	x <sup>a</sup>	X
18. Angiograafiakabinet			X	x <sup>a</sup>	X
19. Dialüüsikabinet		X			X
20. Magnetuuringute kabinet (MRI)		X			X
21. Isotoobiuuringute kabinet		X			X
22. Enneaegsete osakond			X	x <sup>a</sup>	X

a Valgustid ja elulisi funktsioone tagavad elektritoitel meditsiiniseadmed, mis vajavad toidet 0,5 sekundi või lühema aja jooksul

b Kui ei ole operatsioonisaal

### Kasutusotstarve, ehitus ja maandussüsteemid

TN-C-süsteemi ei ole lubatud kasutada meditsiiniprotseduuride ruumides ega tervishoiuasutuste hoonetes peakilbist tarbijate poolel.

1. ja 2. rühmade meditsiiniprotseduuride suurim jätkuv puutepinge UL ei tohi ületada 25 V.

1. rühma meditsiiniprotseduuride ruumide maksimaalselt 32 A rühmajuhthetes tuleb kasutada rikkevoolukaitset, mille nimirakendusvool on maksimaalselt 30 mA (lisakaitse).

2. rühma meditsiiniprotseduuride ruumides võib vaid järgnevate rühmade kaitsmiseks kasutada 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsmega teostatud toite automaatset väljalülitamist:

- operatsioonilaua toide
- röntgenseadmete toide (nõue kehtib peamiselt teisaldatavate röntgenseadmete kohta, mis tuuakse 2. rühma ruumi)
- suurte seadmete (võimsuselt üle 5 kVA) toide
- mittekriitiliste elektriseadmete (seadmed, mida ei kasutata eluliste funktsioonide tagamiseks) toide.

Tuleb hoolitseda selle eest, et mitme samasse ahelasse ühendatud selliste seadmete samaaegne kasutamine ei põhjustaks rikkevoolukaitsme tahtmatut rakendumist.

1. ja 2. rühma meditsiiniprotseduuride ruumides, milles selle punkti alusel nõutakse rikkevoolukaitsmeid, tuleb kasutada A- või B- tüübi rikkevoolukaitsmeid, arvestades seejuures ka rikkevoolude tüüpe. On soovitatav, et kõikide pingestatud juhtmete isolatsioonitaseme tagamiseks toimub TN- S- süsteemi jälgimine rikkevoolu järelevalvesüsteemiga.

2. rühma meditsiiniprotseduuride ruumides tuleb kasutada meditsiiniseadmete IT-süsteemi neis ahelates, mis tagavad toite meditsiiniseadmetele ja eluliste funktsioonide ülalpidamiseks mõeldud seadmetele, kirurgiaosakonnas kasutatavatele seadmetele ning teistele raviosakonnas paiknevatele seadmetele.

Igale samaks otstarbeks kasutatavate ruumide rühmale peab olema tagatud vähemalt üks eraldi meditsiiniseadmete IT-süsteem. Meditsiiniseadmete IT-süsteemis peab olema standardile EN 61557-8 vastav isolatsioonitakistuse kontrolliseade.

Igal IT-kontrollisüsteemil peab olema akustilise ja optilise häiresignaali varustatud häireseade, milles on alljärgnevad komponendid paigutatud sobivasse kohta selliselt, et neid saab pidevalt jälgida (nähtavad ja kuuldavad teated):

- roheline signaallamp, mis viitab seadme normaalsele talitusele
- kollane signaallamp, mis viitab seadistatud isolatsioonitakistuse miinimumväärtuse saavutamisele. Signaallamp peab olema selline, mida ei oleks vaja kviteerida ja mida ei saaks välja lülitada
- häiresignaal, mis rakendub, kui seadistatud takistuse miinimumväärtus on saavutatud. Häiresignaal võib olla teadustav
- kui rike on kõrvaldatud ja tavaolukord taastatud, peab kollane signaallamp kustuma.

Kui ühest seadmega seotud IT-trafost antakse toide ainult ühele seadmele, võib trafo paigaldada ilma isolatsioonitakistuse kontrolliseadmeta sealjuures IT-trafo ülekoormuse ja/või kõrge temperatuuri teket peab jälgima.

Kui 1. ja 2. rühma meditsiiniprotseduuride ruumides kasutatakse SELV- või PELV-süsteemi, ei tohi nimipinge ületada vahelduvpinge puhul 25 V või 60 V impulsivaba alalispinget. Põhikaitse kasutamine pingestatud osade isoleerimisel või katete kasutamisel on vältimatu.

2. rühma meditsiiniprotseduuride ruumides elektrit juhtivad osad (näiteks operatsioonisaali valgustid) tuleb ühendada potentsiaaliühtlustusega.

Iga 1. ja 2. rühma meditsiiniprotseduuride ruumi tuleb paigaldada täiendavad potentsiaaliühtlustusjuhid, mis ühendatakse potentsiaaliühtlustuslatiga ühtlustamiseks potentsiaalide vahesid järgnevates raviosakondades paiknevate osade vahel:

- kaitsejuhid
- muud elektrit juhtivad osad
- elektrimagnetväljade variestus, kui selliseid on paigaldatud
- elektrit juhtivate pörandate metallvõrk, kui selline on paigaldatud
- kaitseeraldustrafo võimalik metallist elektriline kaitse.

Püsivalt paigaldatud elektrit juhtivad mitteelektrilised patsiendi tugikonstruktsioonid, näiteks operatsioonilauad, füsioteraapiatoolid ja hambaarsti toolid tuleb ühendada täiendava potentsiaaliühtlustusega, kui need ei ole mõeldud paigaldada maast eraldatuna.

2. rühma meditsiiniprotseduuride ruumides ei tohi juhtmete ja ühenduste kokkuliidetud takistus täiendava potentsiaaliühtlustamislattide ja pistikupesade või püsivalt paigaldatud seadmete kaitseklemmide või muude elektrit juhtivate osade vahel olla suurem kui  $0,2 \Omega$ . Sellise takistuse saamiseks tuleb kasutada sobiva ristlõikega juhet.

Lisapotentsiaaliühtlustuse siin latt peab olema meditsiiniprotseduuride ruumis või selle läheduses. Igas jaotuskilbis või selle läheduses peab olema täiendav potentsiaaliühtlustuslatt, millega saab ühendada potentsiaaliühtlustusjuhid ja kaitsemaandusjuhid. Ühendused tuleb teha selliselt, et need oleksid selgesti näha ja juhte oleks hõlbus ka üksikhaaval lahti ühendada.

## 10.7.8 PÄIKESEELEKTRILISED TOITESÜSTEEMID

Standard EVS EN -7-712 käsitleb ainult selliseid päikeseelektrilisi toitesüsteeme, mis sisaldavad vahelduvpingemoduleid. Sellised paigaldised eeldavad väljaehitamist nagu mistahes muud tavalised väikepingesüsteemid. Kui süsteem ei sisalda vahelduvpingemoduleid võib nende paigalduse teostada ka erialase ettevalmistuseta isik tootja antud paigaldusjuhiseid järgides.

## 10.7.9 INVENTAR

Standardis EVS-EN -7-713 on inventari all mõeldud teisaldatavat või püsipaigaldusega eset, näiteks kirjutuslaua, toole, maale ja töölaudu, kappe ja voodeid, mida kasutatakse elu-, äri- ja tööstushoonetes töö või vaba ajaga seotud tegevustes.

Kaablid ja juhtmed tuleb kaitsta sobival viisil kahjustumise eest. Need tuleb kinnitada usaldusväärsel viisil inventari külge või paigutada avatavasse või suletud juhtmeka-

nalisse, paigaldustorusse või koos inventari ehitustöödega rajatud paigaldusrenni. Kaablid ja juhtmed tuleb kaitsta tõmbekoormuse ja paindumise ning deformatsiooni eest. Võimalikes mehaanilistes tõmbekohtades ning ühenduskohtade läheduses tuleb kasutada tõmbetõkiseid.

Juhtmesüsteemi tarvikud peavad vastama nende kohta kehtivate standardite nõuetele. Tarvikute valikul tuleb ühtlasi arvestada ka järgmisi asjaolusid:

- tarvikute mehhaaniline tugevus peab olema piisav
- tarvikud tuleb kinnitada inventari külge
- temperatuuritaluvus peab olema piisav
- kaitse võõrkehade sissetungimise eest peab vastama vähemalt IP3X tasemele.

Tuleb kasutada vaskjuhtmeid, mille ristlõike pindala on vähemalt 1,5 mm<sup>2</sup>. Painduvate kaablite ja juhtmete ristlõike pindala võib olla 0,75 mm<sup>2</sup>, kui need on dimensioneeritud vastavalt koormusele ning ei taga toidet pistikupesale ja nende pikkus ei ületa 10 meetrit.

Valgustid ja muud seadmed peavad vastama järgmistele nõuetele:

Maksimumtemperatuur

- tavalisel kasutamisel 90 °C
- rikke ajal 115 °C.

Lisaks tuleb järgida tootja poolt määratud paigaldusasendit ja tuleohtlike materjalide puhul nõutavate ohutute vahekauguste kohta kehtivaid juhiseid.

Valgusallika suurim lubatud võimsus peab olema märgitud valgusti alla või peale, kui valgusti konstruktsioon ei võimalda liiga suure võimsusega valgusallika paigaldamist.

Kui elektriseadme leke võib tõenäoliselt suletud ruumis põhjustada tulekahjuohtu, tuleb paigaldada ukse sulgumisele reageeriv lõpplüliti selliselt, et seade lülituks ukse sulgemisel kindlasti välja. Selline olukord võib tekkida näiteks kokkupandavate voodite külge paigaldatud valgustite puhul.

## **10.7.10 AUTOSOOJENDUS JA AUTOSUVILATE ELEKTRIPAIGALDISED**

### **Mootorsõidukite elekterküte**

Mootorsõidukisse püsivalt paigaldatava või muul viisil selle kütmiseks kasutatava, võrku ühendatava mootorisoojendusena (plokisoojendusena) ja sõiduki salongi soojendusena kasutatakse neid käsitlevale standardile vastavaid seadmeid. Tavalist siseruumide soojendamiseks mõeldud puhurit ei ole lubatud sõidukite soojendamiseks kasutada, sest see ei pruugi sobida niisketes tingimustes kasutamiseks ning võib seetõttu põhjustada tulekahjuohtu.



Mootorsõidukisse paigaldatud soojendamiseks kasutatavate seadmete toite tagamiseks mõeldud ühenduskaabel tarnitakse tavaliselt koos plokisoojendussüsteemi komplektiga. Ühenduskaablina kasutatakse vähemalt 1,5 mm<sup>2</sup> kummikaablit. Kuna ühenduskaablit tuleb vahel kasutada väga madala temperatuuriga tingimustes, peab see olema sellist tüüpi, mille paigaldamise ja kasutuskeskkonna temperatuur võib olla kuni -40 °C. Sellisteks kaabliteks on näiteks A05BB-F ja VSB A07BB-F. Plastisolatsiooniga kaabel ei ole lubatud, sest see ei sobi külmades tingimustes kasutamiseks. Võrguühendustes kasutatakse tavalist 10/16 A pistikut, kuid on lubatud ka standardile EN 60309-2 vastav pistik. Sõidukis kasutatakse enamasti väikeste mõõtmetega ühefaasilist pistikut või standardile EN 60 309-2 vastavat pistikut. Väikesed mõõtmed on eeliseks, sest siis mahub pea paremini autosoojenduse pistikupesakorpusesse ja kasutaja võib jätta soovi korral ühendusjuhtme puutumata ega pea võrgupoolset pistikut ilmtingimata lahti ühendama.

Mootorsõiduki soojendusseadmete ühendamiseks võib kasutada ainult välisruumi või mujale mootorsõidukite hoiukohta paigaldatud pistikupeski. Ühendust ei ole lubatud teostada muu siseruumi paigaldatud pistikupesaga. Ühenduskaablina kasutatakse piisavalt pikka kaablit, mis välistab pikendusjuhtme kasutamise vajaduse.

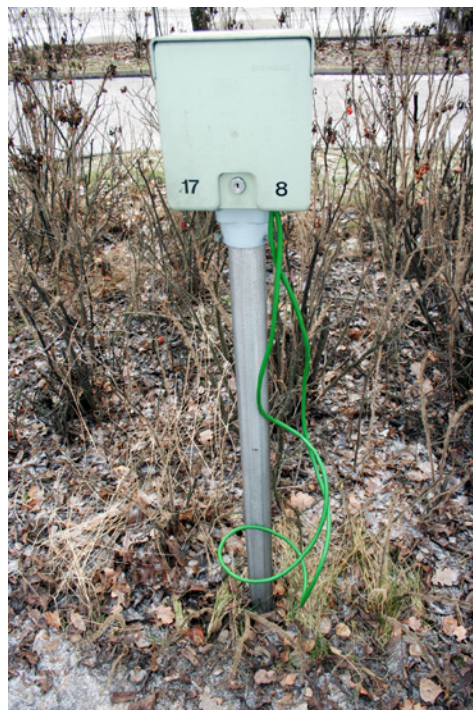
Ühenduskaabel tuleb paigutada, seda tuleb hoida ja kasutada selliselt, et kaabel ei saaks viga. Pikendusjuhet ei ole tavaliselt mõistlik kasutada mh ka seetõttu, et pikendusjuhtme pistikupesad ei ole reeglina laste eest kaitstud, pikendusjuhtme pistik võib kergesti sattuda pinnasesse, kus tekib kontakt mustuse, vee ja lumega. Peale 1986. aastat paigaldatud välispistikupesade osas nõutakse kaitset maksimaalselt 30 mA rakedusvooluga rikkevoolukaitsmega, kuid see ei kõrvalda ohtu täielikult.

Kui parkimisplats on varustatud soojendussüsteemi pistikupesadega, on soovitatav, et iga sõidukikoht nii katusealuses kui ka katmata parklas oleks varustatud pistikupesadega. Lekkevoolude tõttu ning vale rakendumise mõjula piiramiseks on vaja iga autokoht varustada eraldi rikkevoolukaitsmega või kombineeritud seadmega, milles on nii rikkevoolukaitse kui ka liigvoolukaitse. Parkla pistikupesad on lisaks soovitatav varustada püsipaigaldusega pistikupesade juurde kuuluvate taimerlülititega, mis välistaksid teisaldatavate taimerlülitite kasutamise. Teisaldatavate taimerlülitite osas tuleb arvestada välisruumides kasutatavate seadmete kaitseastet ning muid keskkonnanatingimuste suhtes kehtivaid nõudeid.

### **10.7.11 VÄLJAPÄÄSUDE ELEKTRIPAIGALDISED**

Väljapääsude elektripaigaldiste nõuded kehtivad selliste hoonete väljapääsude kohta, mis ehituseeskirjade järgi tuleb ehitada eraldi tuletõkkeseksiooniks.

Tuletõkkeseksiooni all mõeldakse hoone osa, millest tule edasi kandumine on sektioone moodustavate konstruktsiooniosade abil või muul tõhusal viisil teatud aja jooksul takistatud.



Joonis 10.9 a ja b. Ühendusjuhe on jäetud nõuetekohaselt kohale.

Väljapääsu all mõeldakse evakuaatsioonitsoonist otse välja viivat ust või hoones või sellest väljaspool olevat ruumi, mille kaudu on tulekahju puhkedes turvaline hoonest lahkuda kas maapinnaga samal tasandil olevasse välisruumi või muusse turvalisse kohta. Sama tähendusega varem kasutati mõistet evakuaatsioonitee. Antud kontekstis mõeldakse väljapääsu all enamasti trepikoda.

### Väljapääsude kaablid

Väljapääsude juurde võib ilma eraldi kaitseta paigutada ainult selliseid juhtmesüsteeme, mis tagavad toite väljapääsude juures paiknevatele seadmetele, näiteks valgustitele ja pistikupesadele. Kui väljapääsude juurde tuleb mõjuval põhjusel paigutada muid juhtmesüsteeme, tuleb need kaitsta ühel allpool toodud viisil:

- Esmajärjekorras on soovitatav kasutada eraldi šahte või muid ruume, mis varustatakse piisava arvu hooldusluukide või analoogsete konstruktsioonidega, mille kaudu saab teostada juhtmesüsteemide hooldus- või laiendustöid. Juhtmesüsteemid kaitstakse vähemalt tulepüsivusklassile EI 30 vastavast mittesüttivast või peaaegu mittesüttivast materjalist ehitustarvikutega (tulevikus klass A2-si, do) teostatud konstruktsiooniga.
  - E tähendab tihedust
  - I tähendab isolatsiooni

Peale EI -tähistusi märgitakse tulepüsivusaeg minutites, ehk EI30 tähendab tulepüsivust 30 minuti jooksul. EI30-le vastava kaitse võib teostada näiteks kahekordse 13 mm kipsplaadiga.

- Juhtmesüsteemis kasutatakse kaableid, mis vastavad testimisstandardites EN 50266 ja EN 50267 ja EN 61034 kehtestatud nõuetele.
- Kasutatakse muud meetodit, mille kohta on olemas sõltumatu uurimisasutuse positiivne hinnang.

## Väljapääsude kilbid

Väljapääsude juurde võib ilma eraldi kaitseta paigutada ainult väljapääsude ohutuse, näiteks tuleohutuse tagamiseks vajalikke kilpe.

Kui muu jaotuskilbi paigutamine väljapääsu juurde on siiski vältimatu, tuleb see eraldada väljapääsust vähemalt tulekindlusklassile EI 30 vastava konstruktsiooniga. Konstruktsioon ehitatakse mittesüttivatest või peaaegu mittesüttivatest tarvikutest (A2-si,do).

## 10.8 ELEKTRIPAIGALDISTE REMONDI-, ÜMBEREHITUS- JA LAIENDUSTÖÖD

Ehitustööde rõhuasetus on viimastel aastatel üha rohkem nihkunud uusehitustelt vanade objektide kapitaalremonttöödele. Elektripaigaldustööde seisukohalt on oluline vahet teha, millal on tegemist remondiga ja millal ümberehitus- või laiendustööga. Olulisus tuleneb asjaolust, et remonditööde puhul peab remondijärgne paigaldis vastama vähemalt algsel ehitusajal kehtinud nõuetele. Ümberehitus- ja laiendustöodes seevastu on lähtekohaks asjaolu, et elektripaigaldised teostatakse teostamise hetkel kehtivate eeskirjade alusel.

### Elektripaigaldise remontimine

Selliste tööde alla kuuluvad varem rajatud elektripaigaldisega teostatavad toimingud, mille käigus vahetatakse paigaldise koosseisu kuuluv seade (aparaat või tarvik) või mitu seadet samaväärse või varasema seadmega analoogse seadme vastu ja vahetamise põhjus on alge seadme purunemine või halb seisukord. Remonditööde kohta kehtivaid eeskirju saab järgida ka siis, kui mingi seade või aparatuuri osa tuleb muul põhjusel uue vastu vahetada või kui seadmed monteeritakse maha ja kinnitatakse uuesti näiteks seinakatte välja vahetamise tõttu.

Kui ümberehitustööde käigus muudetakse ainult teatud konkreetse elektriseadme asukohta ilma, et selle kasutusotstarve või kasutustingimused muutuksid, võrdsustatakse ümberehitustöö remondiga.

Kui vanades hoonetes on kasutusel võrgupingega ühendatud kaitseklemmita pistikupesasid või püsivalt paigaldatud 0. kaitseklassiseadmeid või kaitsemaandusega 1. kaitseklassiseadmeid välisruumides, pesemisruumides ja ruumides, kus on elektrit juhtiv pinnas, tuleb pistikupesad vahetada kaugpuutekaitstud pistikupesade vastu ja muude seadmete osas tuleb kasutada tingimustele sobivat kaitsemeetodit.

Kui köökides või analoogsetes ruumides on kasutusel võrgupingega ühendatud kaugpuutekaitsemata pistikupesi kuni 3,25 m kaugusel veekraanist või läbi pinnasega elektrit juhtiv metallist töölaud või analoogne seade, tuleb need pistikupesad vahetada ümberehitustööde eeskirjadele vastavate kaugpuutekaitstud pistikupesade vastu või kasutada muud antud tingimustes sobivat kaitsemeetodit.

Kui remondi käigus remonditakse üksikuid elektriseadmeid, tuleb arvestada seadme tootmise ja remondi kohta kehtivaid nõudeid. Eriti suurt tähelepanu tuleb pöörata selliste seadmete nagu näiteks kerise juhtimiskeskuse vms. remontimisele, sest need võivad mõjutada teiste seadmete kasutusohutust.

Remondi käigus vahetatavate kaablite osas soovitatakse tulevaste remonditööde hõlbustamiseks kasutada kaitsejuhtidega kaableid. Kaitsejuhte tuleb alati võimaluse korral ühendada kaitsemaandusega. Kui kaitsejuht jäetakse ühendamata, tuleb see varustada lõpuosas vastava tähistusega. Kaitsejuhte ei tohi ühendada ainult ühest otsast (koormusepoolest otsast). Sellist toimimisviisi on soovitatav rakendada ka uuspaigaldiste puhul.

## **Elektripaigaldise ümberehitus- ja laiendustööd**

Selliseks tööks loetakse toiming, mille käigus paigaldist muudetakse või laiendatakse selliselt, et paigaldise ulatus, kasutusotstarve või tingimused muutuvad. Ümberehitatud või laiendatud paigaldise juurde kuuluvad nii uued kui ka varem kasutusel olnud osad. Ümberehitus- või laiendustööde kohta kehtivaid eeskirju tuleb järgida ka siis, kui kasutustingimused muutuvad ja paigaldisi tuleb muutunud kasutustingimuste tõttu ümber teha. Selliseid olukordi võivad põhjustada ehitustehnilised ümberehitustööd, näiteks vanni või duši ümberpaigutamine pesuruumis.

Ümberehitus- ja laiendustööde käigus järgitakse enamasti paigaldustööde ajal kehtivas standardiseerias EVS EN 60364 toodud nõudeid.

Kui kaitsemeetodina on kasutusel toite automaatne väljalülitamine, on kaitse toimivuse seisukohalt oluline, et objekti kaitsev potentsiaaliühtlustus on töökorras. Hoones tehtavate ümberehitus- ja laiendustööde käigus tuleb kontrollida ja vajadusel lisada või parandada potentsiaaliühtlustus. Kui hoones ei ole eelnevalt olnud maanduselektroodi või ümberehitus- või laiendustööde käigus tehakse kaevetöid, näiteks muudetakse teiteühenduse õhuühendus ühendusjuhe maakaabliks, on mõistekas paigaldada hoonele maanduselektrood. Paigaldustööde käigus tuleb järgida kehtivaid nõudeid.

Kõik tavalises kasutuses olevad pistikupesad soovitatakse kaitsta maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsmega. Nii tuleb toimida uuspaigaldiste teostami-

sel, kui vahetatakse välja jaotuskilp ja juhtmed. Ainult kilbi väljavahetamise puhul peab olema valmis ka rikkevoolukaitsme(te) paigaldamiseks.

Kui tehakse üksikuid täiendusi, mille käigus uut kilpi ei paigaldata, tuleb vähemalt välistingimustesse paigaldatavad maksimaalselt 32 A pistikupesad ja erikasutuses olevatesse ruumidesse ning paigaldistesse (standardi EVS EN 60364) paigaldatavad pistikupesad kaitsta maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsmega. Turvalistes kasutustingimustes paiknevaid seadmeid võib enamasti laiendada lisades juurde kaudpuutekaitseta pistikupesi või kaitsemaanduseta seadmeid ainult siis, kui ohutute kasutustingimuste kohta kehtivaid nõudeid on võimalik järgida.

Kui paigaldisele lisatakse kaitsemaandatud pistikupesa või kaitsemaandatud seade, tuleb kogu ruumi paigaldisi enamasti muuta, kasutades kaitsemaandust või II kaitseklassi seadmeid.

### **Remondi-, ümberehitus- ja laiendustööd vannitubades ja duširuumides**

Kui elektripaigaldisi ei muudeta, võib pistikupesa jääda dušist 1,0 m kaugusele. Paigaldiste kaitsetase võib olla algse paigaldushetke tasemele vastav, siis ei pea pistikupesa rikkevoolukaitsmega kaitsma. Kui pistikupesa kaudu saab toite kodumasin, näiteks pesumasin, mis tuleb paigaldada alla 0,5 m kaugusele vanni servast või dušist alla 1,0 m kaugusele, tuleb pistikupesa kaitsta rikkevoolukaitsmega.

Elektripaigaldiste väljavahetamisel tuleb pistikupesa võimaluse korral viia dušist 1,2 m kaugusele. Pistikupesa peab igal juhul olema dušist vähemalt 1,0 m kaugusel. Kaitsetase peab vastama käesoleval ajal kehtivatele nõuetele, mis tähendab, et pistikupesa tuleb kaitsta rikkevoolukaitsmega. Kui ruumides lisatakse juurde üksikuid valgusteid, ei pea valgusteid paigaldamisel rikkevoolukaitsmega kaitsma.

Kui duši nihutatakse sel määral, et pistikupesa ei ole enam vähemalt 1,0 m kaugusel, tuleb pistikupesa nihutada ja paigaldada käesoleval ajal kehtivate nõuete alusel ning varustada rikkevoolukaitsmega. Kui pistikupesa ei ole võimalik paigutada vähemalt 1,0 m kaugusele, tuleb pistikupesa eemaldada.

Kui ruumis on vann, tuleb järgida vastavaid põhimõtteid. Pistikupesa peab olema võimaluse korral vanni servast 0,6 m kaugusel, väikeste ruumide puhul peab kaugus olema vähemalt 0,5 m.

# LÄBIVIIGUD

---

## 11.1 LÄBIVIIGUD

Juhet tuleb kaitsta eriti sein, vahelae või muu konstruktsiooni läbiviigukohas, kui selles esineb mehaanilisi mõjutusi ning kui juhtme ehitus sellisel kujul ei taga piisavat kaitset. Läbiviigus võivad tekkida mehaanilised mõjud, kui konstruktsioonis esineb liikumist. Näiteks puitkonstruktsioon võib temperatuuri muutudes või konstruktsiooni vananedes või seinatäitematerjali kokkusurumise või alusmüüri ligiduses toimunud pinnase külmakergete mõjul liikuda. Läbiviigujuhtmed võivad viga saada ka otseselt läbiviigu juures näiteks põranda läbiviigus, kus kaitsetoru peab ulatuma põrandatasandist vähemalt 50 mm kõrgusele.

Läbiviik tuleb tihendada, kui selles moodustuv või selle kaudu voolav vesi võib põhjustada ohtu, kogunedes näiteks läheduses paiknevas ühenduskarbis. Torude puhul tuleb vältida allapoole suunatud põlvesid, kuhu vesi võib koguneda.

Juhtme läbiviik tuleb teostada sellise juhtmeliigiga, mille kasutamine on läbiviigu konstruktsiooni mõlemale poole jäävas ruumis lubatud. Läbiviiku välisõhust või pinnasest kätavasse siseruumi või märjast ruumist niiskesse või kuiva ruumi või kahe temperatuuri poolest üksteisest oluliselt erineva ruumi vahel tuleb enamasti teostada kaabliga. Läbiviigutoru tuleb hoolikalt tihendada, kui ruumide vaheline temperatuuride vahe põhjustab tõmmet ja vee kondenseerumist torudesse. Ka läbiviigutoru peab olema selline, et selle kasutamine on mõlemas ruumis lubatud (näiteks saun).

Seina läbiviiguavasse on soovitatav paigutada plasttorujupp ka siis, kui tingimused selle kasutamist ei nõua.

Juhtmesüsteemi ei tohi vedada läbi hoone kandva osa, kui eelnevalt ei ole piisava kandevõime olemasolus veendunud.

### Läbiviik erinevate paigaldusruumide vahel

Joonisel 11.1 on kujutatud erinevaid üleminekuviise ja läbiviike juhtmete vedamisel kuivast (kõetavast) ruumist A niiskesse või märga ruumi B. Joonisel kasutatud tähistest tähendus on järgmine:

- a. juhtmed (nt ML, MK) paigaldustorusse veetuna;
- b. kaablitaoline juhe (nt. MMJ, MUM) paigaldatud ruumi B pinnale;
- c. kaablitaoline juhe veetud süvistatud paigaldustorusse;
- d. kaablitaoline juhe (nt. MPLM) paigaldatud ruumi A pinnale.

Üleminek kaablitaolisele juhtmetele on teostatud kuiva ruumi pool olevates karpides 1-5. Üleminekukarbinas on kuivas ruumis lubatud juhtmeliigi ja paigaldusviisi karp. Karbid 1-3 ja 5 on paigaldustorukarbid ja karp 4 on torutraadikarp.

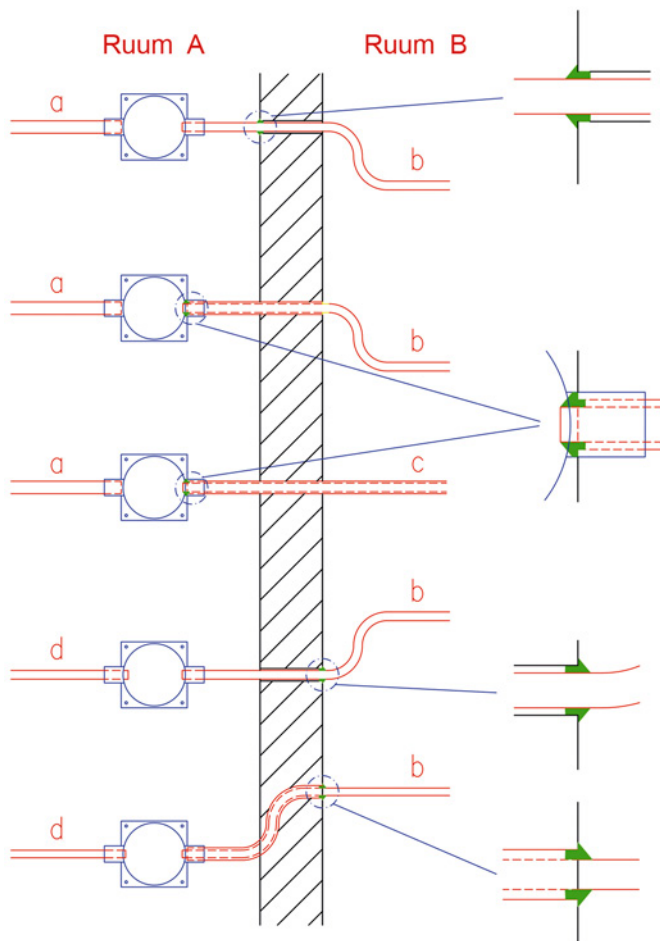
Joonisel 11.1 on samuti näidatud läbiviigu parim tihendamise viis olenevalt tingimustest.

Variandis 1 on tihendamine tehtud läbiviigitoru kuiva ruumi poolses otsas, aga tihendamist on võimalik teha ka toru vastasotsas.

Variantides 4 ja 5 on tihendamine tehtud läbiviigitoru niiske (märga) ruumi poolses otsas, sest variandis 4 võib vesi muul juhul valguda piki kaablit läbiviigitorusse ja variandis 5 võib torusse valguv vesi sinna püsivalt pidama jääda, kui tihendamist on tehtud üleminekukarbis.

Variantides 2 ja 3 on tihendamist seevastu tehtud üleminekukarbi siseküljel, sest nende variantide puhul ei ole tõenäoline, et piki toru valguks karbi suunas vett. Joonise suurenemisel on seda üleminekuviisi lähemalt kirjeldatud. Läbiviigitoru tihendamine mõlemast otsast on samuti lubatud.

Tihendamiseks tuleb kasutada sellist segu, mis tahkudes või kuivades ei tõmbuks nii palju kokku, et selles tekiks pragusid. On toodetud ka spetsiaalseid üleminekukarpe ja läbiviigitorusid, mille tihendamiseks kasutatakse kummirõngast ja hülsitihendit või muid tihendusmeetodeid.

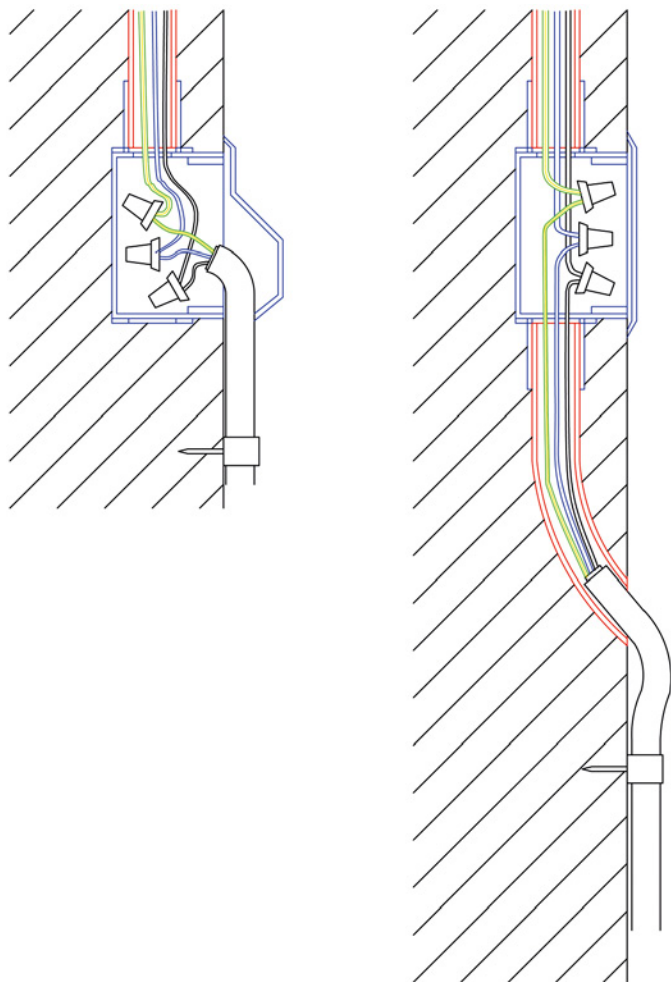


**Joonis 11.1. Üleminek ühest ruumist teise.**

### Juhtme jätkamine paigaldusviisi muutumisel

Tegelikkuses üleminekut ühelt juhtmeliigilt teisele teostatakse ka siis, kui tegemist ei ole kahe ruumi vahelise läbiviiguga. Selliseks juhtumiks on näiteks üleminek kuivast ruumist torujuhtmega (MPLM) tehtud pindpaigalduselt süvistatud paigaldusele. Joonisel 11.2 on kujutatud kaks viisi, kuidas ülemineku saab teostada. Vasemal joonisel on torujuhte toodud süvistatud paigaldustorukarbi vahetuskaane kaudu karpi. Parempoolsel joonisel on üleminek teostatud süvistatud paigaldustorukarbis, kus on seinapinnale veetud lühike paigaldustoru. Läbi selle toru veetakse juhe karpi. Torujuhtme metallkate on joonisel nähtaval osal ettevaatlikult eemaldatud. Metallkate peab ulatuma 2-3 cm võrra paigaldustoru sisse. Sellega seoses tuleb siiski märkida, et torujuhet ei tohi selliselt koorituna pikalt paigaldustorusse vedada, sest juhtme isolatsioon saab koorimisel kergesti viga. Liikuvates ja ebastabiilsetes konstruktsioonides tuleb kasutada painduvaid juhtmesüsteeme.





**Joonis 11.2. Üleminek kuivas ruumis pinnal olevast torujuhtmest süvistatud paigaldusele, kasutades paigaldustorusse veetud juhtmeid (ML, MK).**

### Liitumisjuhtme läbiviik

#### *Liitumis(toite)juhtme kaitse*

Kui liitumis(toite)juhe on kaitstud otsa paigutatud liigvoolukaitse ja algusotsas paigutatud lühisekaitsega, mille toimimisaeg on maksimaalselt 5 sekundit, liitumisjuhtme mehhaanilise kaitse kohta lisanõudeid ei esitata.

Kui lühise kestus liitumisjuhtmes on üle 5 s, võib liitumisjuhtme projekteerija ja ehitaja otsuse alusel järgida liitumisjuhtme paigaldamisel ja kaitsmisel järgmisi kogemuslikke nõudeid:

- Liitumisjuhe on vähemalt 10 mm<sup>2</sup> Cu või 16 mm<sup>2</sup> Al ja liitumisjuhtme koormuspoolel on juhete kaitsvad liigkoormuskaitsemed.

- Läbiviigid teostatakse vähemalt tugevusklassile 4 vastava paigaldustoruga, kui seinakonstruktsioon ei ole tulekindel ja mehhaaniliselt tugev. Liitumisjuhtme läbiviik paigutatakse selliselt, et seda saaks kontrollida püsivaid konstruktsioone lõhkumata. Läbiviigu võib samas katta seina pinnal mehaanilise kattega. Liitumiskaabel kaitsatakse mehhaaniliste vigastuste eest, paigutades näiteks jaotuskilbiruumi või –kappi või kaitstes seda vähemalt tugevusklassile 4 vastava toruga või muul vastaval viisil.
- Liitumis(toite)kaabel paigutatakse hoone sees selliselt, et see ei tekitaks tulekahju või lühiseohtu. Sobivaks paigaldusviisiks on paigaldus betooni või analoogse kivi-konstruktsiooni või paigaldamine vastava mittesüttiva materjali pinnale selliselt, et läheduses ei ole muid kaableid või muud tuleohtlikku materjali. Liitumiskaabel paigaldatakse selliselt, et see ei puutuks kokku üheski kohas teiste kaablitega. Kui paigalduspind ei ole mittesüttiv, tuleb kaabli paigaldusalus kaitsta mittesüttiva materjaliga, näiteks kivivillaplaadiga. AMKA- rippkerdkaabli lõpetamine otse hoone seinal on lubatud ainult trafodes ja sellistes hoonetes, mille toide maakaabliga on nt. kivise pinnase tõttu võimatu.
- Liitumiskaabli pikkus hoone sees ja välisseinal peab olema võimalikult lühike.

Kui eespool kirjeldatud viisil kaitstud liitumis(toite)juhtmes tekib lühis, tuleb liitumisjuhtme seisukorra (kahjustumine) kontroll teostada visuaalse ülevaatamise ning maakaabli kontroll - eritakistuse mõõtmise teel enne, kui see uuesti kasutusele võetakse. Liitumisjuhe tuleb välja vahetada, kui selles on märgata kahjustusi.

## 11.2 TULE LEVIKUT TÕKESTAVAD LAHENDUSED

### Tule leviku minimeerimine

Kohas, kus juhtmesüsteem veetakse läbi hoone osa (näiteks läbi põranda, seina, lae, vahelae või vaheseina), tuleb läbiviik tihendada selliselt, et hoone osa kohta kehtiv tuletehniline klass oleks vähemalt sama kui ilma läbiviiguta.

Tuleb meeles pidada, et ka paigaldustööde ajal võib tekkida vajadus ajutiste tihendite kasutamiseks ja ümberehitustööde järel tuleb tihend taastada nii kiiresti kui võimalik.

Läbiviiguavade tihendamine on osutunud problemaatiliseks ja nõuete järgimises on esinenud puudusi. Selle olukorra üheks põhjuseks on selguse puudumine selles osas, kes peaks vastutama avade tihendamise eest. Parimaks lahenduseks oleks kaablite läbiviikude tihendamise lisamine kaablitööde hulka. Selleks tuleb valida elektriiku poolt aktsepteeritav meetod.

Kaabliiriulite paigaldamine läbi tuletõkkesektsiooni moodustava seina ei ole lubatud. Riulid peavad lõppema umbes 20 cm enne läbiviiku.

Suure hulga kaablite vedamine samast avast ei ole lubatud, kui kaablite vahede tihendamine vähese vaevaga valitud tihendusmeetodiga ei ole võimalik.

Suurte avade asemel oleks parem kasutada väikesi kõrvuti paiknevaid avasid, mille tihendamine on lihtsam.

Põrandaläbiviigid on soovitatav varustada kaelusega, mis hoiab ära võimaliku põrandale valguva vee pääsemise läbiviiguavasse.

Juhtmesüsteemi osad nagu juhtmed, juhtmekanalid, jaotussiinid või siinisillad, mis läbivad hoone osi ja mille kohta on kehtestatud tuletehniline klass, tuleb tihendada nii väljast- kui ka seestpoolt selliselt, et tihendi tuletehniline klass vastaks selle hoone osa, mille kaudu läbiviik on teostatud, tuletehnilisele klassile.

Neid nõudeid on kõige lihtsam täita tüüptestitud läbiviigumaterjale kasutades.

Kui juhtmesüsteemi torud ja juhtmekanalid on standardiseeritud EN 50085 ja EN 61386 kirjeldatud tule levikut tõkestava ehitusega ja toru või juhtmekanali ristlõike pindala on maksimaalselt 710 mm<sup>2</sup>, ei pea neid seestpoolt tihendama tingimusel, et alljärgnevad nõuded on täidetud:

- süsteemi kaitseaste on vähemalt IP33
- hoone tuletõkkesektsiooni eraldavat konstruktsiooni läbivate torude otste kaitseaste on vähemalt IP33.

Kõik tihendid, mis teostatakse eespool toodud punktide alusel, peavad vastavama järgmistele nõuetele:

- tihendid peavad olema paigaldusmaterjalidega kokku sobivad
- tihendid peavad võimaldama paigaldamisel tekkivat termilist liikumist ilma, et tihendi kvaliteet sellest halveneks
- tihendid peavad olema mehhaaniliselt piisavalt tugevad ja taluksid koormusi, mis tekivad paigaldist ülal hoidvate tugevate kahjustumisel tulekahju tõttu
- kaabli kinnitused või toed on paigaldatud maksimaalselt 750 mm kaugusele tihendist ja taluvad ilma tihendile suunatud koormuseta mehhaanilist koormust, mis võib tekkida tihendi tulepoolsete kaablitugede purunemisel, või tihendi ehitus pakub ise piisavalt tuge.

Nõuetele vastavuse tagamise kõrval peavad tihendid lisaks taluma samade välistegurite mõjusid nagu ka juhtmesüsteem ning vastama järgmistele nõuetele:

- peavad taluma põlemissaaduste mõju samal viisil nagu läbitav konstruktsioon
- kohtades, kus läbivatelt konstruktsioonidelt nõutakse kaitset vee mõju eest, peab ka juhtmetihend olema vee mõju eest samal viisil kaitstud
- kui kõik tihendamiseks kasutatud tarvikud ei talu lõplikult kasutuskorras paigaldatuna niiskust, tuleb tihenduskoht kaitsta tilkva vee eest, mis võib valgudes mööda juhtmesüsteemi või muul viisil sattuda tihendisse.

Tihendustes kontrollitakse, et need on tehtud tüübitestitud toote paigaldusjuhendit järgides. Peale selle ülevaatuse muid teste ei nõuta.

Turul on mitmeid läbiviiguavade tihendamismeetodeid, kuid mingit universaalselt sobivat meetodit ei ole leitud. Varjukülgedeks on kas paigaldamise keerukus või süsteemi kõrge hind. Paigalduse ajal kallis meetod võib pikemas perspektiivis soodsaks osutuda, kui kaableid tuleb sageli muuta ja meetod võimaldab kaableid kergesti juurde lisada .

## JAOTUSKILBID

---

Jaotuskilp on paigaldusobjekti kõige kesksem seade. Standardis EN 60439-1 + A1 on jaotuskilp defineeritud järgmiselt: jaotuskilp on tarind, milles on üks või mitu lülitusseadet koos nendega ühendatud juhtimis-, mõõtmis-, kaitse- ja reguleerimisseadmetega. Elektrikilp (madalpingeline aparaadikooste) on tootja vastutusel ning sisaldab vajalikke elektrilisi- ja mehhaanilisi ühendusi ning konstruktsiooniosi.

Jaotuskilpe käsitlev standardiseeria EN 60 439-1 + A1 kehtestab kilpide ehitusele teatud nõuded, mille eesmärgiks on tagada toote vastupidavus keskkonnamõjudele, selle elektrilised omadused ning ohutus kasutus- ja hooldusjuhiseid järgival käitlemisel. Kilpide ehitust käsitlevad standardid ei ole siiski tootestandardid, seetõttu võib erinevate tootjate samaks otstarbeks mõeldud jaotuskilpide ehitus olla üsna erinev.

Kui konkreetne jaotuskilp on mõeldud ka tavaisikute kasutusse, peab jaotuskilp täitma lisaks ka standardis SFS-EN 60439-3 + A1 + A2, “Madalpingelised aparaadikoosted”, esitatud nõuetele.

Erinevate ehituslike lahenduste valimisel on eri kasutajatel erinevad eelistused, eriti laiaulatuslikud nõuded on tööstusettevõtetel. Nendel on reeglina ka vastava ettevalmistuse omandanud töötajaid, kes on suutelised tööstuslikke jaotuskilbipe töötin-gimusi arvestades kohapeal käitlema. Tellija pöörab tavaliselt eriti suurt tähelepanu pingestatud jaotuskilpides käidU toimingute teosstamis võimalustele.



Joonis 12.1. Jaotuskilbid tagavad kogu kinnistu rajatise elektrivarustuse (ABB).

## 12.1 KASUTUSOTSTARVE HOONE ELEKTRIVÕRGU OSANA, HOONE PEAKILP

Jaotuskilp on eelkõige elektrienergia jaotussüsteemi vajalik jaotusvõrgu hargnemiskoht, mille abil saab minimumini viia jaotusvõrgu kulusid. Paigalduskoha valikut mõjutab ka kilbi otstarve. Vahel võib olla põhjendatud paigaldada väikesi jaotuskilpe elektri tarbimiskoha lähedusse, sellisteks kohtadeks on näiteks elektriseadmete remonditöökohtade või –testimislaborite juhtmekanalid, mis hõlbustab kasutamist ja käitu.

Tarbija kaablite ja juhtmete ette tuleb väheseid erandeid arvestamata varustada paigaldada liigvoolukaitsesega. On loogiline paigutada lühise- ja liigkoormuskaitsmed jaotuskilpidesse. Kaitsmete tsentraliseeritud paigalduse korral kaitses vajavate tarbija liinide ette (kilpi), on neid hea jälgida. Kaitseseadmete tsentraliseeritud paigaldamise kohta ei ole standardis konkreetseid nõudeid kehtestatud. Praegu kasutusel olevale kaitsmete paigaldamise viisile see otsest mõju ei avalda. Kilpide ehituse areng on erinevates riikides kulgenud ühtses suunas juba enne ühtlustatud euroopa standardite jõustumist.

Elektriseadmete toiteahelatest peab saama remondi- või hooldustööde ajaks pinge otstarbekohasel viisil välja lülitada. Ka selleks vajalikud seadmed on otstarbekas pai-

galdada keskselt jaotuskilpidesse, sest siis saab seadmete lahti ühendada (pinge alt vabastada). Samas peab meeles pidama, et teatud juhtudel nõuavad eeskirjad spetsiaalseid seadmekohaseid lüliteid, näiteks turvalüliteid, mille paigutamise kohta on detailsemalt sätestatud muuhulgas seadmete elektriohutust käsitlevates standardites SFS-EN 60204-1.

Olenevalt jaotuskilbi kasutusotstarbest paigutatakse kilpidesse ka mõõtmis-, juhtimis- ja reguleerimisseadmeid. Varem olid need vajalikud tööstuses vms-s. protsesside juhtimiseks. Kaasajal võib selliseid seadmeid kohata mistahes hoone peakilbis majaautomaatika, kaugjuhtimise- või muudes juhtimissüsteemide kilpides. Juhtimispult on teatavas mõttes jaotuskilbi juhtseade. Samuti sisaldab jaotuskilp tugevvoolu jaotuslatticeistust ja nende kinnitusi.

Objekti lõplikult kasutusele võtmisel tuleb tellijale või kasutajale üle anda kilbitootja poolt väljastatud deklaratsioon. Kilbil on andmesilt nõuetekohaste tehniliste andmetega, joonised ning paigaldus-, kasutus- ja hooldusjuhised. Edastatavate andmete alla kuuluvad ka kilbi vooluahelate ja nende kaitseseadmetele märgitud identifitseerimisandmed ning aparatuuride ja juhtmete tähised. Lisaks kuuluvad nimetatud andmete alla kaitse- ja lülitusseadmete kasutusotstarbe ja asendi tähised ning võimalikud hoiatussildid, markeeringud.

Andmesildil peab olema nähtav vähemalt tootja nimi või registreeritud kaubamärk, mudeli tähis, identifitseerimisnumber või muud identifitseerimisandmed, mis võimaldavad tootjalt vajalike andmete hankimist, ning kilbi nimivool ja kaitseaste, kui see on standardi IEC 60529 alusel kõrgem kui IP2XC.

Andmesildile kantakse lisaks ka järgmised andmed, kui neid ei ole toodud tootja koostatud toote tehnilises kirjelduses:

- millise standardi alusel seade on toodetud
- vooluliik (ja vahelduvvoolu puhul ka sagedus)
- nimipinge
- nimiisolatsioonipinge
- abiahelate nimipinged (vajadusel)
- iga peavooluahela nimivool
- lühisekindlus
- kaitse elektrilöögi eest
- kasutustingimused sees, väljas ja erikasutuses, kui need erinevad tavapärastest keskkonnatingimustest
- jaotussüsteem, millega kilbi saab ühendada
- mõõtmed
- kaal
- keskkond A ja/või B.

Muud andmed, mida võib leida ka näiteks kilbi tootetuvustuses või tarnedokumentides, on kaitseastme mehhaaniliste mõjude taluvus (IK-kood).



Joonis 12.2. Kaasaegne teostus, kus on kasutatud kombineeritud ehitusaegset ja hoone peakilpi (ABB).

## 12.2 PAIGALDUSKESKKONNA MÕJU

### 12.2.1 KASUTAJA ARVESTAMINE

Kilbi ehituses tuleb arvestada kasutaja erialaseid oskusi. Elektriohutuse seisukohalt on oluline, et kilpi kasutav isik võib takistamatult ja turvaliselt teostada kõiki juhtimistoi-ninguid, kaitsmete vahetamist vms. käidutoiminguid.

Hoone peakilpide kesta minimaalne kaitseastme nõue on IP2XC. Lisatäht C viitab sellele, et 2,5 mm diameetriga ja 100 mm pikkune kõver varras ei tohi saada kontakti ohtlike osadega, kui kilbil on otsepuute katted ees ja kilbi uks on avatud olekus.

Mõned seadmed ei ole käidutoimingute ajal otsepuutekaitstud. Puutekaitse võib osutada ebapiisavaks juba korkkaitsemete vahetamisel. NH-tüüpi sissesurutavate sulavkaitsmete vahetamine on otsepuutekaitse seisukohalt veelgi keerulisem toiming. Mõlemal juhul peab kaitsmete vahetaja esmalt toimingu põhimõtted endale selgeks tegema. Sulavkaitsmed tuleb paigutada lukustatud või spetsiaalse töövahendiga avatavasse kilbiossa või projekteerida kilp selliselt, et kaitsmete vahetamisel oleks pinge kilbist väljalülitatav.

Kaitsmete vahetamise kohta kehtivad kutseoskuste ja elektriohutuse nõuded on toodud standardis “Elektritööde ohutus”. Elektrivaldkonna soovitusi koostav töögrupp on väljendanud oma seisukohti üle 25 A kaitsekorkide vahetamise osas järgmiselt:

- Elektriku ettevalmistuseta isikutel on lubatud vahetada kuni 63 A kaitsekorke kas pingestamata või võrgust väljalülitatud kilbis. Esmaseks peab olema alati võimalus alati kaitsmete vahetamine kilbis pingestamata olekus. Kui tegemist on peakaitsemetega, ei ole sellise olukorra tagamine enamasti võimalik ja sellisel juhul tuleb esmalt veenduda, et kaitselt on tagant kogu koormus välja lülitatud ning alles seejärel võib



teostada kaitsmete vahetamiste. Kirjeldatud kaitsmevahetust teostav vastava ettevalmistuseta isik peab hankima või saama kirjeldatud töö jaoks eelnevalt piisavalt juhiseid.

- Elektriku ettevalmistuseta isik võib vahetada korkkaitsmeide ilma vooluahela pingestatust kontrollimata vaid siis, kui kaitse on paigaldatud selliselt, et puutekaitse on tagatud ning lühis ei tekita ohtlikke olukordi ja korkkaitsemed vastavad kehtestatud nõuetele.

Tööstushoonetes ja üldkasutatavatel objektidel võimaldavad kasutaja kutseoskused rajada elektrikilbi ruumide olemasolu eeldavaid kilbirajatisi. Tavalisi elu-, büroo-, väikeettevõtluse- ja avalike hoonete kilbiruume ei tohi ehitada elektrikilbi ruumideks. Elektrikilbi ruumi all mõeldakse ruumi või selgesti märgatavalt piiritletud ala, kus paiknevad ainult elektriseadmed ning nende liseseadmed ja kuhu tavaoludes võib siseneda ainult elektriseadmetest tulenevaid ohte tundev isik.

Ka selliste kilbiruumide puhul kehtib põhimõtteliselt IP2X-kaitseastmele vastava otsepuutekaitse nõue. Samas võib nõuete kehtivuses käidutoimingute ajal teatavaid järeleandmisi teha tingimusel, et järgitakse osalise puutekaitse kohta kehtestatud nõudeid.

Osalise puutekaitse all mõeldakse kaitset, mille abil kaitstakse jaotuskilbi korpuse sees olevad seadme käidutoimingu ajal käideldava detaili lähiümbruses ja ka mujal samas ruumis (korpuses, kapis vms.) paiknevad isolatsioonita pingestatunud osad selliselt, et neid ei saa käidu- või hooldustoimingu või analoogse tegevuse käigus tahtmatult käega või muu kehaosaga või töös vajalike vahendite või ainete vahendusel puudutada.

Osalise puutekaitse saab teostada

- tagades pingestatunud detailide puutekaitse sõrmede ja teiste kehaosade võimalikus küüningusraadiuses või
- paigutades pingestatunud osa seadmes nii kitsasse süvendisse, et selle tahtmatu puudutamine on oluliselt raskendatud või
- kasutades kahe eelmise variandi kombinatsiooni.

Elektrikilbi ruumides ei nõuta täieliku kaitseastme nõuete täitumist, kui võimalikud on järgmised tingimused:

- Otsepuutekaitsemeetodina võib kasutada ka paigutamist puutekaugusest välja- poole põrandast või muust seisutasapinnast vähemalt 2,5 m kõrgusele. Kui pingestatunud osad paiknevad 2,5 m madalamal, tuleb osad kaitsta vähemalt kaitseastmele IP2X või IPXXB vastava kaitseseinaga. Piisavaks kaitseastmele nõuetele vastavaks kaitseks loetakse ilma katuseita kaitsesein, kui selle kõrgus on vähemalt 2,3 m ja pingestatunud detailide kaugus kaitseseina ülaservast on suurem kui 0,2 m.
- Moodulkaitseülilititega varustatud madalpingekilbi ülilitite allpool paiknevas kaabeldusruumis ei tohi olla isolatsioonita pingestatunud osi, ja ruumi kaitseaste peab muude ruumide suhtes olema vähemalt IP1XB. Seejuures kaitsmeteta

kaabeldamata varukaitsmete (kaitselülitite) pingestamata klemmide puudutamise võimalust ei arvestata.

Välismaiste seadmetarnete hulka kuuluvate kilpide osas tuleb kontrollida käidutoiminguatega hõlmatud seadmete paiknemist, sest nende puhul ei ole tarvitse olla osalise puutekaitse nõuded tihtipeale täidetud.

Eraldi kilbiruumide kasutamine võib olla põhjendatud ka muudel kui vaid elektriohutusest tulenevatel põhjustel. Kui juurdepääs kilbile on lubatud ainult teatud isikutele, on võimalik ära hoida nõudeid eiravast kasutamisest tulenevate elektrikatkestuste teke ning nendega seotud majanduslikud kahjud.

## 12.2.2 KESKKONNAST TULENEVAD KOORMUSED NÕUDED

Kõige olulisemad valikukriteeriumid on võõrkehade ja vee sissetungimise eest kaitsvad tegurid, mida tuleb arvestada IP-klassifikatsiooni puhul. Jaotuskilbi standard SFS-EN 60439-1 sisaldab soovitusi kasutatavate IP-astemete kohta. Paigaldusstandardis SFS EVS EN 60364 on toodud erinevates ruumides nõutavad kaitseastmed.

Keskkonna temperatuuri osas kehtib nõue, mille kohaselt standardile vastav kilp on siseruumidesse paigaldamisel mõeldud kasutamiseks tavapärasel temperatuurivahemikus. Välistingimustesse paigaldamisel kehtib standard ainult mõõduka ja arktilise ilmastiku kilpide kohta. Soomes ja ka Eestis on temperatuurivahemikud enamasti piisavad. Samas võib tööstushoonetes esineda ka siseruumides erakordselt kõrgeid temperatuure. Selliste tingimuste olemasolu tuleb tellimuses eraldi ära märkida, sest seda asjaolu tuleb kilbi seadmete toimimise ja lubatud kuumenemise puhul kindlasti arvestada.

Keskkonna saastumisest tulenev mõju arvestatakse tööstushoonetesse paigaldatavate kilpide puhul standardis toodud kilbi sisemise mikrokliima mõjurina sh klemmide pinna- ja õhuvahede määramisel. Erakordselt suurt saastet tekitavaid tingimusi tuleb tellimuses eraldi nimetada.

Kilbi tootjat tuleb erandlikest keskkonnatingimustest alati eelnevalt teavitada. Meie oludes tulevad kõne alla peamiselt järgmised tegurid:

- keskkonna erandlik temperatuur ja niiskusesisaldus
- kondenseerumist põhjustav suur temperatuuride kõikumine ning kokkupuude tolmu ja suitsuga
- kõrge niiskusesisaldusega kaasnev happelisus või leeliselisus (tööstuspiirkondades) või sool (mereline kliima)
- soojuskiirguse mõju (katlamajad)
- tule- ja plahvatusohtlikud ruumid
- kokkupuuteoht vibratsiooni või löökidega
- kaitse elektri- ja magnetväljade eest.

## 12.3 JAOTUSKILPIDE STANDARDID JA ELEKTRIPAIGALDISTE STANDARD SFS 6000

Hoonete elektripaigaldisi käsitlev standard SFS 60364 seab euroopa standardid esmaseks juhiseks, mis vastab ohutusnõuetele.

- Soomes kinnitatud standardid on
- SFS-EN 60439-1 + A1:2005. Täielikult või osaliselt tüüpsed koosted.
- SFS-EN 60439-2:2000. Jaotuskilbid. Erinõuded komplekt-lattliinidele (Standardist on 2002. aastal ilmunud uuendatud versioon, kuid seda ei ole soome eesti keelde tõlgitud).
- SFS-EN 60439-3 + A1:i994 + A2:2002. Kinnistute jaotuskilbid. Erinõuded madalpingelistele lülitusaparaadikoostetele, millele pääsevad kasutamiseks juurde tavaisikud.
- SFS-EN 60439-4:2005. Erinõuded ehituspaikade koostetele.
- SFS-EN 60 439-5:1998. Erinõuded avalike elektrivõrkude elektri jaotuskoostetele. Kaablite jaotuskilbid.
- SFS-EN 62208:2004. Madalpingeliste aparaadikoostete tühjad ümbrised.

Eespool nimetatud standardites toodud avatud ehitusega või ainult eestpoolt kaitstud kilpe ei ole enamasti lubatud kasutada.

### Lahutamine

Jaotuskilpi peab olema võimalik kilbis või selle läheduses paikneva lahküliti abil elektri jaotusvõrgust välja lülitada. Kuni 25 A jaotuskilpide lahti ühendamise koht võib olla ka toitekilbis, kui kilbi kasutajal on juurdepääs väljalülitamise kohta ning lülituskoha asukoht on väljalülitamiseks mõeldud jaotuskilbis eraldi tähistatud.



**Joonis 12.3. Kilbi väljalülitamine toimub enamasti kilbis paikneva pealüliti kaudu.**

## Hoolduskoridorid - teenindusruum

SFS EN 60364 näeb ette, et  $\geq 63$  A nimivooluga kilpides puhul peab kilbiruumis olema ruumi vähemalt 0,8 m laiusele hoolduskoridorile. Samas võivad kasutusel olevad vahendid, hooldustööde käigus vajalik transport vms. nõuda ka laiema koridori olemasolu.

Alla 63 A nimivooluga kilpidele ei ole hoolduskoridori miinimumlaius kehtestatud. Kehtivaks juhiseks on sellisel juhul standardis EN 60364 sätestatud ligipääsetavuse ja hoolduse võimaldamise tingimus. Soovituslik on tagada vähemalt 0,8 m suurune vaba hooldusruum kilbi ees. Tähelepanu tuleb pöörata ka hoolduskoridori sisse pääsemise tagamiseks. Pikkades hoolduskoridorides (alates 10m) peab olema väljapääs vähemalt mõlemast otsast.



Joonis 12.4. Kilbis paiknevad käidutoimingute käigus kasutatavad seadmed tuleb paigaldada sellisele kõrgusele, et nende käit toimuks turvaliselt.



**Joonis 12.5. Kilbis ees peab olema piisavalt ruumi käidu- ja hooldustoiminguteks ka avatud ukse korral.**

### Seadmete kilpi paigutamine

Standardi EN 60364 alusel tuleb pingestatult käideldavat sulavkaitsmed, pealüliti ja käidutoimingute käigus käideldavad, osaliselt puutekaitstud aparaadid paigaldada seadme või aparatuuri osa keskjoonest mõõdetuna hooldustasapinnast vähemalt 0,4 m ja maksimaalselt 2,0 m kõrgusele. Ka käidutoimingute käigus sageli käideldavad puutekaitstud lülitid ning lülitid ja muud seadmed, mille käiduasendi tähise loetavus on kasutuse seisukohalt väga oluline, paigaldatakse 0,4-2,0 m kõrgusele. Tüüpsete, standardile vastavate vabalt seisvate kilpide osas ei ole alampiiri nõuet kehtestatud, kuid seadmeid peab olema võimalik ohutult käsitseda.

Eluruumides või nende juurde kuuluvates ruumides võib seadmed paigaldada kõrgemale, näiteks ukse kohale.

Korkkaitsmete paigaldamisel kehtib eeskätt laste turvalisuse tagamise seisukohast nõue paigaldada need vähemalt 1,7 m kõrgusele või lukustatava uksega karpi. Nõue kehtib selliste eluruumide ja muude ruumide kohta, kus seadmed võivad laste käeulatusse jääda.

## 12.4 TOOTJAL VAJAMINEVAD ANDMED

Kasutaja kaasamise ulatus elektriseadmete projekteerimisse oleneb objektist. Eluruumides ja büroohoonetes ei ole lõppkasutaja projekteerimise käigus veel teada. Nendel juhtudel otsustab ehitustööde tellija, milline on ehitatava hoone kasutusotstarve, ja sellega annab ta ka projekteerimiseks vajalikud suunised. Tööstushoonete puhul on tellija ise sageli ka kasutaja. Sellisel juhul on projekteerimise lähteülesanne sageli oluliselt täpsemalt püstitatud.

Elektrikilbi tootjale piisavas koguses andmete edastamine on praktikas osutunud problemaatiliseks. Piisavate ja õigete andmete edastamine on samas väga oluline, kui tahetakse tagada kilbi õige ehitus, õiged funktsioonid ja kilbitarne juurde kuuluva dokumentatsiooni paikapidavus. Standardi EN 60439-1 lisas E on toodud loetelu, millistes küsimustes kilbi tootja ja kasutaja (tellija) peaksid omavahel kokku leppima. Tööstushoonetes tuleb teatud standardis nimetatud momente kindlasti arvestada.

Kuigi sellele teemaatikale on osaliselt viidatud juba eespool, toome olulisemad küsimused siinkohal veel kord ära:

- erakorralised keskkonnatingimused
- elektri - ja magnetväljade kiirgusest tekkivate häirete ärahoidmine
- transport, ladustamine ja paigaldustingimused
- klemmid väliskaablitele
- kilpide kaitseklass
- puutekaitsega seotud kasitseaste
- hooldusest ja käidutoimingutest tulenevad nõuded
- võimalik teostatavate laiendustööde vajadus
- lühisekaitse suurus
- tuletõkkesektioonide määratlus
- keskkonna temperatuur soojenemistestis
- elektriliste testide kordamine (peale paigaldamist) kasutuskohal.

## 12.5 TÖÖVÕTJA KOMPLEKTEERITUD KILP

Tavalised kilbid on valmistatud tööstuslikus seeriatootmises. Töövõtja enda töös vajalikud kilbid ei täida alati seeriatootmise kilpidele kehtivaid nõudeid. Üksikud tööd võivad tähendada erandlike lahenduste kasutamist – nendest võiks nimetada remon-timise laienduse või ehitustöödeks vajaminevad kilbid. Vajadus ise kilp ehitada võib tekkida ka pika tarneaja tõttu.

Tüüpeid kilpe võib komplekteerida tüüpse kilbi kohta kehtiva komplekteerimisjuhise alusel teatud kasutuskoha jaoks, arvestades, et

- komplekteerimisel kasutatakse juhises detailselt kirjeldatud komponente
- iga valmis kilp peab läbima standardis EN 60439 kirjeldatud testid ning testide tulemuste kohta koostatakse protokoll.

Standardi EN 60439-1 alusel tehtav test hõlmab

- kilbi ja selle juhtmete kontrollimist ja vajadusel elektrilise toimivuse testimist
- isolatsioonitesti
- kaitsemeetmete ja kaitsemaandusahelate elektrilise katkematuse kontrollimist
- isolatsioonitakistuse mõõtmist.

Kuigi komplekteerimisel lähtutakse kilbitootja tüüpsetest konstruktsioonidest, peab komplekteerija olema kursis kilpide ehitusstandarditega või peab olema tagatud

võimalus kasutada tootja poolt antud komplekteerimisjuhiseid. Komplekteerijast töövõtja on kilbi tootja, kes vastutab kilbi nõuetele vastavuse eest.

Töövõtja on kohustatud märkima enda poolt komplekteeritud kilpidele oma nime, paigaldama andmesildi ning esitama tellija kilbi kohta koostatud dokumendid.

Kilbi tootjalt tuleb küsida juhiseid kilbi täiendavate komplekteerimis-, ümberehitus- ja laiendustööde jaoks.

## 12.6 JAOTUSKILPIDE PAIGALDAMINE

Jaotuskilbi paigaldamine ei peaks probleeme tekitama, kui kõik projektis ettenähtud ruumiarvestused peavad paika ja tootja on saanud vastavaid andmeid kilbi komplekteerimisel kasutada. Tarne nõuetekohasuses tuleb veenduda vahetult peale kilbi paigalduskohale tarnimist. Tarne kompleksuses veendumine hõlmab järgmisi punkte:

1. Kas tarne vastab tellimusele või esineb selles vigu?
2. Kas paigaldusmõõtmed, ehitus, nimivool, väljundite hulk jms. põhiandmed vastavad tellimusele?
3. Kas tarnes sisalduvad ka paigaldus-, hooldus- ja kasutusjuhised? Kas skeemid ja neis kasutatud tingmärkide tähised langevad kokku kilbi juhistike asukohaga ja tähistega?
4. Kas ersitletud lisatarvikud on tarnes kaasas?
5. Kas kilbi tootja teostatud ülevaatus on dokumenteeritud?

Avastatud puudustest tuleb tootjat viivitamatult teavitada.

Ehitusprojektid võivad ehitustööde ajal muutuda. Selle tagajärjel võivad muutuda ka kilbile mõeldud ruumi mõõtmed, kasutusotstarve või ruumi klassifikatsioon. Nendel juhtudel tuleb koheselt kontrollida muutuste mõju kilbitellimusele. Kaitseastet ja kilbi mõõtmeid ei saa enam paigalduskohal muuta. Projekti muudatus võib anda põhjuse kilbile uue asukoha leidmiseks või uue keskuse tellimiseks. Kumbki variant põhjustab tavaliselt märkimisväärseid lisakulutusi ja ajakavast maha jäämist.

Kilpide paigaldamisel on eeskirjade ja standardi kõrval oluline roll ka tootja poolt antud juhistel. Kuna kilpide konstruktsioon võib eri tootjatel oluliselt erineda ning ka tootearendus toob kilpide ehitusse pidevalt uusi tehnilisi lahendusi, on tootja poolt antud juhised kindlasti vajalikud. Nende sisu õigsuse eest vastutab tootja. Töövõtja seisukohalt on tootja poolt antud juhised normatiivsed dokumendid, mille järgimine on esmase tähtsusega ülesanne. Kui juhistest tuleb või soovitakse kõrvale kalduda, tuleb juhistest erinevas paigaldusviisis esmalt jaotuskilbi tootjaga kokku leppida. Kui kõrvalekaldeid teostatakse iseseisvalt, jäävad sellest tulenevad võimalikud vead ja tööga seotud garantii töövõtja vastutusele.

Suured kilbid tuleb vahel suurte mõõtmete tõttu monteerida kokku alles paigalduskohas. Kuigi kokku monteerimise ja paigaldusalusele kinnitamise kohta on olemas

spetsiaalsed juhised, tuleb komplekteerimisel siiski eraldi kontrollida ühenduskohtade teostust eriti korpuse kaitsemaanduse osas. Kindalasti tuleb meeles pidada ka seda, et osaliselt tüüpsete koostete korpust ei saa alati kaitsejuhina kasutada. Nende kilpide kaitsepotsentsiaaliahelates tuleb standardi kohaselt kasutada eraldiseisvat kaitsejuhet.

Seinale raami külge kinnitatavate kilpide puhul tuleb arvestada käideldavate seadmete kõrgust. Paigalduskõrgust võib mõjutada ka kilpi ühendatavate kaablite väiksem lubatud painderaadius.

Kuivade ruumide kilbikonstruktsioonides on lubatud kaitseaste IP2X. Majakilbid ehitatakse standardi kohaselt, kuid need peavad vastama kaitseastme IP3X nõuetele. Mõlemal juhul lubavad standardid kasutada tagant avatud kilbikonstruktsioone, mille kaitseaste tagatakse paigaldusjuhistele vastava kinnitamisega paigaldusaluse või süvistatud kilbi külge. Standardis on eraldi märgitud, et kaitseastmest IP3X paremat tihedust ei ole tagant avatud kilbikonstruktsioonidega võimalik saavutada.

Majakilpides otsepuutekaitse nõudena nõutakse kaitseastme IP2XC (IP3X) tagamist. Kaitsena võõrkehade eest oleks selle astme nõuetele vastavust eraldi katteliistude kasutamisega raske saavutada. Otsepuutekaitse on samaväärsena lubatud IP2XC, mida on liistudesse avade tegemisega kergem saavutada.

Arvestada tuleb tagant avatud kilpide paigaldusalust (süttiv või mittesüttiv materjal).

## **12.7 KILPIDEGA ÜHENDATAVAD (KAABLID) JUHTMED**

### **12.7.1 JUHTMETE PAIGALDAMINE**

Kilbiga ühendatavate kaablite (juhtmete) sissevedamisel tuleb enamasti kasutada paigaldustarvikuid. Erandiks on ainult kuivade ruumide IP2X- ja 3X-kilbid, milles piisab toru või kaabli läbimõõdule vastavast august, mille tihedus vastab kaitseastmele IP2X (C). Avas ei tohi olla kaablit (juhet) kahjustavaid teravaid servasid. Hea viis mehhaaniliste kahjustuste vältimiseks on plastist läbiviigumuhvide kasutamine. Olukorras, kus kaitseastme nõuded pidevalt kasvavad ja niiskuse mõju vajab erilist tähelepanu, tuleb kasutada erinevaid tihedusele vastavaid paigaldustarvikuid.

Paigaldustorude ühendamisel võib kasutada kilbis või süvistamisel süvistamisraami kinnitatavaid ühendusmuhve. Muhvide kinnitusviis oleneb tootjast. Teatud juhtudel muhv paigaldatakse püsivalt ja see moodustab seadme juurde kuuluva osa. Muhv kinnitab toru, hoides ära selle nihkumise kilbi sisse.

Kiletihendeid kasutatakse peamiselt kaabliläbiviikudes väikeste juhtmeläbimõõtude puhul. Ka nende osas on olenevalt tootjast valitud erinevaid kinnitusviise. Elastne kiletihend jääb õigel paigaldamisel tihedalt surutuks vastu kaabli pealiskihti.



Ääriktihendeid on saadaval väga laia suurustevalikuga, kuid mitte kõige kitsama läbimõõduga kaablite jaoks. Ääriktihend kinnitatakse kas keermestatud avasse või kontramutriga vabasse auku. Kinnitusavad on kas kilbis toorikutena või kilbi külge kinnitavas äärikus. Äärikus on tihendi tarvis kummist või plastist tihendirõngas, mis surutakse äärikukruviga tihendipesa ja kaablikatte vahele.

Suuremate kaablite ühendamisel kasutatakse kaablite otsamuhve. Kaasaegsete plastkatttega kaablite tihendamine teostatakse näiteks kummi- või plastkoonusega, mis lõigatakse selliselt, et koonuse ja kaabli katte vahele jääb tihenduse tagav kokkusurutud ühendus. Otsamuhvid kinnitatakse äärikuavasse.

Kõik kaablite ühendustarvikud on standarditud. Kilpides kasutatavad paigaldustorude ühendusmuhvid on standardimata ja eri tootjatel on erinev ühendusmuhvide ehitus. Samas on need dimensioneeritud standardile vastavate paigaldustorude jaoks sobivaks.

Ühendustarvikud tavaliselt ei kuulu kilbitarnesse. Kilpides on sageli reservi jäetud väljundeid, mida ei ole alati kilbi komplekteerijale antud andmetes eritletud. määratletud. Ühendustarvikud tuleb hankes eraldi välja tuua.

## 12.7.2 JUHTIDE ÜHENDAMINE

Nii jaotuskilbi standardites kui ka elektripaigaldisi käsitlevas standardis SFS 6000 on EN 60364 esitatud nõue, mille kohaselt juhtmed peavad olema kilbiga hõlpsasti ühendatavad. Hõlbus ühendumine ei ole erinevate kilbikonstruktsioonide puhul sama tähendusega. Majakilpides ühendumine toimub pingestamata tööna, mis võimaldab kilbi osi vabalt avada ja ühendada juhtmed otse liigvoolukaitsete vms. klemmide alla. Kui kasutajal on võimalus kaasata kvalifitseeritud paigaldajaid, võib ta nõuda kilbikonstruktsiooni, mille laiendamine ja hooldustööd toimuvad pingestatud kilbis. See eeldab juhtmeruumide klemmide paigutamist selliselt, et tööpiirkond oleks suuremas osas otsepuutekaitstud ja osaliselt puutekaitstud mõnede käidutoimingute alla kuuluvate tööfaaside osas. Seda võib tagada kilbi sektsioonideks jagamisega ja vajadusel ka kilbi paigaldaja poolt tarnitud või määratletud ajutiste katetega.

Juhtmete jaoks tuleb reserveerida piisavalt püsipaigaldusega klemme. Elektripaigaldiste standard EN 60364 esitab nõude, et igal sissetuleval ja väljuval juhtme neutraal-, PEN- ja kaitsejuhil peab olema eraldi ühendusklemm.

Juhtmete ühendamiseks vajalikud ühendustarvikud ei kuulu kilbitarnesse, kui selles ei ole eraldi kokku lepitud. Seega eraldi hanke alla kuuluvad kaablikingad, Al/Cu-üleminekuklemmid vms. tarvikud, mida kasutatakse juhtme klemmühenduse sobitamiseks.



**Joonis 12.6. Ridaklemmi ühendamise hõlbustab juhtide identifitseerimist.**

Ühendustööde teostamisel tuleb erilist tähelepanu pöörata alumiiniumjuhtmete ühendustele ja pressühendustele. Alumiiniumjuhtmetega võib kasutada ainult neile mõeldud klemme. Alumiinium ei talu suurt pinnasurvet, vaid “valgub liiga suure surve alt välja”-surve ja kontaktpinna koosmõju. Ainult vasele mõeldud klemmide kokkusurumispile surve on enamasti alumiiniumi jaoks liiga väike ja juhisele vastav klemmi pressimine põhjustab eespool nimetatud nähtuse ning ühenduskoha lõdvenemise. Pressühenduse säilimise tagamiseks temperatuuri kõikumisel alumiiniumklemmide poltühendustes kasutatakse sageli vedruseibe (taldrikseibe). Nende ühenduste teostamine eeldab juhiste hoolikat järgimist. Kõikide pressühenduste puhul tuleb kasutada pressklemmide tootja poolt nimetatud töövahendeid ja teostada kõik tööfaasid etteantud järjestuses. Ka vaskjuhtme puhul võib juhistest kõrvale kaldumine põhjustada klemmühendusei ülemäära-  
rast kuumenemist ja ühenduskoha kahjustumist.

Kui juhtmete ühendamiseks kasutatakse üleminekuklemme, kaablikingi vms., tuleb pöörata tähelepanu piisava õhu- ja pinnavahe tagamisele. Seadmete pooluste kaugus läheneb sageli lubatud miinimumvahekaugusele. Eriti alumiiniumjuhtmete ühendamisel nõuab ühendustarvikute valik ja paigaldamine suurt täpsust ning miinimummõõtmetest kinnipidamist.

### 12.7.3 ERINEVA PINGEGA AHELAD

Tööstusprotsesside puhul on väga tavaline, et kilpide erinevates juhtimis-, reguleerimis- ja mõõtmisahelates esineb põhiahelast erinevaid ja sõltumatuid pingeid. See praktika muutub üha üldisemaks ka teistes kilpides ja kasutuskeskkondades. Erineva pingega ahelad tuleb häirete tekke vältimiseks ja kasutajate ohutuse tagamiseks üksteisest usaldusväärsel viisil eraldada.

Parim viis selleks on kasutada iga pingesüsteemi jaoks täiesti erinevaid juhtmeradu ja liideseid. Jaotuskilpides enamasti sellist võimalust ei ole. Praktikas saab klemme grupeerida, kuid sisemiste juhtmestike puhul tuleb juhtmed ühendada samade juhtmeradade või -rennidega. Usaldusväärne eraldamine on teostatud siis, kui põhiisolaatsiooniga juhtmed valitakse kõikides ahelates suurima kasutuspinge alusel. Madalpingesüsteemides on võimalik kasutada kaetud kaableid või tugevdatud, et eraldada need ühiste juhtmelõikude osas teistest ahelatest. Eriti oluline on hoida lahus SELV-, PELV- ja kaitselahutusega ahelad nii üksteisest, kui ka teistest ahelatest. Kui töövõtja on sunnitud ühendama paigalduskohal välise ahelate juhtmeid kilbis juba varem olevate ahelate juurde, tuleb ahelate eraldamise vajadus alati välja selgitada.

## 12.8 SPETSIAALKILPID

Spetsiaalkilpe vaadeldakse selles kontekstis kitsast aspektist, mis hõlmab standardis SFS-EN 60439-2 nimetatud komplekt-lattliine ja juhtimispuite. Põhimõtteliselt loetakse spetsiaalkilpideks lisaks ka standarditest kõrvale kalduvaid kilpide konstruktsioone. Need on mahukas ja ebahühtlane grupp, mille käsitlemine ei ole selles kontekstis põhjendatud.

### 12.8.1 KOMPLEKT-LATTLIINID

Komplekt-lattliin on jaotuskilp, mille pea- ja harulatte on paigaldatud nii, et need moodustavad jaotusjuhtmed vajalikus piirkonnas. Süsteemi latiosad asendavad tavakilpide kasutamisel vajalikke pea- ja tõusujuhtmete lõike. Lisaks selline teostus võimaldab tagada lühikesi lõppvooluahelaid ja nende mugavad üleminekid.

Latiosad komplekteeritakse latidetailidest, mille ühendamiseks kasutatakse erinevaid haru-, pikendus-, nurk jms. sobitusdetalle.

Toiteossa kuuluvad tavaliselt toitekaabli ühendus ja pealüliti. Lahklüliti võib paigutada toite andvasse jaotuskilpi eeldades, et isikul, kes ühendab uusi vooluvõtuseadmeid jaotuslatiga, on võimalus ruumi siseneda või jaotuslatiga saab ühendada uusi vooluvõtuseadmeid turvaliselt ka siis, kui latt on pingestatud.

Harulati osades on olemas ühenduskohad, millega saab ühendada tarbijad. LõppvooluTarbija toiteahela liigvoolukaitsed paiknevad tavaliselt lattistuse ühenduskoha juures.

Jaotuskilbina kasutatavad komplekt-lattliinid on lihtsad. Tavaliselt ei kuulu nende juurde sisemised juhtimis- või mõõtmisahelad. Tavapäraseks kasutusalaiks on näiteks masinaehitus, kus süsteem tagab vaba paigutusvõimaluse süsteemiga ühendatavatele masinatele. Komplekt-lattliini võib kasutada ka korrusmajades, näiteks trepikodade peamagistraaljuhtmete ja tõusukilpide asendajana.

Komplekt-lattliine käsitlev standard EN 60439-2 ei ole iseseisev standard, vaid täiendab jaotuskilpide kohta kehtivaid üldisi nõudeid sisaldavat peastandardit EN 60439-1 komplekt-lattliinide osas.

Valgustite kontaktlattliine käsitleb standard EN 60570.

## 12.8.2 JUHTIMISPULT

Definitsiooni kohaselt on juhtimispult puutekaitsitud kilp, milles on horisontaal-, otse, kallutatud või mõlemas asendis olev juhtimis-, mõõtmis-, märguande- vms. seadmetega varustatud tasapind.

Definitsioon on teatavas mõttes liiga piirav, sest juhtimispult võib teatud juhtudel koosneda ka näiteks ainult hüdraulilistest komponentidest. Seevastu on väga tavaline, et puldiga on ühendatud mitu erinevatest pingevalikatest toite saavat ahelat. Ahelate toitepunktid ei paikne tavaliselt juhtimispuldil, vaid reguleeritava, suunatava, või kontrollitava protsessi jaotuskilpidesse ning reguleerimis- ja mõõtmisüsteemide kontrollimisalustele. Juhtimispult ei ole selles mõttes jaotuskilp, millesse tuleb elektritoide jaotatakse kilbist lähtuvate ahelate vahel.

Juhtimispuldi projekteerimisel on oluline osa ergonoomilistel seikadel. Tuleb välja selgitada, milliseid näitajaid järelevalve jaoks vajatakse, kuidas need muudatused kergesti märgatavaks teha ning kuidas peaks puldi ees istuv kasutaja kontrollitava protsessi kulgu sekkuma. Kõik juhtimise käigus reguleeritavad seadmed peavad olema kasutaja käeulatuses.

Juhtimispuldi puhul on erineva pingega ahelate eraldatuse nõue eriti oluline. On võimalik, et ka mõõtmisahelates tuleb madala signaaltaseme tõttu tagada kaitse teiste ahelate poolt tekitatud välja mõjude eest. Vastasel korral tekitaksid need vigu mõõtmistulemustes.

Juhtimispuldid ehitatakse sageli teatud seadmete juurde kuuluva konkreetse osana. Selle tõttu ühtseid konstruktsioone tuleb testida osalistele tüüpikatsetega. Testid, millega kaasneb tõsine seadme purunemisoht, on asendatud sellisel juhul seadmele ja komponentidele vähem ohtlike testidega. Juhtpultide osas on oluline kontrollida nende elektrilist toimimist. Ühendatavate juhtmete arv on enamasti suur ja toimimise käigus ilmnevad kergesti ühendamiselt tehtud vead.

## LÜLITUS- JA KAITSESEADMED

---

### 13.1 LAHUTAMINE JA ÜHENDAMINE

Elektripaigaldistes peab olema piisavalt kaitselahutusseadmeid, mis võimaldavad ühendada ja/või lahutada ahelaid või üksikuid seadmeid hoolduse, testimise, veaotsingute või remondi teostamisel.

Kaitselahutamine on toiming, mille eesmärgiks on lülitada toide turvalisuse tagamiseks paigaldisest või paigaldise osast välja, lahutades paigaldise või selle osa kõikidest toidet andvatest allikatest. Kaitselahutamise eesmärgiks on tagada inimeste ohutus enne, kui alustatakse tööd või remonti, veaotsingut või seadme väljavahetamist.

Kaitselahutamine mehhaanilise hoolduse võimaldamiseks toimub lülitusseadme kontaktklemmide avamise teel, mille eesmärgiks on hoida ära elektrilöögi või elektrikaare põhjustatud oht, lülitades elektritoitega seadmed mehhaaniliste hooldustööde ajaks võrgust välja.

Avariilülituse situatsioonis avatakse lülitusseade ühenduskontaktid, millega katkestatakse paigaldise varustamine elektrienergia, see võimaldab hoida ära ohtliku olukorra tekke või leevendada selle mõju.

Hädaseiskamine on toiming, mille eesmärgiks on ohtlikuks muutunud toimingu võimalikult kiire peatamine.

Talituslülitamine on toiming, mille eesmärgiks on lülitada “sisse” või “välja” või muuta töörežiimi elektripaigaldises või selle osas normaalse toite tagamiseks.

## Kaitselahutusseadmed

Kaitselahutusseadmed peavad tõhusalt eraldama kõik toiteahela pingestatud toitejuhtmed. Kaitselahutusseadme avatud kontaktide avanemiskaugus peab olema nähtav või seda tuleb selgesti ja usaldusväärset osutada “avatud” või “suletud” tähistusega. Selline tähistus peab olema nähtav ainult siis, kui nõutud avanemisvahemik on igal poolusel saavutatud. Nõutud tähistuse võib teha ka sümbolitega “0” ja “I”, mis viitavad avatud ja suletud asendile.

Pooljuhtseadmeid ei tohi kasutada kaitselahutusseadmetena.

Kaitselahutusseadmete ehitus peab olema selline ja neid tuleb paigaldada selliselt, et oleks välistatud seadmete tahtmatu taas tagastuslülitus. Tagastuslülituse võivad põhjustada näiteks löögid, vibratsioon jms.

Tuleb tagada, et koormamata avamiseks mõeldud lahklüliti ei avata ettevaatamatuses või tahtmatult. Selleks võib lahklüliti paigaldada lukustatud ruumi või lukustada lahklüliti juhtimisseade. Lahklüliti võib kokku lukustada ka lüliti või muu koormatud olekus avatava seadmega.

Kaitselahutuse võib teostada, kasutades näiteks

- mitme- või ühefaasilisi lahklüliteid, koormuse lahklüliteid või koormuslülitteid
- pistiklülitteid
- kaitsmeid
- ühendusdetalle või
- eriklemme, mis ei nõua juhtme eraldamist.

Kõik kaitselahutusseadmed peavad olema selgesti identifitseeritavad sellise tähistuse abil, mis näitab, millise seadme või jaotusvõrgu osa toiteahel katkestabub.

## Väljalülitamine mehhaanilise hoolduse ajaks

Täpsemad nõuded mehhaanilise hoolduse tõttu tehtava kaitselahutamise kohta on toodud masinaohutuse ja töökaitse eeskirjades.

Kui mehhaaniliste hooldustoimingutega võib kaasned a vigastuste oht, tuleb toite väljalülitamiseks kasutada vastavaid seadmeid. Elektrienergia töötavas mehhaanilises seadmes võib olla pöörlevaid osi, kütteelemente või elektromagnetilisi seadmeid (masinate elektripaigaldiste osas vt. standard EN 60204-1).

Näited paigaldistest, mille väljalülitusseadmeid tuleb mehhaanilise hoolduse ajal kasutada:

- tõstukid
- liftid
- eskalaatorid
- transportöörid

- töötlemisseadmed
- pumbad.

Need nõuded ei hõlma süsteeme, mis töötavad muu kui elektrienergia jõul, näiteks pneumaatilisi, hüdraulilisi või aurutoitel toimivaid süsteeme. Sellistel juhtudel on võimalik, et süsteemiga seotud elektri väljalülitamine ei ole turvalisuse tagamiseks piisav.

Kui lülitusseade ei ole töö teostaja pideva järelevalve all, tuleb sobivate toimingute abil tagada, et elektriseadet ei lülitataks tahtmatult sisse ega käivitataks mehhaanilise hooldustoimingu teostamise ajal. Nendeks toiminguteks võivad olla üks või mitu alljärgnevatest:

- lukustamine
- hoiatussildi paigaldamine
- paigutamine lukustatavasse ruumi või karpi.

Lülitusseadmed, mida kasutatakse mehhaanilise hoolduse ajaks välja lülitamisel, tuleb paigaldada eelistatult toitet tagavasse peavooluahelasse. Kui sellel eesmärgil kasutatakse lüliteid, peavad need suutma katkestada paigaldise konkreetse osa voolu täielikul koormusel. Need ei pea tingimata lülitama välja kõiki pingestatud juhtmeid.

Mootori käidu vms. juhtimisvooluahela katkestamist võib kasutada ainult siis, kui lisa-kaitsme, näiteks mehhaaniliste riivide või seadmestandardi nõuetele vastava juhtimis-seadme abil saavutatakse turvaline olukord, mis vastab peavoolutoiteahela katkestamisele.

Seadmed saab väljalülitada mehhaaniliste toimingute tarbeks näiteks

- mitme poolusega lülite
- lülite
- kontaktoreid juhtivate juhtimislülite
- pistikülite abil.

Mehhaaniliseks hoolduseks kasutatavaid lülitusseadmeid või nende juhtimislüliteid peab olema võimalik juhtida ka käsitsi. Lülitusseadme avatud kontaktide avanemis-vahekaugus peab olema nähtav või selgesti ja usaldusväärselt osutatud "avatud"- või "välja lülitatud" -tähistustega. Selline viide võib esineda ainult siis, kui seadme kõik poolused on saavutanud "avatud"- või "välja lülitatud" -asendi. Nõutud tähistuse võib teha sümbolitega "0" ja "1" suletud asendi osutamiseks.

### **Avariilülitused (hädaväljalülitused)**

Avariilülitus võib olla avariisisselülitamine või avariiväljalülitamine. Igas aparatuuri osas, milles tekib vajadus juhtida toidet ootamatu olukorras, peab olema ka avariilülituse võimalus.

Paigaldised, milles kasutatakse avariilülitusseadmeid, on näiteks:

- tuleohtlike vedelike pumpamiseadmed
- ventilatsioonisüsteemid
- suured arvutid
- kõrgepingega valgustussüsteemid (nt. neonvalgusreklaamid)
- suured hooned, näiteks kaubamajad
- elektrilised uurimis- ja testimisseadmed
- õppekasutuses olevad elektrilaborid
- katlamajad
- suursöögid.

Kui esineb elektrilöögi oht, peab avariilülitusseade lülitama välja kõik pingestatud juhtmed välja arvatud TN-C-süsteemis PEN-juhtme ja TN-S-süsteemis neutraaljuhtme.

Kaitsejuhet ei tohi süsteemis mingil juhul lahutada.

Avariilülitussüsteem peab väljalülitama seadme toiteahela jõuosa. Süsteem peab olema selline, et toide katkeb üheainsa toimingu tulemusena. Avariilülitussüsteemi toimimine ei tohi põhjustada täiendavat ohtu või takistada muude ohu kõrvaldamiseks vajalike toimingute teostamist. Masinatega seotud avariiseiskamistoimingute nõuded on toodud standardis EN 60204-1.

Kui elektrienergiat tarbivad liikuvad osad võivad ohtu põhjustada, peab kasutada olema ka avariiseiskamisvõimalus.

Paigaldised, milles kasutatakse avariiseiskamisseadmeid, on näiteks

- eskalaatorid
- liftid
- transportöörid
- teisaldusseadmed
- elektri mõjul töötavad ukсед
- töötlemisseadmed
- autopesulad.

Avariilülitusseade peab suutma katkestada täieliku jõuahelad ning vajadusel ka mootori käivitusvooluahelad. Avariilülitusseadmena võib kasutada

- üht lülitusseadet, mis suudab katkestada toite tagava ahela, või
- ühe toiminguga juhitava erinevate seadmete kombinatsiooni, mis katkestab toite andva ahela.

Avariiseiskamisel on vahel vajalik hoida toidet tagav ahel sisse lülitatud, näiteks liikuvate detailide peatamiseks pidurdamise teel.



Kui on praktikas võimalik, kasutatakse käsitsi juhitavaid, otse jõuahelaid katkestavaid lülitusseadmeid. Lülitid, kontaktorid jms. kaugjuhitavad lülitusseadmed peavad avanema juhtimispooli pingestamata olekus või tuleb kasutada muud meetodit, kus luuakse ohutu olukord. Avariilülitusseadmete aktivaatorid (käepidemed, nupud vms.) peavad olema kergesti äratuntavad, soovitatavalt punast värvi kontrasti moodustaval taustal. Aktivaatorid peavad olema neis kohtades kergesti kasutatavad, kus võib tekkida oht ja vajadusel ka teistes kohtades, kust tekkinud ohu saab kõrvaldada. Avariilülitusseadme aktivaator peab olema lukustatav "avatud" - või "seis"-asendisse, kui avariilülituse ja uuesti käivitamise järelevalvet ei teosta üks ja sama isik. Avariilülitusseadme vabastamine ei tohi vastavat paigaldise osa uuesti pingestada. Avariilülitusseadmed ja avariiseiskamisseadmed tuleb paigaldada ja tähistada selliselt, et neid on hõlbus ära tunda ja kasutada.

### **Talituslülitamine (juhtimine)**

Iga eraldi juhitava ahela jaoks peab olema talituslülitid, mille abil saab teostada talituslülitusi paigaldise muudest osadest sõltumata. Talituslülitid ei pea alati juhtima ahela kõiki pingestatunud osi. Ühepooluselisi lülitid ei tohi paigaldada neutraaljuhile.

Koormuste suunamiseks tuleb enamasti kasutada talituslülitid. Ka üks talituslülitid võib juhtida mitut samaaegselt toimivat seadet. Talituslülituseks võib kasutada pistiklülitid, mille arvutuslik vool on maksimaalselt 16 A.

Talituslülitid, mille abil toimub üleminek ühelt toitesüsteemilt teisele, peavad lülitama kõiki pingestatunud (tööjuhte) juhtmeid. Talituslülitid ei tohi juhtida toitesüsteeme paralleelselt toimimisele, kui aparaat ei ole mõeldud just selle põhimõtte alusel toimimiseks. Nendel juhtudel ei pea PEN- või kaitsejuhtmeid ühendama.

Talituslülitid peavad sobima kasutamiseks kõige suurema võimaliku koormuse puhul. Talituslülitid võivad juhtida voolu avamisvahekauguseta. Näiteks pooljuhtlülitusseadmed suudavad katkestada voolu vooluahelas ilma kontakte avamata.

Talituslülititena võib kasutada näiteks

- lülitid
- pooljuhtseadmeid
- kontaktoreid
- releesid
- arvutusliku voolu poolest kuni 16 A pistiklülitid.

Lahklülitid, kaitsmeid ja ühendusdetalle ei ole lubatud talituslülititena kasutada.

## 13.2 KAITSESEADMED

Kaitseseadmete omadused tuleb määratleda toimimise alusel. Toimimine võib tähendada kaitset:

- liigvoolu (liigkoormus, lühis)
- maalühisvoolu
- ülepinge
- alapinge ja pinge puudumise eest.

Kaitseseadmed peavad toimima selliste voolude ja pingete puhul ja sellise aja jooksul, mis on vooluahelate omadusi ja ohutegurite esinemisvõimalusi arvestades sobivad.

### **Kaitseseadmed, mis kaitsevad nii liigkoormus- kui ka lühisvoolu eest**

Need kaitseseadmed peavad suutma katkestada kaitseseadme paigalduskohas esineva liigvoolu, kaasa arvatud suurima võimaliku prospektiivse lühisvoolu. On lubatud ka väiksem katkestamisvõime, kui kaitseseadme toitepoolel on piisava katkestusvõimega teine kaitseseade. Sellistel juhtudel tuleb mõlema kaitseseadme omadused selliselt kokku sobitada, et kaitseseadmeid läbiv energia ei ületaks väärtust, mida koormuspoole kaitseseade ja kaitstavad juhtmed kahjustumata taluvad.

Sellised kaitseseadmed võivad olla

- standarditele EN 60898-1, EN 60947-1, EN 60947-2 või EN 61009 vastavad liigvoolukatkestajaga varustatud lülitid
- lüliti koos sulavkaitsmetega
- sulavkaitse, milles kasutatakse standarditele EN 60269-1, EN 60269-2 või EN 60269-3 vastavaid gG-tüüpi kaitsmeid.

### **Liigvoolukaitsed, mis kaitsevad ainult liigkoormusvoolu eest**

Need on tavaliselt kaitseseadmed, mille toimimisaeg on pöördvõrdeline voolutugevusega ja lülitusvõime võib olla väiksem kui võrgu lühisvool kaitseseadme paigalduskohas.

### **Liigvoolukaitsed, mis kaitsevad ainult lühisvoolu eest**

Neid liigvoolukaitsmeid võib paigaldada siis, kui liigkoormuskaitse tagatakse muul viisil või kui liigkoormuskaitse võib ära jätta. Sellised kaitseseadmed peavad suutma katkestada lühisvoolu kuni kõige suurema paigalduskohas esineva lühisvooluni.

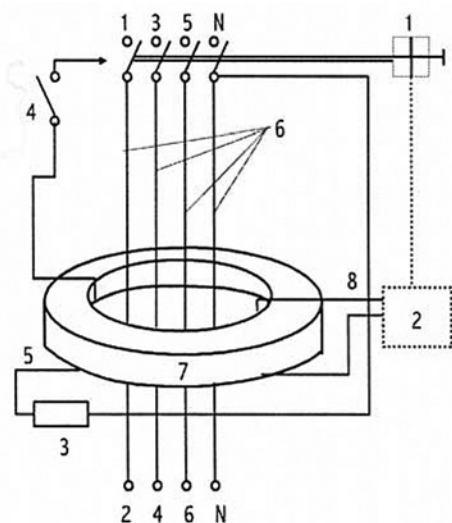
Sellisteks liigvoolu kaitseseadmeteks võivad olla standarditele EN 60898-1, EN 60947-1, EN 60947-2 või EN 61009 vastavad lühisekaitsega varustatud lülitid standarditele EN 60269-1, EN 60269-2 või EN 60269-3 vastavad kaitsmed. Kaitseseadmed tuleb paigutada ja tähistada nii, et kaitsvaid ahelaid on hõlbus identifitseerida.

Seetõttu on otstarbekas paigutada kaitseseadmed jaotuskilpidesse.

## Rikkevoolukaitse

Soomes on Uusehitistes lubatud kasutada ainult A- või B- tüübile vastavaid rikkevoolukaitsmeid. AC-tüübi kasutamine on lubatud ainult vanade paigaldiste remontimisel.

Rikkevoolukaitse mõõdab äärmiste juhtide (faasi- ja neutraaljuhi) ajahetkel geomeetrilist summaarset voolu voolutrafoga 7. Kui geomeetiline summaarne vool on nullist suurem rikkevoolukaitsme rakendusvoolu võrra, näiteks maalühise või liiga suure lekkevoolu tõttu, on rele mähises faasijuhi (de)voolu neutraaljuhi voolu tasakaal rikutud ning rikkevoolukaitsme kontaktid avanevad rakendusmehhanismi 1 mõjul. Rikkevoolukaitse toimimist võib testida testimisnupuga 4, millele vajutamine tekitab kunstliku rikkevoolu.



1. Rakendusmehhanism
2. Rele
3. Testimisahela takistus
4. Testimisnupp
5. Testimisahel
6. Primaarahel
7. Voolutrafo kese
8. Sekundaarahel






NB! Testimisahel ja testimisnupp võib olla vahemikus L-N või L-L

Joonis 13.1. Rikkevoolukaitsme ehitus.

Rikkevoolukaitsme toimimine eeldab, et sellega kaitstud vooluahelas on neutraal- ja kaitsejuhtmeahelad eraldi. TN-süsteemis tähendab see puhas TN-S-süsteemi. Standarditele EN 61008 ja 61009 vastavad arvutuslikud rakendusvoolud on 10, 30, 100, 300 ja 500 mA. Kui soovitakse suuremat rakendusvoolu, võib kasutada lüliti, milles on eraldi rikkevoolumoodul.

Rikkevoolukaitses ei kaitse liigvoolude eest. Liigvoolukaitses tuleb teostada standardi SFS 6000 osas 4-43 kirjeldatud viisil, kasutades erinevaid liigvoolukaitsmeid või standardile EN 61009 vastavat rikkevoolukaitsmega varustatud liigvoolukaitses.

**Tabel 13.1. O.531A Rikkevoolukaitsmete omadused rikkevoolu iseloomu alusel.**

Tüüp	Kaitseadme toimimisest tekkiv vool	Kood
AC	Ootamatult või pikema aja jooksul tekkiv sinusoidne vahelduvvool	
A	Ootamatult või pikema aja jooksul tekkiv sinusoidne vahelduvvool või impulss-alalisvool	
B	Ootamatult või pikema aja jooksul tekkiv sinusoidne vahelduvvool, impulss-alalisvool või ühtlustatud alalisvool	 või  

Rikkevoolukaitses kasutatakse toite automaatseks väljalülitamiseks siis, kui paigaldise kõige väiksem ühefaasiline lühisvool on nii väike, et see ei taga kaitsme või lüliti toimimist piisavalt lühikese aja jooksul. Sellised olukorrad tekivad näiteks siis, kui pikki tarvitiiline kasutatakse paigaldistes, kus jaotusvõrk ei suuda piisavat lühisvoolutoidet kaitsme rakendumist tagada. Lühisvool võib olla väike ka siis, kui paigaldis saab toite varuvõrgust või UPS-süsteemist. Rikkevoolukaitses tuleb kasutada ka kaitseadmena ehitusobjektidel ja muude ajutiselt paigaldatud kaablite puhul, kus on vigastuste tekkeoht.

Kui rikkevoolukaitses kasutatakse toite automaatseks väljalülitamiseks, võib selle arvutuslik rakendusvool  $I\Delta n$  olla maksimaalselt 1/5 esinevast kõige väiksemast lühisvoolust, mille puhul saab enamasti kasutada rikkevoolukaitses, mille rakendusvool on 300 või 500 mA. Toite automaatseks väljalülitamiseks võib kasutada ka S-tüüpi rikkevoolukaitsmeid.

Toite automaatsel väljalülitamisel oleneb ühe rikkevoolukaitsmega kaitstud vooluahelate arv paigaldise ulatusest ja kasutusotstarbest. Enamasti on soovitatav kasutada vähemalt kahte rikkevoolukaitses, siis ei katkesta rike kogu elektripaigaldist. Tuleohutuse tagamiseks ja täiendava kaitsena kasutusel olevad rikkevoolukaitses toimivad ka toite automaatsel väljalülitamisel ning tagavad selektiivsuse.

## Rikkevoolukaitse lisakaitkena

Lisakaitkena (inimohutuse seisukohalt) kasutatava rikkevoolukaitse arvutuslik rakendusvool võib olla maksimaalselt 30 mA. Rikkevoolukaitse konstruktsiooni standardi alusel võib toimida vooluga, mis on pool selle arvutuslikust rakendusvoolust. 30 mA rikkevoolukaitse võib seega toimida siis, kui rikkevool ületab 15 mA. Et vältida lekkevooludest ja kiiresti muutuvatest rikestest tulenevaid tahtmatuid kaitserakendusi, tuleb hoolitseda selle eest, et koormust tekitavate seadmete tõttu moodustuv kogulekkevool on vähem kui 1/3 rikkevoolukaitse arvutuslik rakendusvool. Pistiklülitiga ühendatud tarbimisseadme lubatud rikkevool võib olla 5 mA.

Rikkevoolukaitsega varustatud pistikupesad võib kaitsta iga tarviliini kaitsega või kasutada sama rikkevoolukaitset mitme rühma puhul. Kolmefaasilise rikkevoolukaitsega saab kaitsta mitut ühefaasilist rühma. Kui mitu pistikupesarühma kaitstakse ühe arvutuslikult rakendusvoolult kuni 30 mA rikkevoolukaitsega, tuleb kaaluda kaitstavate pistikupesade arvu ja nendega tõenäoliselt ühendatavate seadmete tüüpi, et hoida ära lekkevooludest tekkivad tahtmatud rakendumised ja vähendada paigaldise või seadme rikkest tekkiva ühe rikkevoolukaitse rakendamise tõttu moodustuva elektrikatkestuse ulatust. Enamasti on soovitatav kasutada paigaldamisel vähemalt kahte rikkevoolukaitset.

Kui rikkevoolukaitset kasutatakse lisaks pistikupesadele ka valgustuse kaitsmiseks, on soovitatav ruumi valgustust ja pistikupesasid kaitsta erinevate rikkevoolukaitsetega.

Kui rikkevoolukaitse defektne rakendumine võib põhjustada toimimisele ohtu või rikke, näiteks kütte katkemise, ei tohi kogu paigaldist kaitsta ainult ühe rikkevoolukaitsega.

## Rikkevoolukaitse kasutamine tuleohutuse tagamisel

Tuleohutuse tagamiseks kasutatava rikkevoolukaitse arvutuslik rakendusvool võib olla kuni 500 mA.

Põranda- ja laeküttesüsteemide kaitseks tuleb kasutada maksimaalselt 30 mA rikkevoolukaitset.

Kui rikkevoolukaitse defektne rakendumine võib põhjustada toimimisele ohtu või rikke, näiteks vältimatult vajaliku ventileerimise katkemise, ei tohi kogu paigaldist kaitsta ainult ühe rikkevoolukaitsega. Sellistel juhtudel on soovitatav kasutada rikkevoolukaitseid, mille rakendumisele järgneb hoiatussignaali.

## VALGUSTUSPAIGALDISED

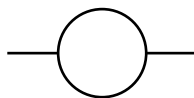
---

VS-EN 60364 ei sisalda detailseid nõudeid tarviliini jätkamise või harunemise kohta. Alljärgnevad juhised põhinevad kasutusel oleval heal paigalduspraktikal ja varem kehtival eeskirjadel.

Tarviliini võib jätkata või see võib haruneda tarvitiseadmes, näiteks valgustis, kütteseadmes, pistikupesas või lülituskarbis (karbis-toosis), kui selle klemmid on mõeldud sellseks otstarbeks kasutamiseks. Karpides (toosides) võib kasutada ka lahtisi klemme. Lisaks peab karpides ja muudes vastavates kohtades olema piisavalt ruumi.

Maksimaalselt 16 A tarviliini saab jätkata ilma eraldi harukarbina olevas seadmes, kui see on mõeldud läbimineva lõppvooluahela tarvis või kui sellega on konstruktiivselt ühendatud karbiossa (toosiosa) või sellele vastav lülitusruum.

Tarviliini jätkamiseks mõeldud tarvitiseade on seadet käsitlevast konstruktsioonistandardist olenevalt varustatud näiteks joonisel 14.1 kujutatud eritähistusega või omadus ilmneb mingil muul viisil.



---

**Joonis 14.1. Tarviliini jätkamiseks mõeldud seadme sümbol.**

---

Tarvitiiliini võib jätkata mujal kui harukarbis näiteks alljärgnevalt kirjeldatud viisidel:

- a. Tarvitiiliini ristlõike pindala ei muudeta lülituskarbis, pistikupesas või tarvitiseadmes, kus on jätkukoht. Kui aparaadis on eraldi, üksteisest sõltumatud klemmid, võib neis juhtmete ristlõike pindala muuta.
- b. Klemmiga ühendatakse ainult nii mitu juhet kui on mõeldud. Klemmid pistikukarpides ja lülituskarpides on enamasti mõeldud kahe 1,5-2,5 mm<sup>2</sup> juhtme ühendamiseks. Klemmi alt teise klemmi alla katkematult jätkuva juhtme paljastatud lõik loetakse kahe juhtme otsaks.
- c. Sama tarvitiiliini juurde kuuluvad juhtmed võib vedada läbi lõikamata aparaadikarpi, lüliti või pistikupesa kaudu, kui neis on piisavalt ruumi ja on tagatud, et jätkatavate juhtide isolatsioon on terve.
- d. Tarvitiiliini võib jätkata pinnapealse paigaldusega lülitis, pistikupesas või muus seadmes, kui seadmes on selleks olemas püsivad klemmid, või seadmes on ühenduseks mõeldud koht, millesse võib paigaldada lahtise klemmi.

Tarvitiiliini ei ole soovitatav jätkata kasutades lahtisi klemme seadmekarbis, millesse on paigaldatud pistikupesa, lüliti või vastav püsikinnitusega seade. Kui paigaldis jääb selgepiiriliseks, võib jätkamiseks kasutada lahtisi klemme eeldades, et karbis on piisavalt ruumi. Ruumi hindamisel tuleb arvestada seadet, mida saab konkreetsesse kohta vahetada – näiteks lüliti asemele võib paigaldada valgusti regulaatori. Ka sellisel juhul peab karbis olema seadme taga ruumi lisaks klemmile ka kaks korda kasutatud juhtmetele.

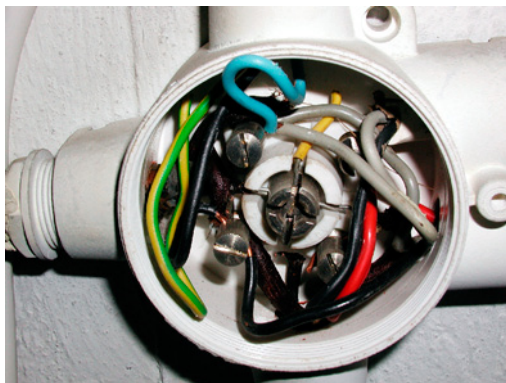
Kui kasutatakse tavapäraseid (süvistatult paigaldatud karbid, kaksikseadmekarbid kuivadesse ruumidesse) (süvistatult paigaldatud karbid, kaksikseadmekarbid kuivadesse ruumidesse) vastavaid seadmekarpe (aparaaditoose), mille sügavus on vähemalt 40 mm, saab tavalise lüliti või kaksikpistikupesa taha tavaliselt paigaldada ühe või kaks lahtist klemmi. Kui kasutatakse madalamat seadmekarpi või paigaldatakse üheosaline pistikupesa või valgusti regulaator, võib enamasti paigaldada lisaklemme ainult siis, kui karbi sügavust on vaherõngaga suurendatud.

Kui karbis lisaklemmide jaoks varutud piisav ruum paikneb mujal, kui seadme taga, võib sellesse ruumi paigaldada lisaklemme vastavalt karbitootja paigaldusjuhistele.

Seadmekarpidesse paigaldatud lahtiste klemmidena on soovitatav kasutada vähe ruumi nõudvaid kruviklemme või vedruklemme.

Tarvitiiliini ei tohi jätkata paigaldustoru sees.

Kui tarvitiiliinis on kasutatud PEN-juhet või varem ehitatud tarvitiiliinis on tehtud maandus, ei saa tarvitiiliini pikendada seadmes, ühendamine PEN-juhtmega peab toimuma harukarbis või ahela moodustamisel tuleb alati kasutada eraldi null- ja kaitsemaandusjuhet.



---

**Joonis 14.2. Tarvitiiliini jätkamisel peab klemmide jaoks olema piisavalt ruumi ja klemmid peavad olema kasutatud juhtme ristlõike pindala ja ehituse jaoks sobivad.**

---

Selgepiirilise tagamiseks on soovitatav, et ahelaks kujundatud tarvitiiliini jätkatakse seadmetes ainult siis, kui seadmesse või karpi ühendatakse kaks juhet või toru. Ahelaks kujundatud tarvitiiliinis ei ole soovitatav rakendada tarvitiiliini harunemist eraldi karpidesse (toosidesse). Teatud juhtudel võib see siiski olla põhjendatud.

### Juhtmete ühendamine seadmetega

Juhtmete seadmetega ühendamisel tuleb jälgida, et seadme klemmid oleksid juhtmete materjalide ja ristlõike pindala suhtes sobivad. Seadmesse ei tohi ühendada suuremat juhet ristlõikega, millega seadme klemmid sobivad, jättes näiteks osa juhtme soontest klemmi alt välja.

Ühenduskohad tuleb teostada hoolikalt ja klemmi tootja juhiseid järgides.

## 14.1 JUHISED GRUPEERIMISE KOHTA

Alljärgnevad juhised põhinevad omal ajal kehtinud nõuetel. EVS – EN 60364 ei anna grupeerimise kohta mingeid spetsiaalseid nõudeid, kuid alljärgnevate juhiste järgimine on enamikul juhtudel täiesti põhjendatud.

Tarvitiseadmed tuleb ühendada nende kasutuskohal ohutuse seisukohalt otstarbekohastesse gruppidesse, mis ühendatakse tarvitiiliini kaudu liigvoolukaitsetega. Grupeerimisel tuleb arvestada tarvitiiliiniga ühendatavate seadmete arv, võimsused ja kasutusotstarve. Grupeerimisel tuleb arvestada ka paigaldise ahelates kasutatavat rikkevoolukaitset. Elektripaigaldiste standarditesse on lisatud nõue pistikupesade rikkevoolukaitsete kohta ning see võib olla näiteks eraldi pistikupesade gruppide väljaehitamise põhjuseks.



Tarvitiini liigvoolukaitse paigaldatakse tavaliselt jaotuskilpi. Tarvitiseadmelt nõutakse oma liigkoormuskaitset ainult erijuhtudel. Muudel juhtudel tavaliselt eraldi liigkoormuse eest kaitsvat seadet ei kasutata. Seetõttu tuleb tarvitiseadmete otstarbekohasel grupeerimisel hoolitseda selle eest, et tarvitiini liigvoolukaitse toimib ka rühmas olevate seadmete osalise liigkoormuskaitkena.

Seda arvestades tuleb suure võimsusega tarvitiseade ühendada ainult seda toitva tarvitiiniga. Võimsuse poolest oluliselt erinevate tarvitiseadmete ühendamist sama tarvitiiniga tuleb vältida.

Tarvitiseadmetelt nõutakse oma eraldi liigkoormuskaitse paigaldamist enamasti ainult tulekahju- ja plahvatusohtlikes ruumides (näiteks mootorid). Juhtme ja masina vaheline liigkoormuskaitse tuleb paigutada jaotuskilpi. Seadme liigkoormuskaitse võib paikneda ka seadme lähedal. Kui juhtme liigvoolukaitse on 16 A või väiksem, võib tarvitiiniga enamasti ühendada mitu tarvitiseadet ja see võib olla ühe-, kahe- või kolmefaasiline. Grupeerimine peab toimuma otstarbekohaselt.

Eraldi gruppidena tuleb paigaldada suure võimsusega seadmed (näiteks pliit, elektrikeris), kinnistu sees paiknevad välisjuhtmed (majandushooned) ning õli- ja gaasipõleti. Gruppi võib ühendada teatud juhtudel mitu seadet vaatamata sellele, et liigvoolukaitse on üle 16 A. Kõige tüüpilisem näide selle kohta on ajutiseks kasutamiseks mõeldud jõupistikud, mida võib olla ka mitu sama tarvitiiniga ühendatud. Sellisel juhul dimensioneeritakse tarvitiin ja kaitstakse väiksema nimivooluga pistikupesa kohaselt.

Omavalgustite tegutsenud Elektriettevõtete liidu (Sähkölaitosyhdistys) poolt välja antud grupeerimisjuhises on toodud järgmised soovitused:

- Samasse 10 A liigvoolukaitsega kaitstud gruppi võib enamasti ühendada kõige enam 10 tarbimispunkti ühe faasi kohta ja 16 A liigvoolukaitsega kaitstud gruppi 15 tarbimispunkti eeldades, et nende summaarne vool on maksimaalselt 0,9 x kaitsme nimivool. Tarbimispunkti all mõeldakse siinkohal püsipaigaldusega lae- või seinavalgustuspunkti või pistikupesa. Kaheosaline pistikupesa loetakse üheks tarbimispunktiks ja kolmeosaline - kaheks tarbimispunktiks.
- Ainult hõõglampvalgustitest või vastavatest valgustitest koosnevas grupis võib valguspunktide arvu valida kaitsme nimivoolu alusel selliselt, et koormusvool on maksimaalselt 0,9 x kaitsme nimivool. Seevastu reaktiivvõimsust tekitavates lahenduslampides, mis ei ole varustatud reaktiivvõimsuse kompensaatoriga, tuleb arvestada reaktiivvõimsusest tekitatud koormusega vooluga.
- Suure võimsusega masinatele, näiteks pesukuivatus-, pesupesemis- ja nõudepesumasinatele vms. mõeldud pistikud tuleb varustada eraldi grupikaitsmetega.
- Igas elutoas, köögis, köögikapis, hallis või koridoris peab olema vähemalt üks lüliti abil juhitav lae- või seinavalguspunkt.

- Pistikuga võrku ühendatavate seadmete arvu pideval suurenemisel ning pikendus- ja pikkade ühendusjuhtmete kasutamise vähendamiseks ning seeläbi ka turvalisuse parandamiseks on elu- ja ametiruumides soovitatav kasutada vähemalt üht pistikupesa iga seinajoone nelja (4) meetri kohta või põrandapinna nelja (4) ruutmeetri kohta. Hilisemal pistikupesade lisamisel saab tarbimispunkte kaablile lubatud koormusvoolu arvestades juurde lisada.
- On oluline, et pistikupesa paigutatakse igale seinale ja selliselt, et pikendusjuhtmeid ei pea vedama ukse- vms. avade kaudu.

## II kaitseklassi II seadmetele mõeldud pistikupesa kasutamine

II klassi seadmete 2,5 A lameda pistiku jaoks mõeldud pistikupesa või topelt isolatsiooniga seadmetele mõeldud võib paigaldada püsipaigaldisena järgnevate tingimuste täitumisel:

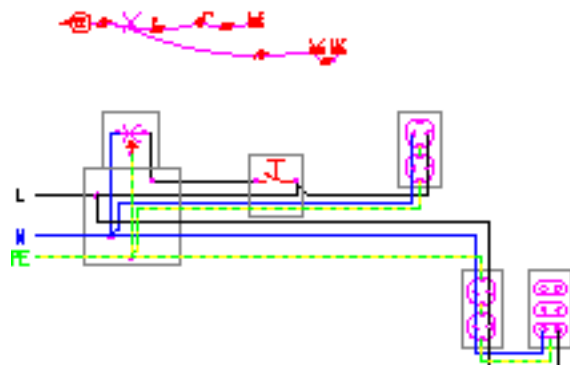
- Pistikupesa võib paigaldada ainult seadmekarpi, mille kõrvale on paigaldatud kaitsejuhiga samas pistikupesakomplektis vähemalt üks 10/16 A kaitselülitiga kaitstud pistikupesa.
- Kuna lameda pistiku jaoks mõeldud pistikupesast saab anda ainult 2,5 A voolu, ei saa toidet tagada korraga enam kui ühele seadmele. Kui on vaja harunemiseks kasutatavat mitmest osast koosnevat pikendus pistikupesa, võib selle ühendada ainult tavalise pistikupesaga. Mitme seadme ühendamiseks mõeldud pikendusjuhet, millel on lame 2,5 A pistik, ei ole lubatud kasutada.
- Pistikupesadele toite tagavatel tarvitiliinidel tuleb kasutada liigkoormus- ja lühisekaitset. Liigkoormuskaitse võib olla pistikupesa arvestuslikust voolust väiksem: näiteks 16 A arvestusliku vooluga pistikupesasid sisaldavad tarvitiliinid võib kaitsta 10 A liigkoormuskaitsega.
- Tavalistes ühefaasilistes pistikupesade tarvitiliinides on soovitatav kasutada 1,5 mm<sup>2</sup> juhtme ristlõiget 10 A liigvoolukaitsega kaitstud ahelates ja 2,5 mm<sup>2</sup> juhtme ristlõiget 16 A liigvoolukaitsega kaitstud ahelates.



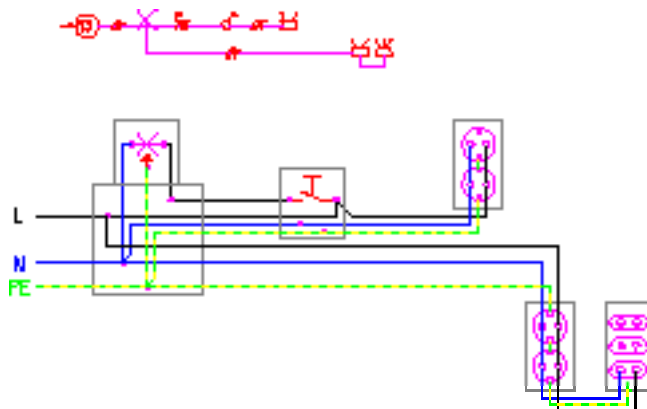
---

**Joonis 14.3.** II kaitseastme seadme ühendamiseks mõeldud pistikupesas ei tohi olla harusid ja sellega ei tohi ühendada liigkoormust põhjustavaid seadmeid (Schneider).

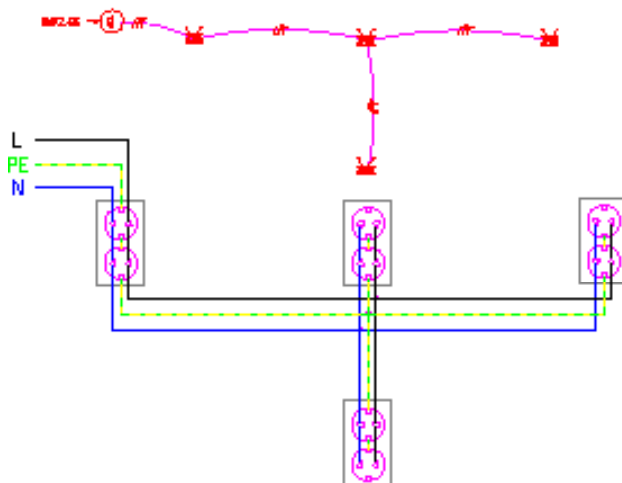
---



Joonis 14.4. Juhtmete vedamine süvistatud paigaldamisel. Neutraali- ja kaitsejuht läbi löikamata läbi karbi (toosi).



Joonis 14.5. Juhtmete vedamine pindpaigalduskaabliga. Kõik juhtmed tuleb läbi karbi vedamisel läbi löigata. See seab seadmes olevate klemmide arvule omad nõudmised.



Joonis 14.6. Pistikupesagrupi ahelasse ühendamise ja harunemise seadmekarbis, kui objekti ahela lühisvool on väga madal.

Valgustuspaigaldised on hoonete elektripaigaldistes see osa, mille õnnestumine eeldab kasutaja, projekteerijate ja töövõtja vahelist sujuvat koostööd. Elektrisüsteemide projekteerijad ja –töövõtjad peavad hoolitsema selle eest, et valitud lahendused vastaksid kehtivatele elektripaigaldisi käsitlevatele standarditele ja juhistele. Projekteerimise käigus peab sageli tegema kompromisse arhitekti poolt pakutud lahenduse, kasutaja vajaduste ja soovide, ehitustööde kulude ning käidukulude vahel. Valgustite ja valgusallikate valik ning nende paigutus ja võrku ühendamise viis mõjutavad omakorda mingil määral kõiki nimetatud eelmomente. Euroopa Liidu (EL) tasandil on juba mitu aastat valmistatud ette energiatarbimise piiramist ja kasvuhoonegaaside atmosfääri paiskumise vähendamist käsitlevaid direktiive. Valgustuse mõttes ehk kõige konkreetsem direktiiv on energiat tarbivate seadmete energiatõhususe kohta kehtiv ökodisaini direktiiv, mille kehtestamiseks välja antavad EL määrused muudavad lähiaastatel valgustuslahendusi väga olulisel määral. EL direktiivid keelavad kehtestatud energiatõhususe piiridest allapoole jäävate toodete turustamise vastavalt kehtestatud ajakavale.

Tootjad ei tohi enam peale 2009. aasta septembri algust tarnida müüki tavalisi hõõglampe (matt/opaal) kupliga.

Läbipaistvad hõõglambid kõrvaldatakse järk-järgult turult võimsamatest lampidest alates. Laialdaselt kasutusel olevate 60 W hõõglampide tootmine lõpetatakse 2011. aasta septembris ning aasta hiljem ka väiksema võimsusega hõõglampide tootmine.

Uued energiatõhususpiirangud kehtestatakse ka muudele, mitte ainult kodumajapidamises kasutatud lampidele. Näiteks büroo- ja tänavavalgustusel kasutatavate fluorestsens- ja lahenduslambiga valgusteid puudutavad energiatõhususnõuded jõustuvad juba 2009. aastal. Aastal (2010) jõustuvad kodumajapidamises kasutatavaid valgusteid ja suundvalgusteid (nt. halogeenvalgustid) käsitlevad nõuded. Nüüd sätestatud piirangud vaadatakse uuesti läbi viie aasta möödudes ning kuna tootjad peavad energiatõhususe saavutamist väga oluliseks, on oodata, et nõuded on kavas 2013. aastal veel täiendavalt karmistada ning saavutada seeläbi ka kulude kokkuhoidu.

Kaasajal saab üsna mitmekülgset korraldada valgustuse suunamist ja reguleerimist, elektrooniliste reguleerimissüsteemide odavnemise tõttu enam ei pea piirduma ainuüksi sisse- ja väljalülitamisega.

Kapitaalremondi, taastamise ja ümberehitustööde osakaal teostatud valgustipaigaldistes nagu ka teistes elektripaigaldistes on nii suhteliste kui ka absoluutnäitajate osas kasvanud. Tulevikus keskendub enamik paigaldustöid olemasolevate paigaldiste muutmisele ja kapitaalremondile.

Ka uued valgusallikad, näiteks valguskiud- ja LED-valgustid, eeldatavasti muudavad oluliselt valgustuse projekteerimist ja väljaehitamist.

## 14.2 VALGUSTUSPAIGALDISTE KOHTA KEHTIVAD EESKIRJAD, STANDARDID JA MUUD JUHISED

Normdokumentide väljatöötamisega seotud ametnikud ja paigaldiste kasutajad püüavad eeskirjade, standardite ja juhiste abil tagada, et väljaehitatud valgustuspaigaldised vastaksid nii turvalisuse kui ka käiduohutuse seisukohalt eesmärgipärasele tasemele. Need võib jagada kahte ossa:

1. Ametiisikute poolt avaldatud eeskirjad ja nendega seonduvad standardid, mis väljendavad valgustuspaigaldiste elektriohutuse miinimumtaset elektripaigaldistes.
2. Kasutajate poolt koostatud standardid ja juhised, millega väljendatakse käidu seisukohalt soovitud elektriohutuse miinimumtaset.

Valgustuspaigaldisi on käsitletud standardiseeria EVS –HD 60364 osas 559 „Valgustid ja valgustipaigaldised“; ja osas 715, „Väikepingega valgustuspaigaldised“ ja standardiseerias EVS-HD 384.7 osas 713, „Mööbelvalgustus“ ja osas 714 „Välisvalgustuspaigaldised“. Valgustite kohta on lisaks välja antud kümneid standardeid, millest suurim osa põhineb EN-standarditel. Valgusteid käsitlev põhistandard on EVS-EN 60 598.

Valgusteid käsitlevates standardites on lisaks ehitus- ja testimisnõuetele toodud ka valgustites kasutatavad sümbolid. Neid sümboleid peaks valgustite paigaldaja tundma. Seadme tootja peab koostama tootedeklaratsiooni, millest nähtub, millised seadmete turvalisust ja elektromagnetilist ühilduvust puudutavad nõuded on täidetud. Nõuetekohasusele viitab seadmel või selle pakendil olev CE-tähis.

Kasutajapõhiselt võib viidata juhistele või standarditele, mis puudutavad näiteks valgustite valikut, kaablitüüpe, paigaldusviise, paigaldustarvikuid jne. Need ei tohi vähendada elektriõhutusese seonduvat.

Juhiste eesmärgiks on tagada, et paigaldiste kvaliteeditase on näiteks laiendatavuse, vastupidavuse, arhitektuurilise lahenduse või hooldatavuse ja kasutatavuse osas soovitud tasemel. Seda tüüpi juhiseid läheb vaja ehitustööde tellijatel, näiteks omavalitsustel, tootmisüksustel ja kindlustusfirmadel.

## 14.3 VALGUSTI JA VALGUSALLIKAS

Valgusti ja valgusallikas koos ühendusseadmetega muundavad elektrienergia valguseks. Osa valgustite tarbitud energiast muundub energiakao tulemusel soojuseks, osa muundub elektromagnetiliseks kiirguseks, mille lainepikkus on väljaspool nähtava valguse lainepikkust.

Valgusteid võib jagada erinevatesse gruppidesse mitme erineva omaduse alusel, näiteks valgusallika (hõõglampvalgustid, halogeenvalgustid, elavhõbedalambiga valgustid, LED-valgustid jne.) või kasutusotstarbe alusel (sisustusvalgustid, büroovalgustid,

laovalgustid, tööstusvalgustid jne.). Antud juhul piirdume valgustite jagamisega põhi- ja rikkekaitse, niiskus- ja tolmukindluse alusel.

	Lühist taluv (loomupäraselt või mitteloomupäraselt) kaitseeraldustrafo (EN 61558-2-6)
	Valgusti, mille pindmine temperatuur on piiratud (EN 50598-seeria)
	Valgusti, mille võib tavaoludes paigaldada tuleohtlikule alusele (EN 60598-seeria)
	Eraldi ühendusseade EN 60417 leht No. 5138
	Eraldi ühendusseade, mille võib paigaldada tavapärasele tuleohtlikule pinnale (EN 61347-1)
	Valgustid, mida ei tohi paigaldada otse tuleohtlikule pinnale (ainult mittesüttivatele pindadele) (EN 60598-seeria)
	Valgustid, mida võib paigaldada tavapäraselt süttivale paigaldusalusele ja valgusti ümber võib paigaldada soojusisolatsiooni (EN 60598-seeria)
	Termiliselt kaitstud ühendusseade/trafo (aste P) (EN 61347-1)
	Kuumust taluva kaabli kasutamine, mis annab toite ühendusele või väliskaablile (kaablisoonde arv on vabalt valitav) (EN 60598-seeria)
	Peapeegellambile mõeldud valgusti (SFS-EN 60598-seeria)
$t_{a...}^{\circ}\text{C}$	Keskonna suurim temperatuur (EN 60598-seeria)
	Hoiatus, ei tohi kasutada külmkirguslambi "cool bearn" (EN 60598-seeria)
	Minimaalne vahekaugus valgustatavast objektist (meetrit) (EN 60598-seeria)
	Intensiivse kasutuse valgusti (EN 60598-seeria)
	Kõrgsurve-naatriumlambiga valgustid, milles on vaja lambivälisest impulss-süütajat (EN 60598-seeria)
	Kõrgsurve-naatriumlambiga valgustid, milles süüteseade on lambis olemas, (EN 60598-seeria)

Joonis 14.7. Näiteid valgustites, valgustite juhtimisseadmetes ja valgustite paigaldamisel kasutatavatest sümbolitest.

Põhikaitse all mõeldakse tavalises olukorras pingestatud osade kaitsmist otsepuute eest. Valgustite puhul põhikaitseks on korpuse ning pingestatud osade isoleerimine. Rikkekaitse all mõeldakse rikke korral, kui pingestamata juhtivad osad satuva pinge alla, seadme toiteahela automaatset väljalülitamist kaitseaparatuuridega.

Kõik elektriseadmed elektriohutusest lähtuvalt on jagatud nelja kaitseklassi (EN 61140).

Elektriseadme kesta kaitseastet väljendatakse IP-koodiga. Kaitseastmete tabel on toodud 10. peatükis.

Kui teatud objektile valitakse valgustit, tuleb esmalt välja selgitada valgusti paigalduskohas valitsevad tingimused. Nende alusel valitakse selline kaitseklass ja kaitseaste, et valgusti vastaks standardis nimetatud miinimumnõuetele. Suurem osa paigalduskohadest on kuivad ning nende temperatuur on +5...35 °C, sellisel juhul on kaitseklassid I ja II piisavad ning kaitseaste IP20 vastab standardis seatud nõuetele ning valgusti kuumustaluvuse kohta eraldi nõudeid ei ole. Välistingimuste määratlemisel, on loetletud kõik sellised tegurid, mida tuleb valgustite valimisel arvestada. Standardi EVS-HD 60364 osas 7 on toodud lisanõuded järgmiste objektide kohta:

- vannitoad ja duširuumid
- basseiniruumid
- saunad
- ehituspaikade elektripaigaldised
- põllumajanduse ja aianduse elektripaigaldised
- kitsad elektrit juhtivad ruumid (ahtad ruumid)
- laagriplatsid
- paadisadamad
- protseduuriruumid
- näitused, esitused ja stendid
- solaar-fotoelektrilised toiteallikad
- mööbli
- välisvalgustuspaigaldised
- väikepinge valgustuspaigaldised
- liikuvad või teisaldatavad aparatuurid
- autosuvilate elektripaigaldised
- lõbustusparkide, tivolite ja tsirkuste meelelahutusseadmete, müügilette ja vastavate objektide ajutised elektripaigaldised.

Valgustuspaigaldiste osas on tähtsad ka standardi EVS-IEC 60364 osad 41 ja 42, Kaitseviisid ja kaitse kuumuse mõju eest.

Need nõuded kehtivad loomulikult ka eelmainitud objektidele paigutatavate valgustuspaigaldiste kohta.

Valgusallika (lambi) valikut mõjutavad valgusti kasutustingimused. Valiku tegemisel tuleb esmalt välja selgitada, millistele tingimustele peab valgusallikas vastama ning mis on nende tingimuste tähtsusjärjestus.

Sellisteks omadusteks on näiteks lambi

- põlemisaeg
- süttimiskiirus külmalt ja uuesti süttimise kiirus kuumalt
- värviedastusomadused
- valgustõhusus
- hind
- valguse summutamise omadused
- energiatarbimine.

Paljudes valgustite kataloogides on toodud enamkasutatud valgusallikate omaduste lühiaandmed.

## 14.4 VALGUSTI ÜHENDAMINE ELEKTRIVÕRKU

Valgusti võib ühendada tarvitiiniga järgmistel viisidel:

- Püsiv või poolpüsiv ühendus: valgusti kinnitatakse püsivalt paigaldusaluse ja elektrijuhtmed püsivalt valgusti ühendusklemmide külge.
- Valgusti pistiklülitisüsteem: valgustil on pistik, mis ühendatakse püsivalt paigaldatud pistikupesaga.
- Pistiklülitisüsteem: valgustil on pistikuklemm, mis ühendatakse püsivalt paigaldatud pistikuklemmide vastaspoolega.
- Pistiklülitisüsteem: valgustil on pistik, mis ühendatakse püsivalt paigaldatud pistikupesaga.
- Lattliini süsteem: valgustis on latisüsteemile vastav ühendusseade, mis ühendatakse püsivalt paigaldatud lattliiniga.

Lisaks nendele on kõrgetes ja hoolduse seisukohalt keerulistes kohtades kasutatud nn. valgusti vankersüsteemi.

Püsiva klemmiga võib saavutada ühenduskohas tolmu- ja veekindla (IP68) kaitseastme.

Valgusti pistiklülitisüsteemi on lubatud kasutada ainult kuivades ruumides. Süsteemi pistikupesad ja pistiklülitid on standarditud selliselt, et kõikide tootjate pistiklülitid sobivad kõikidesse pistikupesadesse. Valgusti pistiklülitisüsteemi kasutatakse eluruumide lagedel ja üle 1,7 m kõrgusel paiknevate seinavalgustuspunktide kohal, kuhu elanik soetab valgusti. See süsteem on laialdaselt kasutusel sellistel objektidel, kus on vajadus valgustite asukohta kergesti ja kiiresti muuta, näiteks avatud bürood ja suured kauplusteruumid.



Pistiklemmi all mõeldakse klemmisüsteemi, mida võib kasutada maksimaalselt 16 A ja maksimaalselt 230/400 V elektripaigaldiste osade üksteisega ühendamisel. Olulisemad erinevused valgusti pistikuühenduse süsteemiga võrreldes on järgmised:

- Pistikuklemmide mõõtmed on eri tootjatel erinevad.
- Pistikuklemmid peavad avamisel ja sulgemisel olema vooluta.
- Pistikuklemmid tuleb enamasti paigutada töövahendiga avatavasse eraldatud ruumiossa.
- Pistikülitisüsteemi abil saab teostada ka muude seadmete elektrivõrku ühendamist.

Pistiklemmi erinevatest mõõtmetest tuleneb, et erinevate tootjate süsteemid ei ole omavahel kokkusobivad.

Pistiküliti all mõeldakse nn. tavapärasest pistik-pistikupesäühendust. Nt Soomes kasutatavad pistikülitid on standardsete mõõtmetega ning ühe tootja pistikud sobivad kõikide teiste tootjate pistikupesadega. Valgustuspaigaldistes kasutati neid muudetavuse või kiiret hooldust eeldavatel objektidel enne valgusti pistiklemmi kasutuse heakskiitmist. Praegu on see variant kasutusel objektidel, kus nõutakse pritsmekindlat paigaldust ja valgusti hõlpsat eemaldavust, näiteks tööstustes.

Lattliinide osas kehtib standard EN 60570, milles on sätestatud lattliinide elektriohutuse kohta kehtivad nõuded. Lattliinide ja nende vooluvõtuseadmete mõõtmeid ei ole standarditud, seega ei ole erinevate tootjate latid ja ühendusseadmed omavahel kokkusobivad. Lattliine võib paigaldada ainult kuivadesse ruumidesse. Praegu kehtivale standardile tuleb vastavad lattliinid paigutada põrandast vähemalt 1,7 m kõrgusele. Varasematele standarditele vastavad lattliinid, mis ei vasta uutest standardites kehtestatud 1 mm läbimõõduga varda testile (IP 4X), tuleb paigaldada põrandast vähemalt 2,2 m kaugusele.

Lattliine on saadaval 1- või 3-faasilisena 230/400 V pingele ning madalpinge-halogeenlampidele mõeldud enamasti 24 V lattliine. Kui tuleb kasutada SELV- või PELV-süsteemi, tuleb paigaldised teostada standardis EVS – HD 60364 -7-715 kirjeldatud viisil.

Lattliinid sobivad eriti hästi objektvalgustite toite tagamiseks näiteks vaateakendel, näituseruumides, muuseumides jms. Valgustit saab kergesti ja kiiresti lati suunas nihutada ning mitut valgustit saab liigutada vertikaalsuunas 90° ja horisontaalsuunas 360°, mis võimaldab suunata valgusvihu horisontaaltasandist allapoole mistahes soovikohasele objektile.

Valgustite vankersüsteemid ehitatakse igal vajalikul juhul eraldi standardsetest komponentidest. Süsteem on investeeringuna kaks korda kallim kui püsivühendusega lahendus. Sageli on vaja paigutada valgusti hoolduse seisukohalt sellisesse kohta, kus

lambi vahetamine kujuneb väga keeruliseks ja kalliks. Valgustite vankersüsteem võib parimal juhul tasuda investeerimiskulud juba esimese lambivahetuse ajal.

## 14.5 ALGUSTITE GRUPEERIMINE JA PAIGALDUSVIISID

Valgustite ühendamisel tarvitiliiniga tuleb leida vastus järgmistele küsimustele:

- valgustivõimsus
- kas samasse rühma on ühendatud nii püsivpaigaldusega seadmeid kui ka läbi pistikupesade ühendatud seadmeid.
- lühisvool suurus toiteliinil kõige kaugemal oleva valgusti juures.

Samasse gruppi ühendatavate valgustite summaarne võimsus dikteerib toiteliini kaitsme nimivoolu väärtuse ning tarvitiliini ristlõike. Valgustipunktide arv ühel rühmaliinil oleneb lisaks valgusti võimsusele ka sellest, mitu valguspunkti on otstarbekas sama toiteliini kaitse alla ühendada. Näiteks suures hallis võib toiteliini vool olla valgustite summaarne töövool ja ühefaasilisele rühmasliinile võib olla ühendatud kümneid erinevaid valgusteid. Sellisel juhul on mõistlik valgusteid grupeerida nii, et toiteliini kaitsme rakendumisel, kustuvad näiteks pooled lambid või üks kolmandik lampe. Kui tegemist on näiteks büroohoonega ja ühes bürooruumis on 2 tk 1 x 28 W elektroonilise süteseadmega varustatud valgustit, võiks ühe 16 A toiteliini kaitsme alla liita isegi kuni 70 valgustit ehk 35 ruumi. Sellisel juhul on rikke tekkimisel häire mõjuala liiga suur ja veaotsing võtab kaua aega. Soovitav ühe toiteliini kaitsme alla ühendatavate ruumide arv on 4...10. Siis võib üldjuhul kasutada 10 A nimivooluga kaitsmeid ning 1,5 mm<sup>2</sup> juhtmeid.

Standardi EVS – IEC 60364 – 4- 41 tabelis 41.1 toite automaatne maksimaalne nõutav väljalülitusaeg on tarvitiliinides võimsusega kuni 32 A ja TN-süsteemis 230 V nimipingel maksimaalselt 0,4 s. Kui liigvoolukaitsmena kasutatakse kaitselülitit pistikupesade toiteahelas, ei ole nõue varasemaga võrreldes muutunud, kuid gG - tüüpi sulavkaitsmetega kaitstud valgustite toiteliinides on 0,4 s nõue karmim võrreldes varasema nõudega. Varem lubati valgusti toiteliinides maksimaalselt 5 s kaitsme rakendusaega.

## 14.6 VALGUSTUSE JUHTIMINE JA REGULEERIMINE

Kõige enamkasutatud valgustuse juhtimisviis on 1-0-lüliti paigutamine ühefaasilisele toiteahela faasijuhile, millega lülitatakse üht või mitut valgustit sisse ja välja. Toiteahelasse paigaldatava lülitiga saab juhtida valgustust ühest või mitmest punktist.

Kui valgustuse suunamine peab toimuma rohkem kui kolmest punktist, kasutatakse siiski ühe kontaktoriga juhitud väljundit, mille juhtimisahelasse paigaldatakse vajalikud surunupud ja lülitid. Kui suunatav valgustus on väikese võimsusega (ühefaasiline maks. 10 A), võib valgustil vooluahela katkestada abireleega.

Kui valgustusvõimsused on suured või kasutatakse kolmefaasilist väljundit, kasutatakse kontaktorit, mille juhtimispinge juhtimine toimub soovitud viisil. Enamkasu-

tatud abipinged valgustuse juhtimisel on 24 V ja 230 V vahelduvpinge. Alalisvoolu soovitatavad abipinged on 12 ja 24 V.

Abipingeahelate projekteerimisel ja teostamisel tuleb meeles pidada, et nende kaitse tuleb teostada standardis EVS-HD 60364 kirjeldatud viisil, et ohutus oleks tagatud nii elektrilöögi kui ka temperatuuri mõju osas. Kui juhitavat valgustust toidab reservtoide (akud, diiseldiiselaator, varutoide jms.), tuleb tagada, et ka valgustuse juhtimis ahelaid toidetakse samast kohast.

Koos elektroonika arenguga on ka valgustuse juhtimiseks töötatud välja nn. intelligentseid paigaldussüsteeme. Süsteemid on oma ehituse poolest kaht erinevat tüüpi:

1. Sellised, mille intellekt paikneb kesk- ja sisendüksustes. Sisendüksustesse kogutakse 1-0-andmed nuppudelt, lülititelt, hämaralülititelt jne. Kesküksuse ja sisendüksuse vahel on andmeside jaoks vajalik sidekanal.
2. Sellised, mille intellekt paikneb juhtimisnuppudes ja andurites, mis on sidekanali kaudu ühendatud kesküksusega.

Mõlema süsteemiga saab ühendada traadita kaugjuhtimise ning juhtida valgustust infrapuna- või raadiosagedussaatjatega.

Selliste süsteemide kasutamise eeliseks on asjaolu, et juhtimistoiminguid saab muuta, programmeerides kesküksusesse soovitud muudatused ilma, et lülitusi oleks vaja muuta.

Valgustuse reguleerimist on vaja sellistes olukordades, kus valgustuse tugevust peab saama muuta. Kõige lihtsam ja kergem on seda teha hõõglambi ja halogeenlambiga, mille valgustootlikkus oleneb otseselt lambi pingest.

Regulaatori võib paigaldada otse lüliti asemele, mis võimaldab reguleerida valgustust ühest punktist regulaatori tüübist olenevalt maks. 500 W hõõglambikoormust. Suurema võimsuse korral kasutatakse kaksikseadmekarpi, mille reguleeritav võimsus on maks. 1200 W.

Fluorestsentslampide valguse reguleerimine eeldab, et valgusti ühendusseade on mõeldud kasutamiseks regulaatorina. Kaasajal teostatakse seda regulaatorina mõeldud ühendusseadmega.

Hõõglambi asemele paigaldatavaid minifluorestsentslampe ei saa enamasti reguleerida.

Kui valgustust soovitakse reguleerida mitmest erinevast kohast või eelnevalt programmeeritud programmi alusel näiteks auditooriumides, teatrites vms., tuleb hankida eraldi reguleerimisüksus, mis juhib valgustile suunatud pinget. Reguleerimisüksust juhitakse juhtimisüksuse kaudu manuaalselt või näiteks auditooriumi programmeeritava loogika abil.

## 14.7 VALGUSTUSPAIGALDISED RENOVEERIMIS-, KAPITAALREMONDI- JA ÜMBEREHITUSTÖÖDE PUHUL

Renoveerimise all mõeldakse siin selliseid paigaldustöid, mille eesmärgiks on taastada vana väärtuslik hoone vähemalt avalikus kasutuses olevate ruumide osas algsel kujul, näiteks vana muuseum, kirik vms. avalikus kasutuses olev hoone.

Kapitaalremondi all mõeldakse selliseid paigaldustöid, milles olemas oleva elektrotehnika uuendamist teostatakse kaasaegsete paigaldusmeetodite ja tarvikutega ning mille eesmärgiks on ruumide kasutatavuse parandamine ja kasutusea tõstmine. Kapitaalremondi käigus ruumide kasutusotstarve enamasti ei muutu.

Ümberehitustööde all mõeldakse töid, milles paigaldusi tuleb muuta kas kasutusotstarbe muutumise tõttu või seepärast, et juba olemasolev projekt ei ole toimiv, kuigi paigaldised ise on täiesti korras ja ajakohased.

Renoveerimisprojekt on eespool nimetatutest nii ehitustehniliselt kui ka elektrotehniliselt seisukohalt kõige keerulisem ja raskem. Enamasti selliste projektide puhul vanade juhtmete kasutamine ei ole võimalik, sest juhtmete värvitähistused on vanad, isolatsioonid oksüdeerunud, juhtmete ristlõiked ja - arv ei vasta enam kehtivatele nõuetele jne. Teatud juhtudel vahetatakse välja vanade valgustite elektrilised komponendid või valmistatakse erijooniste alusel uus valgusti.

Need tööd tuleb lasta teha valdkonnale spetsialiseerunud, vajalikke lubasid omaval teostajal. Paigaldiste elektrotehnilist osa on nendel juhtudel reeglina üsna lihtne teostada, kuid raskused tekivad juhtmeradade paigaldusel, valgustite paigalduskohtade valikul jne. Need tuleb tavaliselt koostöös arhitekti ja konstruktsioonide projekteerijaga väga hoolikalt läbi mõelda. Kapitaalremonditavatel objektidel tuleb töid alustades kaardistada need elektripaigaldiste osad, mida saab veel kasutada.

Juhtmete värvitähistuste ja uute standardite nõuded ning kilpide täielik muutus, tekib praktikas sageli olukorra, et 70-aastate lõpus ja 80-aastate alguses ehitatud paigaldised tuleb demonteerida ja täiesti uuesti projekteerida.

Valgustite elektriliste osade (lambihoidikud, drosselid ja klemmid) eksploatatsiooni aeg on olenevalt tingimustest 10...20 aastat. Kapitaalremonditavates ruumides võib mõnedel juhtudel kasutada vanu fluorestsentsvalgusteid, kui valgustid on puhastatud ja süüteseadmed ning valgusallikad vahetatud. Enne kui tehakse otsus vanade valgustite taaskasutamise kohta, tuleb veenduda, et näiteks drosselid sobivad praegu turul olevate valgusallikatega. Samuti tuleb uuesti üle vaadata uued energiatõhususnõuded. Kui on kindel, et vanad valgustid on elektrotehnilises mõttes kasutuskõlblikud, võib arvutada kokku demonteerimisest, ladustamisest, puhastamisest ja osade vahetamisest tekkivad kulud. See kulu ühe valgusti kohta peab olema vähem kui pool uue valgusti soetusmaksumusest, et vanade valgustite hooldust ja remontimist tasuks üldse kaaluda.

## KÜTTESEADMED

---

### 15.1 ÜLDIST

Paljude uute ühepereelamute enamkasutatud kütmissviis on elekterküte. Ka enamik vanade ühepereelamute remontijaid otsustab valida elekterkütte. Elekterkütte kaalumisel tuleb välja selgitada erinevad alternatiivsed elektrienergia ostmiseks elektri(energia) firmade poolt pakutavad müügipaketid (tariifid). Lõpliku kütmissviisi või küttesüsteemi valimisel võib neil olla terviku seisukohalt oluline tähendus.

#### 15.1.1 KÜTMISVVIISID

Kütmissviisid jagatakse peamiselt soojuse tootmissviisi alusel (selle alusel, kus elekter muundatakse soojuseks) ruumipõhiseks ja keskkütteks. Soojuse akumulierimisvõimest olenevalt räägitakse kas otsesest või salvestatavast küttest.

#### **Ruumipõhised süsteemid ja seadmed**

Elekter muundatakse soojuseks vastavas ruumis paiknevas seadmes, mida reguleeritakse ruumi vajadustest ja tingimustest lähtuvalt:

- radiaatoriküte (otsene)
- laeküte (otsene)
- põrandaküte (otsene või salvestav)

- salvestavad soojusallikad (salvestav)
- kohtkütteallikad (otsene).

Nende kütteseadmete kasutamisel toimub tarbevee soojendamine eraldi seadmega, enamasti soojaveeboileriga.

### **Veeringlusega kütteseadmed**

Elekter muundatakse soojuseks katlamajas. Soojus edastatakse ruumidesse radiaatorite või põrandaküttetorudes ringleva vee kaudu.

- veeboiler (täielikult või osaliselt salvestav)
- elektrikatel (otsene)
- topeltküte
- elekter/õli (otsene)
- elekter/puit, puiduhake, turvas või küttegaanulid (salvestav)
- maasoojuspump.

Veeringlusel põhineva küttesüsteemi alternatiiv on õhkküttesüsteem, milles soojus kantakse katlamajast ruumidesse sissepuhutava õhu kaudu.

Need süsteemid toodavad tarbevett enamasti samade seadmete abil.

### **Õhksoojuspump**

Õhksoojuspump on alles viimasel ajal turule saabunud keskküttesüsteemi erilahendus. Selles süsteemis soojuspumbatehnikat kasutades saadakse ühe välisüksusega välisõhust soojust hoone kütmiseks. Soojus jagatakse hoonesse siseüksuse kaudu, mida on tavapärasel objektil enamasti 1-2. Olenevalt tootjast võivad seadmed toota kütmiseks vajalikku energiat kuni 10-20 külmaakraadini. Sellest piirist külmemate ilmade puhul toodetakse kütteenergiat elektri abil. Seadmete populaarsus on kasvanud eriti suvilates, sest lisaks kütmisele suudab süsteem suvisel ajal ka jahutada. Samal põhjusel on nende seadmete kasutamine kapitaalremonditavatel objektidel üks arvestatav küttevõimalus.

Selles süsteemis toimub tarbevee soojendamine eraldi seadmega, enamasti soojaveeboileriga.

## **15.1.2 PEAMISED REGULEERIMISVIISID**

Ruumipõhise kütmise puhul jälgitakse ja reguleeritakse iga ruumi temperatuuri eraldi. See võimaldab tagada nii mugavuse kui ka hea tulemuse energiatarbimise osas. Termostaat paikneb enamasti kütteseadmes või paigaldatakse seinale. Keskendatud, igas ruumis paiknevate anduritega teostatud temperatuurimõõtmise kasutamisel võib regulaatorid paigaldada reguleerimiskeskusesse, mis võib paikneda ruume teenindavas elektrikilbis või selle läheduses.

Veeringlusel põhineva keskkütte puhul reguleeritakse boileri või katla temperatuuri veeruumis olevate termostaatide abil. Rikke korral ülekuumenemise hoiab ära temperatuuri piiraja. Radiaatorite või põrandaküttetorustikku mineva ringleva vee temperatuuri reguleeritakse soojusvajaduse alusel välistermostaadiga ja reguleerimiskeskuse kaudu. Üksikus radiaatoris või piirkonna- või ruumipõhises põrandaküttetorustikus saab ruumi temperatuuri piirata kas termostaadiga varustatud radiaatoriventili või toatermostaadi abil juhitud reguleerimisklapiga.

Õhksoojuspumba tööd juhitakse kas ruumis paikneva termostaadi või otse siseüksuses oleva termostaadi abil.

### 15.1.3 UUSEHITUS

Elekterkütte süsteemi lõplik valik tehakse konkreetses hoones vastavalt valitsevatele tingimustele ja kasutajate vajadustele.

Soovitav on valida ruumipõhine süsteem, mis teostatakse põranda-, lae-, radiaatori- ja üksikute kütteseadmete abil näiteks järgmiselt:

- eluruumidesse põhikütteks osaliselt salvestav põrandaküte, mida täiendatakse radiaatori- või laeküttega
- kööki ja magamistubadesse lae- või radiaatoriküte
- niiskettesse ruumidesse vahetu põrandaküte
- garaaži salvestav põrandaküte, töökohale vajadusel küttesead
- välisruumidesse vajadusel kütteseadmed.

Suvilates on arvestatavaks variandiks ka õhksoojuspump.

Uusehitistes on kõik I kaitseklassi elektriseadmed (kütteseadmed kaasa arvatud) varustatud kaitsemaandusega ühendatud kaitsejuhtidega. Alternatiivina võib kasutada topeltisolatsiooniga kütteseadmeid. Juhtmete vedamisel tuleb arvestada, et vaatamata topeltisolatsiooniga kütteseadmete kasutamisele peavad juhtmed olema varustatud ka kaitsejuhiga (mõlema kaitseklassi seadme ühendamiseks).

Tarbevee soojendamine toimub aastaringseks elamiseks mõeldud hoonetes peamiselt öisel ajal köetavas soojaveeboileris. Sooja vee piisava koguse tagamiseks on soovitatav juhtimissüsteem varustada boilerisse paigaldatava termostaadiga, mis vajadusel lülitab boileri sisse ka päevaajal.

Tarbevee soojendamine hoonetes, mis ei ole aastaringses kasutuses, toimub enamasti vahetult elektriga köetava boileri abil. Sellisel juhul võib kasutada oluliselt väiksemat boilerit kui öise tarbimise süsteemi puhul.

## 15.1.4 KAPITAALREMONDI OBJEKT

Kapitaalremonti teostatakse eri objektidel erinevalt. Lähtekohaks võib olla vana hoone ehituslik renoveerimine, lisaruumide ehitamine või konstruktsioonide soojustehniline remont – akende vahetamine või seinte soojustamine. Konstruktsioonide kapitaalremondi puhul on vaja alati eraldi kaaluda, kas vana hoone vana küttesüsteemi on vaja ka mingis osas remontida, sest kui küttesüsteem on pealtnäha korras, on selle kasutusiga piiratud ja tõhusus ei ole tõenäoliselt enam väga heal tasemel. Kogu remont oleks kõige ökonoomsem ja lihtsam teha ühe korraga (et mitte tekitada korduvalt segadust).

Kapitaalremondi lähtekoht ja põhieesmärk võib muidugi olla ka tehniliselt täielikult amortiseerunud või ebaökonomse küttesüsteemi renoveerimine.

Uue küttesüsteemi valikut mõjutavad hoone vanus, korras olevate küttesüsteemide oodatav kasutusiga, võimalikud ruumi- ja paigaldusprobleemid ning –kulud, aga ka elaniku eelistused.

Kapitaalremondi käigus tuleb teha kompromisse. Remonti teostatakse varasemast süsteemist lähtudes. Kui näiteks vanasse hoonesse rajatakse täiesti uus küttesüsteem koos radiaatorite, laeelementide ja põrandaküttega, tuleb see osa ehitada TN-S (5 juhtme) süsteemis, mis on varustatud eraldi kaitsejuhiga. Peakilp tuleb ilmselt välja vahetada, arvestades töö käigus selle süsteemi nõuetega ja võimaliku rikkevoolukaitseelülite paigaldamise nõudega..

## 15.2 ELEKTERKÜTTE VÕIMSUSE VAJADUS

Kütmiseks vajalik elektrivõimsus oleneb hoone soojuskadudest (seinte, põranda, katuse, akende ja uste kaudu liikuv soojus, sissetuleva õhu soojendamiseks vajalik temperatuur ning õhulekete tekitatud kütmissvajadus), tarbevee soojendamiseks vajalikust võimsusest ning valitud elekterkütte viisist.

### 15.2.1 SOOJUSKAOD

Soojuskaod tuleb iga hoone puhul arvutada eraldi. Hoone küttesüsteemi projekteerimise ja teostamise aluseks on seega objekti suuruse, konstruktsioonide, ventilatsioonisüsteemi ja asukohta arvestava küttevõimsuse vajaduse määratlemine. Dimensioneerimine ei tohi põhineda ainult kogemuslikel  $W/m^2$ - või  $W/m^3$ -väärtustel. 2000-aastatel on hoonete soojusisolatsiooninõuded oluliselt karmistunud ja turule on tulnud konstruktsioonitüüpe, mille kütteenergiavajadus on väga väike. Alljärgnevaid väärtusi võib kasutada ainult suurusklassile viitavate väärtustena:

Uue, kvaliteetselt ehitatud ja soojustatud ühepereelamu soojuskaod on Lõuna-Soomes ja Eestis 15-20 W / hoone kuupmeeter. Näiteks Põhja-Soomes on sama väärtus 20-25 W / hoone m<sup>3</sup>. Vana, kapitaalremonditava hoone soojuskaod võivad olla sellest



oluliselt suuremad. Uusehitise soojuskaod arvutatakse konstruktsioonide kvaliteedi alusel, kapitaalremonditavas hoones võib hinnang põhineda ka varasemal teadaoleval energiatarbimisel.

Kaasajal tarbib kvaliteetne maja kütteenergiat aastas Eestis ja Lõuna-Soome tingimustes maksimaalselt 60 kWh / eluruumide m<sup>2</sup>

## 15.2.2 RUUMIPÕHINE OTSENE ELEKTRIKÜTE JA ÕHKSOOJUSPUMP

Kütte elektrivõimsuse vajadus on võrdne soojuskadudega. Ventilatsiooni osatähtsust ei pea enamasti arvestama, sest aastaringse kasutusega hoonetes on lähtekohaks see, et objekt varustatakse mehhaanilise sissepuhke- ja väljatõmbesüsteemiga, milles on soojussalvesti. Ainult osa aastast kasutusel olevatel objektidel tuleb ruumipõhise kütte puhul pöörata tähelepanu sellele, kust ventilatsiooni välisõhk hoonesse tuleb, kui objekt on varustatud mehhaanilise väljatõmbega. Need ruumid vajavad vastavat küttevõimsust.

## 125.2.3 VEERINGLUSEGA KÜTE VÕI ÕHKKÜTE

Torustiku või kanalite soojuskadude ja ebatäpse reguleerimise tõttu võib võimsusvajadus olla 0-10 % võrra suurem kui ruumipõhise otsese elektrikütte puhul.

## 15.2.4 SALVESTAV KESKKÜTE

Salvestava kütte võimsus määratletakse kõige külmemal aastaaja energiavajaduse alusel. Arvestuslik energia on:

$W_{\text{ööp}} = (24 \times \text{soojuskaod võimsus}) \times 1,1 + \text{vee soojendamise vajadus (kWh/ööp.)}$

Täielikult salvestavas süsteemis võetakse kogu vajaminev energia öisel ajal, mille tõttu on elektrivõimsuse vajadus:

$P_{\text{öö}} = W_{\text{ööp}} / \text{töö (kW)}$ ,

kus

$\text{töö} = \text{tariifile vastav ööaeg (h)}$

Osaliselt salvestav elektriküte on enam kasutatud. Nii elektrivõimsus kui ka boiler "aladimensioneeritakse" täielikult võrreldes salvestava küttega. Suurem osa aastast tullakse toime ainult öise tarbimisega, kuid külmematel päevadel tuleb kasutada lisaks ka päevast tarbimist. Päevase tarbimise osakaal jääb siiski väikeseks.

## 15.2.5 TARBEVEE SOOJENDAMINE

Sooja vee vajadus oleneb kasutuse laadist ja pere suuruselt ning osaliselt ka elanike vanusest. Kütteenergia ööpäevane arvestuslik vajadus võib eluruumis olla 20 kWh/ööp. Ööboileri võimsuse osas tähendab see umbes 3 kW.

## 15.3 RADIAATORIKÜTE

### 15.3.1 RADIAATORITE EHITUS

Elektriradiaatorid on harjumuspäraselt jagatud suletud ja suunatud küttekehadeks. Püüd saavutada madalaid pinnatemperatuure radiaatori pindala suurendamata on viinud kombineeritud lahenduste välja töötamiseni, mis ühendavad mõlemale süsteemile iseloomulikke jooni. Suletud küttekeha varustatakse õhukärgedega või ribidega, mille tõttu soojuse tagastamine on tõhusam, kuid pindmine temperatuur ei tõuse.

Ainult kuivatamiseks ettenähtud elektriradiaatorite ehitus erineb oluliselt eelnevatest, sest need on enamasti torust painutatud elemendid, mille sisse on paigaldatud küttekeha. Kuivatusradiaator on projekteeritud selliselt, et selle võib täielikult kinni katta ilma, et tekiks tulekahjuoht ning selle toimimise juhtimiseks ei ole termostaat vajalik.

### 13.3.2 RADIAATORITE VALIK JA PAIGUTUS

Juhiseid küttekehade ja kütmissüsteemide valiku kohta on toodud tabelis 15.1.

Radiaatori võimsus valitakse soojusvajaduse alusel ja laiuse akna laiuse alusel. Radiaator ei tohi olla aknast üle 300 mm lühem. Maksimaalne kõrgus määratakse tootja poolt antud ülesse jääva turvalise vahekauguse alusel.

Eluruumidesse valitakse suletud või kombineeritud küttekeha, soovitatav on valida madala temperatuuriga (<70 °C) keha.

Suunatud küttekeha mõõtmed on väikesed võrreldes tema võimsusega. Sellist küttekeha on kõrge temperatuuri tõttu soovitatav kasutada ainult näiteks ladudes, keldris, tuulekojas vms. Suunatud küttekeha soojuseraldusvõime võib olla tõhustatud puhuri abil, sellel on tähtsus siis, kui soovitakse näiteks suvila temperatuuri kiiresti tõsta.

Kasutustingimusi tuleb alati arvestada. Küttekehad peavad vastama tingimustest tulenevatele nõuetele. Täpsemad juhised paigaldamise kohta on toodud iga küttekeha tootja poolt antud paigaldusjuhistes.

Tabel 15.1 Elekterküttekehade valikutabel.

ELEKTERKÜTTEKEHADE VALIKUTABEL	Kaitseaste	Suletud küttekeha	Kombineeritud küttekeha	Suunatud küttekeha	Kinnikatmise eest kaitstud küttekeha	Madala temperatuuriga küttekeha <60°C	Kiirgusküttekeha	Põrandaküte	Laeküte
elutuba		●	●	—		○	—	○	●
köök		●	●	—				○	●
magamistuba		●	●	—		●	—	○	●
lastetuba		●	●	—	○	●	—	●	●
esik/eesruum/trepikoda		●	●	○				○	●
riidenagi all					■				
garderoob					■				
tuulekoda		○	○	●	○			●	○
WC		○	●	○	●		○	●	
vannituba (dušiga A)	♣	●	●	○	○	○	○	●	○
duširuum	⚠	○	○	○		○	○	●	
sauna riietusruum/kaminaruum		●	●	○		○		●	●
sauna pesuruum	⚠	●	●	○	○	○	○	●	○
leiliruum	⚠	●	●	●			—	●	—
basseiniruum (0,5 m basseini servast A)	♣	●	○	○		○	○	○	●
meisterdamisruum		●	●	○			○	○	○
kelder		○	○	●				○	
soojustatud põõning		○	○	●					
garaaž								●	
-0,2.. .0,5 m põrandast	⚠	○	○	●					
- üle 0,5 m põrandast	♣	○	○	●			●		
rõdu/terrass/kütteseade välisruumides	⚠							●	
suvilad		○	●	●					○

● Hea, soovitatav  
 ○ Võib kasutada  
 — Ei ole soovitatav kasutada  
 ■ Vajalik kasutada

Enamasti nõutud kaitseaste  
 - puutekaitstud  
 ♣ - veepiiskade kindel (IP 21)  
 ⚠ - pritsmekindel (IP 34)

Garderoobis ja riidenagi all kasutatakse kinnikatmise eest kaitstud küttekeha. Sellist on soovitatav kasutada ka mujal, kus esineb küttekeha kinnikatmise oht. Ka kinnikatmise eest kaitstud küttekeha ei sobi kinnaste või sokkide kuivatamiseks, sest kaitse lülitab sellisel juhul küttekeha välja (maksimaalne lokaalne temperatuur > +80 °C).

Parim lahendus vannitubade ja duširuumide kütmiseks on põrandaküte. Saneeritavatel objektidel ei ole selle küttesüsteemi kasutamine tihti võimalik. Kui pesuruumide aknad on sageli üsna kõrgel, võib küttekeha paigaldada nende alla põrandast üle 1 m kõrgusele, kui põrandal ei ole võimalik sobivat paigalduskohta leida. Leiliruumis tuleb vältida radiaatori paigaldamist lavalaudade alla. Kaugus kerisest peab olema vähemalt 0,5 m. Pesuruumide küttekehad peavad olema kergesti puhastatavad.

Ükski küttekeha ei ole seniste andmete kohaselt tervistkahjustav. Pikalt kasutamata seisnud või tolmustes tingimustes paikneva küttekeha sisselülitamisel võib tekkida lõhna. Madala temperatuuriga radiaatori omadused ei erine selles suhtes veeradiaatorist. Kaasaegsete radiaatorite kasutamine ja õige valiku tegemine tagavad ka hea tulemuse.




---

**Joonis 15.1. Kombineeritud küttekehad (Ensto).**

---




---

**Joonis 15.2. Suunatud küttekeha (Ensto).**

---

### 15.3.3 RADIAATORITE PAIGALDAMINE

Püsipaigaldatavate küttekehade juurde kuulub enamasti seinaraam koos kinnituselementidega. Raami ja karbi ehitus määratlevad paigaldustoru väljumiskoha. Küttekeha paigaldatakse selliselt, et oleks tagatud õhu vaba liikumine küttekeha ümber. Paigaldusjuhendis on antud küttekeha minimaalsed vahekaugused põrandast ja ülalpool paiknevast aknalauast. Alumise serva kõrgus põrandast on enamasti 50...90 mm ja ülemise serva minimaalne vahekaugus aknalauast 50...100 mm. Küttekeha ei tohi paigaldada vahetult teise küttekeha kohale, kui nad ei ole spetsiaalselt selliseks kasutuseks mõeldud.

Ühendused tehakse valmis ühendus(haru)karbis, kuid küttekehad kinnitatakse raamide külge võimalikult hilja, et vältida nende kahjustumist ja määrdumist.

Seinaradiaatorite kinnituseks oleks hea pinnakatteplaadi taha paigaldada kinnituspuud või muud vastavad kinnitusdetailid eriti siis, kui pinnakatteplaat on kipsist. Lisaks võib plaadi taha välisseinale paigaldada papi või paberi, mis on kaetud hästi soojust peegeldava materjaliga. Selle abil saab vähendada radiaatori otse välisseina kaudu toimuvat soojuskadu.

### 15.3.4 SISETEMPERATUURI REGULEERIMINE

Eesmärgiks on reguleerida sisetemperatuuri igas ruumis eraldi. Radiaatorkütte enamasutatud regulaatoriks on radiaatori termostaat, mis on küttekehasse sisseehitatud või sellega ühendatud pistiküliti abil. Reguleerimiskeskuse või kontaktorite kasutamisel paigaldatakse ruumipõhised temperatuuriandurid või termostaadid.

Termostaatidest soovitatakse kasutada elektroonilisi või hääletuid mehhaanilisi termostaate, mille diferents on väike. Keerulisemat ja ühtlasi ka kallimat tehnikat esindavad erinevad programmeeritavad termostaadid. Elektroonistel termostaatidel on omad probleemid, näiteks õhuliinidega piirkonnas on olnud piksest tulenevaid rikkeid. Objekti liigpingekaitse abil saab sellistest olukordadest põhjustatud rikkeid vältida.

Samas ruumis lähestikku paiknevate radiaatorite töörežiime juhitakse ühe küttekeha termostaadi või toatermostaadiga, millega tagatakse nende võrdne soojenemine. Kui samasse ruumi paigaldatakse mitu radiaatorit ja igal neist on oma termostaat, tekitab selline lahendus suure tõenäosusega probleeme kasutamisel. Tüüpiliseks probleemiks on kasutusmugavuse vähenemine (näiteks mõnedel akendel kondensvee tekkimine), sest võib tekkida olukord, kus üks radiaator on kogu aeg sisse lülitatud, kuid teised on külmad. Antud probleemi lahendamiseks on juhtivate ja alluvjuhtimisega küttekehade paigaldamine. Ruumi temperatuuri reguleerimise seisukohalt kõige sobivam küttekeha valitakse juhtivaks kütteseadmeks, mille termostaadiga juhitakse teiste küttekehade toimimist, millel oma termostaat puudub. Termostaadi nimivool on enamasti 10 A või 16 A, seega grupeerimine toimub sellest lähtuvalt. Kui juhitavate küttekehade koormus ületab termostaadi juhtimisvõime, kasutatakse abireleed või kontaktorit. Küttekeha juhtivat radiaatoritermostaati ei tohiks paigutada tuulutusakna alla, sest akna avamisel lülitub kütte lühiajalise ja lokaalse temperatuuri langemise tõttu asjatult sisse. Seda ei ole kahjuks alati võimalik vältida.

Toatermostaadi või elektroonilise regulaatori andur paigaldatakse soojusregulatsiooni seisukohalt neutraalsesse kohta. Uste või akende avamine, päikesekiirgus või ruumis rohkesti soojust tootev masin või seade ei tohi regulaatori tööd mõjutada. Paigutuskoht peab paiknema näiteks siseseinal umbes 1,7 m kõrgusel põrandast, kohas, kus temperatuurikõikumised on minimaalsed, ning paigaldus ei takista möbleerimist. Koht tuleb valmis mõelda juba enne juhistiktorude paigaldamist

Basseiniruumides, kus on lubatud kasutada juhitavat kütteseadet, saavutatakse temperatuuri reguleerimise osas hea lahendus. Basseiniruumides on sageli puhkeruum koos laudadega. Sellesse ruumi võib paigutada juhitava küttekeha, mille termostaat juhib kontaktori abil teisi basseiniruumi kütteelemente. Kõikide suurte aknapindade alla tuleb paigutada küttekehad, mille regulatsioon toimub piisavalt lühikese perioodiga või mille tõhusus on saavutatud muul viisil, hoides ära aknast tekkiva tuuletõmbuse ja akende niiskeks muutumise.

Vee aurustumise ja kondensvee tekke ärahoidmiseks peab õhu temperatuur olema umbes 2 °C võrra kõrgem kui vee temperatuur. Ruumis, milles viibitakse väheses rõivastuses ja märja nahaga, reageeritakse tundlikult tuuletõmbusele ja muule temperatuurikõikumisele. Kui puhkeruumis on kamin, ei tohi juhitav küttekeha jääda kamina soojuskiirguse otsesesse mõjualasse.

Kaitsme osas tuleb nii seadmete valikul kui ka paigaldamisel arvestada standardi EVS-EN 60364 nõudeid. Basseini ümbrus jagatakse piirkondadeks, mis määratlevad

muuhulgas ka seadmete kaitseklassi. Veepuhastusainete, näiteks kloori tõttu peavad nendes ruumides kasutatavad seadmed olema korrosioonikindlad.

## 15.4 KÜTTEKILED

### 15.4.1 KÜTTEKILEDE EHTUS

Küttekilede kütteefekt põhineb soojuskiirgusel. Laekütte puhul tõstetakse lae pealispinna kohale paigutatud kütteelementidega lae sisepinna temperatuuri 30...35 °C kraadini. Põrandakütte puhul hoitakse põrandapinna alla paigaldatud kütteelementidega põranda sisepinna temperatuur tunduvalt madalam (22...25 °C). Soojus kandub päikesesoojuse levikuga võrreldaval moel kiirgusena ruumi ja soojendab vahetult inimesi ja põrandat, seinu ja mööblit, mis omakorda soojendavad õhku ruumis. Tulemuseks on temperatuuri ühtlane jaotumine. Piisavalt laiast piirkonnast kogunev soojuskiirgus ja õhuliikumine soojendavad ka lauaaluseid ning jalad ei hakka külmetama.

Küttekilede toodetud soojuskiirgus sisaldab ainuüksi ohutut soojuskiirgust (infra-punakiirgust) ning ei sisalda kahjulikke ultraviolet-, röntgen-, gamma- vms. kiirgusliike, mida esineb päikese kiirguses.

Ehituse poolest on küttekiled tavaliselt tina ja plii segust koosnevad takistiplaadid, mis on veekindlalt keevitatud kahe plastkile vahele. Element moodustub pikast, edasitagasi liikuvast lamedast takistiplaadist, mille otsesse on ühendatud ühendusjuhtmed. Küttevõimsus on määratud elemendi pikkuse ja laiuse ning ribade takistuse alusel. Ülekuumenemise ohtu ei ole. Õigesti projekteeritud ja valitud konstruktsioonide temperatuur ei ületa piirtemperatuuriks peetavat +80 °C. Metallriba sulab katki ja element lülitub umbes +150 °C juures vooluvõrgust välja, seega on tulekahju puhkemine välistatud. Seadme tootjatelt ja müüjatelt saab vajadusel abi projekteerimiseks.

Kile pindmised võimsused varieeruvad vahemikus 100...200 W/m<sup>2</sup>. Eluruumide laeküttes kasutatakse enamasti võimsust 125 W/m<sup>2</sup>, sellisel juhul kaetakse kütteelementidega umbes pool lae pindalast. Suured võimsused sobivad peamiselt suurtesse ruumidesse. Põrandaküttekile pindmine võimsus on 60...120 W/m<sup>2</sup>. Elementide laiused on 300 mm ja korrutised 300...1200 mm ning pikkused 1...8 m.

Küttekehavõibteostadaka elektrijuhtivagrafiidikihiplastkilede vahele paigaldamisega. Elekter juhitakse grafiiti elemendis pikisuunas kulgevate elektroodiribade kaudu. Elemendi võib lõigata sobivasse pikkusesse. Pindmine võimsus jääb konstruktsioonile vastavalt püsivalt 150...200 W/m<sup>2</sup> piiresse.

Laeküte sobib kõikidesse korteri ruumidesse välja arvatud sauna leiliruum. Laekütet võib kasutada kuivades, niisketes, märgades ja tuleohtlikes ruumides ning pesemisruumides. Plahvatusohtlikest ruumidest võib kile kasutada ainult lõhkeainetarvikute ladudes. Eriti hästi sobib see variant objektidele, kus küttekehad tahetakse peita selliselt, et

neid ei saaks puudutada, ning kus eelistatakse pöranda soojust, näiteks lastetubades. Laeküte sobib hästi ka lasteaedadesse, koolidesse, büroo- ja näituseruumidesse, haiglatesse, jõusaalidesse jne. Kolmekordsete akende kasutamisel ei tekita tuuletõmbus ohtu – laeküttest üksi piisab ning lisaradiaatoreid ei ole vaja.

Pörandaküte on kasutuskõlblik variant kapitaalremonditavatel objektidel, kus soovitakse saada sooja puitpörandat. Ka nn. vaivundamendil hoonete konstruktsioonides on pörandaküte arvestatav variant uusehitiste puhul.

## 15.4.2 LAKKE PAIGALDAMINE

Küttekilega kaetakse koostatud projekti kohaselt umbes pool lae pindalast. Võimsus suunatakse peamiselt akende ja välisseinte lähedusse – alustades umbes 300 mm kaugusel välisseintest. Kile paigaldamisel ja kasutamisel järgitakse kile tootja antud juhiseid.

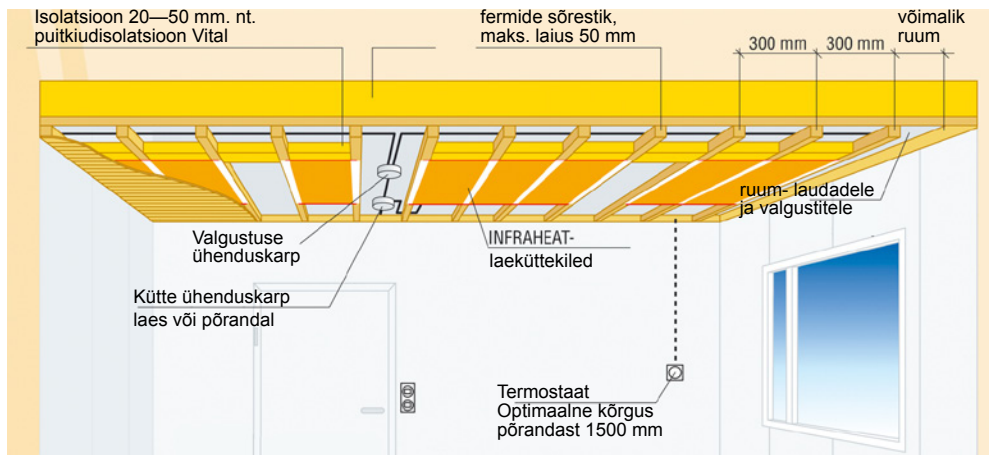
Seina paigaldatud kile peab olema pörandast vähemalt 2,3 m kõrgusel. Kaldlakke paigaldatud kile peab jääma pörandast vähemalt 2,0 m kaugusele, kui horisontaaltasandi ja kaldlae vaheline nurk on kuni 45 kraadi. Kui nurk on suurem, peab vahekaugus olema vähemalt 2,3 m.

Kile ei tohi paigutada piirkondadesse, mis on mõeldud laeni ulatuvate mööbliesemete, näiteks köögikappide, riidekappide, raamatu- vms. riiulite, kardinapuude jne. paigaldamiseks. Vahekaugus mööbliesemeni peab olema vähemalt 300 mm.

Paigutamisel tuleb arvestada valgustite ja elektrijuhtmete asukohta. Kile ei tohi takistada nende jahutamist. Konstruktsioonidele, näiteks kirikupinkidele paigaldatud küttekile tuleb kaitsta mehhaaniliste vigastuste eest tugeva paneeliga vms. Kile tuleb kinnitada nii, et pinge ei kanduks elektrit juhtivatesse konstruktsiooniosadesse, torudesse vms. Kile või selle toite tagavad juhtmed ei tohi puutuda vastu hoone elektrit juhtivaid osi ning kile ei tohi paigaldada konstruktsiooni, milles on elektrit juhtiv kile, näiteks alumiiniumkile niiskustõkkena.

Kõige tavalisem lakke paigaldamise viis on järgmine:

Tavapärase soojusisolatsiooni alumisele pinnale paigaldatakse niiskustõke ja 50 mm sõrestik 300 mm sammuga. Sõrestiku vahed täidetakse kivivillaga selliselt, et sõrestiku külge nt. klambripüstoliga kinnitatud element oleks tihedalt ühendatud sõrestikuga. Nii hoitakse ära soojuskaod ülespoole. Laekonstruktsiooni kuuluvad seega altpoolt lagedes: pinnakattematerjal, kütteelement, lisaisolatsioon, niiskustõke ja soojusisolatsioon. Paigaldust saab teha ka altpoolt enne katuse kattematerjali kinnitamist või ülaltpoolt kinnitatud laekattematerjali peale. Viimati nimetatud viis hõlbustab vahel paigaldamist saneeritavatel objektidel, kus laekattematerjali ei pea välja vahetama. Oluline on, et küttekile on surutud tihedalt, ilma õhuvahedeta pinnakattematerjali vastu.



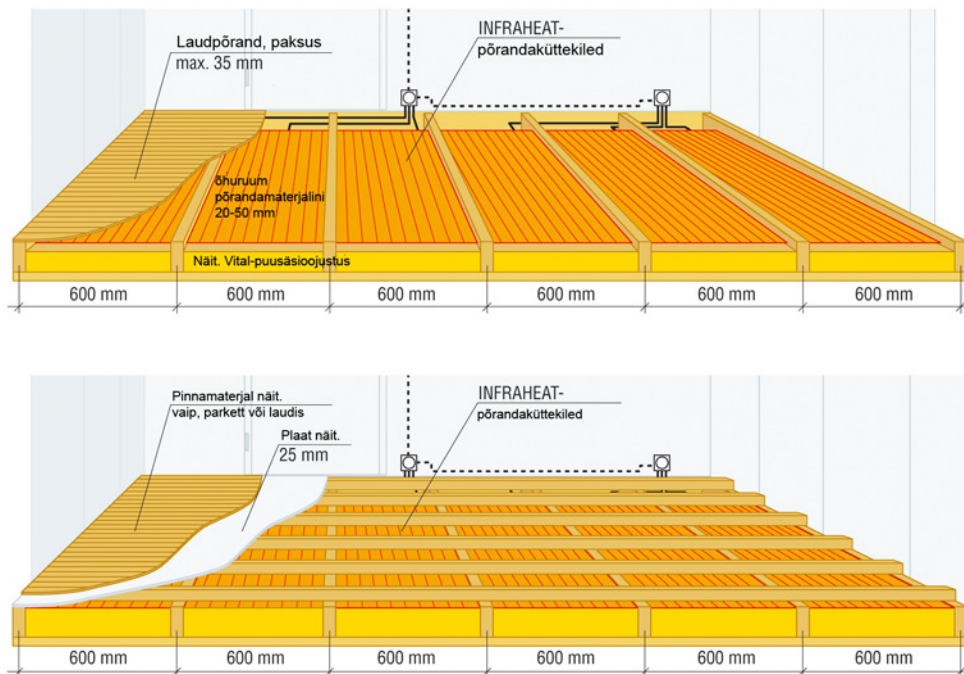
**Joonis 15.3. Laekütte paigalduspõhimõte (Polarheat Oy).**

Enne kütteelemendi kinnitamist tehakse lattidesse kütteelemendi ühendusotsas vajalikud süvendid. Elemendi paigaldamist alustatakse samast ühendusjuhtme poolsest otsast. Esmalt kinnitatakse elemendi ots ühest kohast, avatakse elemendirulli nii palju, et servades ja keskel olevad naelutusribad oleks võimalik paigutada naelutamislattide kohale ja alles seejärel kinnitatakse element tervikuna. Kinnitustööd tuleb teha süsteemiliselt, liikudes esimese kinnituse juurest üks kinnituspunkt korraga elemendi teise otsa. Elemendi kinnitamisel tuleb kohe alguses hakata liikuma õiges suunas, sest elementi ei tohi jääda volte. Kui element paigaldatakse ülaltpoolt laekatte peale, tuleb kattematerjali pealispind hoolikalt puhastada ja veenduda, et selles ei ole naelu.

Küttekile elektrit juhtivad osad peavad paiknema hoone elektrit juhtivatest osadest, näiteks ventilatsioonikanalitest, postidest, katusematerjalidest vms. vähemalt 100 mm kaugusel. Naelad või kinnitusklambrid ei tohi tekitada lühist soovitud isolatsioonivahehes.

Tavakasutuses ei tohi küttekile seda ümbritsevates tuleohtlikes materjalides üle 80 °C kerkivat temperatuuri tekitada. Küttekilega kaetud lae-, sein- ja põrandamaterjalid ning nende paksused tuleb valida küttekile tootja poolt antud juhiste alusel. Üldkeh-tiva nõude kohaselt pind ei tohi olla metallist või hästi soojust isoleerivast materjalist, näiteks Haltex-ist või Styrox-ist. Näiteks 125 W/m<sup>2</sup> pindmine võimsus võimaldab kasutada 22 mm paksust puitpaneeli. Augulise või pragudega pinnakattematerjali kasutamist tuleb vältida. Lae pinnatötluses kasutatakse kuumakindlaid plaste sisaldavaid värve või lakke, mis kantakse täiesti kuivale laepinnale. Õlivärvide kasutamine ei ole lubatud, kuna nende värvus võib muutuda. Kütet ei tohi lülitada sisse enne värvi täielikku kuivamist.





**Joonis 15.4. Põrandakütte paigalduspõhimõte (Polarheat Oy).**

### 15.4.3 PAIGALDUS PÕRANDASSE

Küttekile võib paigaldada isoleerivast materjalist tehtud põranda all olevasse ruumi, kui selle ehitus on sellise paigaldusviisi jaoks sobiv. Üheks kriteeriumiks on kile ja põranda vahele jääv õhuruum. Muud sobivustegurid on kile pindmine võimsus (60...120 W/m<sup>2</sup>) ja kile alla jääva põrandakonstruktsiooni soojustakistus. Täpsemad paigaldusnäitajad saab kile tootjalt. Näiteid põrandakonstruktsioonide kohta on toodud joonisel 15.4.

Kui põrandaküte on vastava ruumi vahetu küte, reguleeritakse selle toimimist eelistanult elektroonilise toatermostaadiga või see ühendatakse reguleerimiskeskusega. Kui tegemist on põranda pinna mugavusküttega, on seda kõige parem juhtida põranda temperatuuri mõõtvast termostaadiga.

### 15.4.4 PAIGALDAMISEL JÄRGITAVAD NÕUDED

Küttekile tuleb ühendada püsipaigaldusena. Elementidele toite tagavad juhtmed võib paigalduskohal ühendada elemendi juurde kuuluvas lülitusruumis või küttekile ühendusjuhe võidakse ühendada püsipaigaldise karpiga. Kui küttekile ühendusjuhtme moodustavad isoleeritud juhtmed, tuleb see vedada torusse või sellele vastavasse juhtmekanalisse. Kui isoleeritud juhtmed kaitstakse nende peale veetava isolatsioonivoolikuga (-sukaga), võivad need olla kattematerjali taga kõige enam 0,3 m ulatuses ilma paigaldustoruta.

Küttekile tuleb varustada kõiki äärejuhtmeid ühendava lülitiga. Tuleohtlikust materjalist konstruktsiooni paigaldatavate küttekilede toide tuleb varustada maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsega.

Küttekile- või vastavate seadmete isolatsioonitakistust ja kütteväärtust tuleb mõõta enne pinnakattematerjali paigaldamist ja soovitatavalt vahetult peale pinnakattematerjali paigaldamist. Teine mõõtmine tuleb teha alati enne süsteemi kasutuselevõttu. Isolatsioonitakistuse kohta kehtivad samad nõuded nagu toitejuhistiku kohta.

Rühmakilbi juurde, kuhu küttekileseadmed on ühendatud, tuleb paigaldada selge ja püsiv joonis elementide ja ühenduskarpide asukohtade kohta. Joonisel peavad lisaks olema andmed elementide tootja, võimsuse ja pinge ning elementide kattematerjali kohta. Lisaks peab olema märgitud ka see, et kattematerjalide võimaliku vahetamise puhul peab uus materjal olema otstarbekohane.

Rühmakilbi juures peab olema ka selgesti loetav hoiatus naelte löömise, kruvide keeramise või aukude puurimise kohta kohtadesse, kuhu elemendid on kinnitatud, ning samuti keeld mööbliesemete kinnitamise kohta piirkonda, kus küttekile on paigaldatud, aga ka hoiatus esemete paigutamise kohta riulitele vms. piirkonda, kuhu elemente on kinnitatud.

Lagi tuleb katta võimalikult kiiresti peale kütteelementide paigaldamist. Enne katmist peab elektritöövõtja kontrollima, et

- elemendid on sirged, neis ei ole kortse või volte
- paigaldus vastab joonistele
- isolatsioonitakistust ja kütteelementide väärtusi on mõõdetud
- kattematerjalid ja nende paksused vastavad juhistes antud väärtustele.

Rikked elementides on väga haruldased. Kõige tavalisem rikke põhjus on hoolimatu paigaldus või selle kahjustamine näiteks laekonksuga. Remontimine on töömahukas, sest kogu element tuleb välja vahetada. Kui ülalt vahetamine ei ole võimalik, tuleb laekattematerjal maha võtta.

#### 15.4.5 TOATEMPERATUURI REGULEERIMINE

Lae-ja põrandakütte reguleerimine teostatakse toatermostaadiga või ühendades selle ruumide ühisesse elektrikilpi. Ühtlase kütmise tagamiseks termostaatidena kasutatakse eelistatult elektroonilisi regulaatoreid, mille tulemusel jäävad lae- või põrandapinna temperatuuri kõikumised minimaalseks ka väikese küttevõimsuse puhul. Mehhaaniliste termostaatide kasutamisel eeldab hea reguleerimistulemuse saavutamine kütteseadmete jadas või paralleelselt ühendamist, mille puhul ühtlustatakse temperatuurikõikumisi küttevõimsuse muutmisega.

Reguleerimiskeskus suudab kõige paremini ja energiatõhusalt tagada soovitud sisetemperatuuri muutused.

## 15.5 KÜTTEKAABLID

### 15.5.1 KAABLITE EHITUS JA DIMENSIONEERIMINE

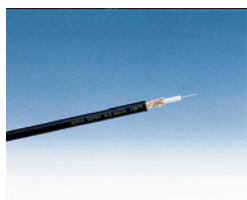
Küttekaablid liigitatakse funktsionaalsete omaduste alusel kolme põhitüüpi: standardse takistusega, püsiva meetri võimsusega ja isereguleeruvad kaablid. Igas tüübis on erinevaid võimsus- ja materjalivariante.

Standardse takistuskaabli meetri takistus (takistus ühe pikkusühiku kohta) on püsiv, seega, mida pikem kaabel, seda väiksem võimsus ühe meetri kohta. Kaabli toimimistemperatuuri mõjutavad lisaks võimsusele keskkonnatemperatuur ja kaabli võimalused soojust ümbrusesse tagastada.

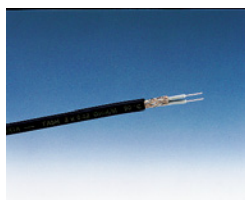
Standardse takistuskaabli tüüp, meetri takistus ja pikkus valitakse kaabli tootja juhiste ja vajaliku võimsuse alusel, arvestades ka kasutus- ja keskkonnatingimusi. Kavandatud pikkust ei tohi ilma projekteerijaga konsulteerimata muuta. Standardsed takistuskaablid ei tohi omavahel ristuda. Kaabel ühendatakse 230 V või 400 V pingega võrku. Tavaliselt kasutatavad võimsused on 12...25 W/m.

Püsiva meetri võimsusega küttekaabli südamikuks on kaks isoleeritud vaskjuhet, mille ümber on spiraalitaoliselt keritud isolatsioonitraat. Kaabli võimsus meetri kohta kujuneb püsivaks, kui takistustraata ühendatakse iga meetri järel eespool nimetatud juhtmetega. Ühenduskohti on kaablis tunda õhemate kohtadena. Paigaldamisel lõigatakse kaabel läbi selliselt, et algusotsa jääb u. 80 cm ja lõpuossa umbes 30 cm pikkune "külma" lõik.

Püsiva meetri võimsusega kaabel valitakse ja dimensioneeritakse erinevate meetri võimsuse variantidest, (10...30 W/m) arvestades ka kasutus- ja keskkonnatingimusi. Kaablite ristumine ei ole reeglina lubatud. Kaabli ehitus piirab paigalduspikkust.



Ühejuhiline standardne takistusekaabel



Kahejuhiline standardne takistus- kaabel



Joogiveektorude väliseks või sisemiseks sulana pidamiseks



Vee- ja sademevee-kanalisatsiooni sulana pidamiseks



Standardse võimsusega kaabel

Joonis 15.5. Erinevat tüüpi küttekaablite ehitus (Ensto).

Minimaalseks pikkuseks on üks kuumenev meeter ja maksimaalseks erinevate võimsustega meetri kohta - 120 m (10 W/m), 90 m (20 W/m) ja 75 m (30 W/m). Püsiva meetri võimsusega kaablid ühendatakse alati 230 V pingega.

Isereguleeruv küttegaabliil on kahe või kolme juhtme vahel pooljuhtiv segu. Segu soojenedes selle takistus (omatakistus) kasvab ning soojusvõimsus langeb. Samas temperatuuri langedes takistus väheneb ja soojusvõimsus tõuseb. Kaabel püüab sellega oma võimsuse muutmise teel hoida temperatuuri ühtlasena sõltumata erinevatest soojuse tagastamise olukordadest, näiteks keskkonna temperatuurist. Sama kaabli osad võivad paikneda erinevates keskkonnatingimustes, mille tulemusena tekivad neis erinevad võimsused meetri kohta. Kaablid võivad omavahel ristuda.

Isereguleeruv kaabel valitakse ja dimensioneeritakse vastavalt objekti soojuskadudele ja kaabli kohta mõõdetud võimsustarbimise või temperatuurikõveratele. Koormusvõimsused varieeruvad nimivõimsusest ja keskkonnast olenevalt 5...50 W/m. Suurimad lubatud paigalduspikkused on erinevatel tootjatel ja kaablitel erinevad. Kaabel ühendatakse 230 V pingega. Kaitse dimensioneeritakse kõige madalama ühendustemperatuuri ehk kõige suurema võimsuse alusel. Rühmasuuruste ja –kaitsmete määratlemisel tuleb arvestada, et “külma käivitamine” põhjustab lühiajalise suure voolutõusu.

Isolatsiooni- ja katematerjalid määratlevad suurelt osalt ka selle, millises paigalduskeskkonnas saab kaablit kasutada. Küttegaablimaterjalides olulised ja kaabli valikul arvestamisele kuuluvad omadused on temperatuuritaluvus, ilmastikutaluvus, jäikus ning eriti katematerjalide puhul erinevate kemikaalide ja õlide taluvus, iseeneslik kustumine ning mehhaaniline tugevus.

Küttegaablitel on sageli kaitsemaandatav metallkest või metallist puutekaitse ning isolatsioonimaterjalist korrosiooni taluv kate. Praegu on saada ka metallkestata, 230 V pingele mõeldud küttegaableid, mille kaitsele on kehtestatud lisanõudeid. Tööstuslikuks kasutamiseks mõeldud kaablitelt ei nõuta isolatsioonimaterjalist katet, kui selle kasutamist takistab näiteks kõrge temperatuur.

Kõige tavalisemate isolatsioonimaterjalide kõige kõrgemad kasutustemperatuurid ja võimsused on: kummid ja plastid 60...100 °C ja 20...30 W/m, fluori sisaldavad plastid 200 °C ja 60 W/m ning mineraalsed isolatsioonimaterjalid 600 °C ja 300 W/m.

Kaasajal kasutatakse laialdaselt tootjatehases komplekteeritud põrandaküttegaableid. Neis on juba tehases jäetud nn. külm ots, enamasti u. 2,5mm<sup>2</sup> ühendusjuhtmega, mis hõlbustab ja kiirendab kaabli ühendamist paigaldisse. Ka kaabli teine ots on ette valmistatud. Erinevatel tootjatel on pakkuda erineva võimsusega ja erineva pikkusega valmiskaableid, mille hulgast võib valida kasutuskohtale sobiva.

## 15.5.2 KAABLITE VALIK

Projekteerimise lähtekohtadeks on soojusvajadus ning kaabli tootja poolt antud juhised. Madalpinge-elektripaigaldiste kohta kehtivas standardiseerias SFS 6000 EVS-EN 60364 on toodud üldnõuded ja soovitused. Ruumide kütmisel võimsuse valik põhineb arvutuslikul soojusvajadusel ja muudel objektidel suures osas kogemuslikel andmetel.

Mõned valikut mõjutavad tegurid:

- Kui kaablile on suunatud tõmbekoormus või vibratsioon, tuleb kasutada tootja poolt soovitatavat kaablitüüpi (nt. pronkskattesukaga armeeritud kaabel).
- Plahvatusohtlike ruumide paigaldiste puhul tuleb küsida tootjalt andmeid kaabli sobivuse kohta.
- Kui kaablile saab toite tagada ainult ühest otsast, kasutatakse kahejuhulist kaablit.
- Kui kaablilt nõutakse kõrget kuumustaluvust või kaabel satub otsekontakti keemikaalide või õliga, on kõige kindlam kasutada fluorplastist kattega kaableid. Väga kõrgetel temperatuuridel kasutatakse mineraalisolatsiooniga kaableid.

## 15.5.3 ÜLDJUHISED

### 15.5.3.1 Kaablite paigaldus

Paigaldamisel ja kasutamisel tuleb järgida tootja poolt antud juhiseid. Küttekaabel tuleb dimensioneerida, paigutada ja paigaldada selliselt, et temperatuur ei kahjustaks lähedal olevaid materjale. Tavakasutuses ei tohi küttekaabel põhjustada tuleohtlikus materjalis üle 80 °C kerkivat temperatuuri. Küttekaablit ei tohi paigaldada selliselt, et see takistaks muude elektriseadmete vajalikku jahtumist.

Küttekaabel tuleb paigaldada kogu pikkuses soojusjuhtimisvõimelt samaväärsesse vaheainesse, et välistada tavaolukorras rikkeohtu..

Küttekaablitega teostatud põrandaküte sobib paigaldamiseks nii uusehituse kui ka saanerimise objektidel nii betoon-, kipsplaat- kui ka puitpõrandasse eeldusel, et põrandakonstruktsioon on selleks sobiv. Kaabli omadustest tulenevad tootja poolt antud juhised määratlevad paigaldustingimused ning täpsed dimensioneerimis- ja paigaldusviisid.

Kaabli kasutusiga on pikk ja võimalikud defektid tulenevad enamasti ehitus- või paigaldusvigadest. Vastupidavus eeldab hoolikalt ehitatud põrandat ja kaabli korrektset paigaldamist. Valatud materjali paigaldatud kaablite osas omab suurt osatähtsust ka hoolikus ja ettevaatlikkus betooni valamisel.

Kaabel paigaldatakse loogetena võimalikult ühtlaselt üle kogu kasutatava põrandapinna. Püsipaigaldusega mööbliesemete alla kaablit ei veeta. Ruumides, mis piirnevad välisseintega, võib välisseinte äärtel ühest kuni kolme looke vaheline kaugus olla väiksem.

Kui samasse põrandakonstruksiooni paigaldatakse ka juhustike paigaldustorud, tuleb hoolitseda selle eest, et torude ja küttekaablite vahele jääb piisav nt. betoonikiht, et põrandaküttekaablid ei hakkaks vahetult paigaldustoru soojendama. Kui põrandavalamine toimub kahe erineva valamiskorraga, paigaldatakse paigaldustorud esimesse valatud kihti ja küttekaablid pindmisse kihti. Kaabel paigaldatakse valatud põhibetooni pinnale tootja juhiste kohaselt kinnitatud paigaldusliistude vahele. Pind puhastatakse kividest ja muudest esemetest, mis võiksid kaablit kahjustada.

Kui põrand valatakse ühe valamiskorraga, tuleb elektritorud paigutada kõige alla ning küttekaabel kinnitada põrandale laotatud armatuurivõrgu peale. Ühtlasi tuleb tagada näiteks tehases valmistatud klotside abil, et armatuur ja elektripaigaldustorud ei puutuks kokku. Kaabel tuleb kinnitada piisavalt tihedalt (15-25 cm). Kaabel ei tohi valamise ajal võrgu silmade vahele looka vajuda, sest siis ulatuks kaabel allpool olevate elektripaigaldustorudeni ja teisalt võiks ka liiga suure tõmbekoormuse alla jääda. Kaabli liiga harva kinnituse korral tekib oht, et valaja jalg jääb kaabli taha kinni ja kaabel saab viga.

Kaabli laotamisel tuleb vältida kokkumurtud aasade teket, sest nõrgestatud koht annab kõrge temperatuuri kasutamisel palju kergemini järele kui külmades paigaldusjuhtmetes.

Standardse takistusega ja standardse võimsusega kaableid ei tohi enamasti paigaldada nii, et need üksteisega kokku puutuksid. Paigaldusvahemiku mõõtmisväärtusi tuleb igal juhul järgida. Kaabli kõige väiksem lubatud painderaadius on 5 x kaabli välisdiameeter.

Standardse takistusega ja standardse võimsusega kaableid ei tohi vedada läbi soojust isoleerivate konstruktsiooniosade, kaabel tuleb paigaldada kogu pikkuses samaväärsesse vaheainesse.

Ühe kaabli paigalduspiirkonnas ei tohi olla deformatsiooni- vms. paisumisvuuke. Samuti tuleb vältida küttekaabli paigaldamist piirkonda, kus esineb ilmne plaadi pragunemisoht.

Paigalduse kohta koostatud projekti tuleb võimalikult hoolikalt järgida ning võimalikud muudatused tuleb märkida lõplikele joonistele.

Valamisel ei tohi betoonikärü üle kaablite lükata, kärude jaoks tuleb jätta eraldi liikumisteed. Ka betooni väljakallutamisel kärust tekib oht, et mõni betoonikärü osa võib kaabli läbi lõigata või seda vigastada. Õnneks tehakse kaasajal enamik betoonitöid sellistes olukordades betoonipumbaga varustatud autode abil ning betoonikärude kasutamine valamiseks on järjest vähenenud. Ka betooni pumpamisel peab hoiduma

kaablit vigastamast ning betooni ei ole soovitatav otse kaabli peale kallata. Kaablite peal kõndimist tuleb samuti vältida ning seepärast tuleb kaablite paigaldamine ajastada enamasti põranda viimaseks tööks enne betooni valamist. Vibraatori kasutamine on keelatud. Kaablit ei tohi kasutusele võtta enne, kui betoon on täielikult kuivanud. Rusikareegel on, et valatud betoonikihil tuleb olenevalt betoonikihi paksusest lasta kuivada V2-1 nädalat / cm kohta.

### 15.5.3.2 Reguleerimine

Betooniplaadi põhjustatud aegluse tõttu ei ole põrandakütte reguleerimine nii lihtne kui radiaatorite või lae- ja põrandaküttekilede kasutamisel. Otsese põrandakütte korral võib ka põrandakütet reguleerida ennetusfunktsiooniga varustatud toatermostaadiga. Eriti niisketes ruumides juhitakse põranda temperatuuri põrandatermostaadiga, mille andur paigutatakse torusse kaabliloogete vahele betoonikihi sisse. Termostaadina kasutatakse kapillaar- või elektroonilist termostaati. Ruumipõhisel reguleerimisel paigutatakse termostaadi reguleerimisseade koos signaallampidega enamasti 1,4 m kõrgusele põrandapinnast.



**Joonis 15.6. Traditsiooniline põrandakütte termostaat (Ensto).**

Salvestava kütte puhul ja muudel juhtudel, kui soovitakse rõhutada odavama energia osakaalu, peab olema loodud võimalus põrandaplaadi temperatuuri reguleerimiseks vastavalt soojusvajadusele. Ülekütmise ärahoidmiseks tuleb juhtiva termostaadi reguleerimisväärtust vastavalt soojusvajadusele automaatselt muuta. Selleks mõeldud tsentraliseeritud reguleerimissüsteem hõlmab programmeeritavat kesküksust, välistemperatuuri andurit ning ruumiüksust ja põrandaandurit iga eraldi juhitava ruumi tarvis. Kui reguleerimisel kasutatakse pooljuhtrelesid, tuleb keskuse hankimisel ja paigaldamisel arvestada ka nendest tekkivat soojust. Keskus juhib kõikide samas ruumis paiknevate kütteseadmete (põrand, radiaator, laeküte) toimimist vastavalt välis- ja sisetemperatuurile. Tsentraliseeritud reguleerimissüsteemid on nõrkvooluseadmed, seega tuleb nende juhtmetena kasutada ka vastavaid kaableid. Ühendusruumides tuleb eriti suurt tähelepanu pöörata erineva pingega ahelate usaldusväärsele lahutamisele.

Kaasajal on erinevad programmeeritavad termostaadid oma turuosa pidevalt kasvatanud ning nende abil saab reguleerimist väga mitmekesiselt teostada. Lisaks on olemas mudeleid, mida saab ühendada näiteks koduarvutiga ning süsteemi juhtimist saab vajadusel teostada ja muuta ka pikkade vahemaade tagant.



**Joonis 15.7. Kaugjuhitav küttejuhtimisüksus (Ensto).**

Vahelakke paigaldatud põrandaküttegaabel soojendab ka alumise korruse lage. Tagajärjeks võivad olla arvutus- ja reguleerimisprobleemid eriti sellisel juhul, kui alumisel korrusel on salvestav põrandaküte. Täpsemaid dimensioneerimisjuhiseid saab kaabli tootjalt.

Betooni soojuse salvestamise võimest tulenevalt on nn. otsene põrandaküte alati veidi soojust salvestav ja seetõttu oma reguleerimisomadustelt veidi aeglasem kui radiaatorite või lae- ja põrandaküttekilede abil teostatud küte. Salvestamine loob teisalt võimaluse viia elektri tarbimine päevaselt ajalt öisele ajale. Salvestamine oleneb paigaldatud elektrivõimsusest, plaadi paksusest ja põranda pinnakattematerjalist.

Puitpõranda ja kapitaalremonditud põranda salvestamisvõime on vähene.

Põrandaküte paigaldatakse otseküttena tavaliselt kivimaterjaliga kaetud niiskete ruumide põrandatele ja salvestava või osaliselt salvestavana küttena muudele põrandatele.

Kütte ja põrandaplaat dimensioneeritakse soojusvajaduse arvutuste ja soovitud salvestamisastme alusel. On soovitatav kasutada juba valmis külmade otstega varustatud erinevate ruumide tarvis välja mõõdetud kaablilookeid, mille võimsus meetri kohta on vahemikus 15...25 W/m. Alljärgnevalt on esitatud mõningad betoonpõranda normväärtused. Tegemist on mitme teguri kokkusobitamisega ja kindlasti tuleb järgida ka tootja antud juhiseid.

Otsese kütte puhul piisav betoonplaadi paksus koos pinnakattematerjaliga on 50...80 mm. Pinnakattematerjaliks on tavaliselt keraamiline põrandaplaat või betoon. Pinnatemperatuuri maksimumväärtuseks võib lugeda +28 °C. Võimsuse vajadus määratakse ruumi soojuskao alusel. Põranda pindmine võimsus paigalduspiirkonnas varieerub 50...120 W/m<sup>2</sup> vahel. Kaabli võimsus on 10...20 W/m. Kaablit ei tohi paigaldada piirkondadesse, kuhu tulevad püsipaigaldusega mööbliesemed või seadmed – näiteks panipaik või pesumasin. Kaabli paigaldussügavus on 30...50 mm ja paigaldusvahemik 100...270 mm. Mida lähemale pinnale kaabel paigaldatakse, seda väiksem peab olema paigaldusvahekaugus.

Osaliselt salvestav põrandaküte paigaldatakse tavaliselt eluruumidesse. Selle täiendamiseks ja ruumi temperatuuri reguleerimiseks kasutatakse radiaatori- või laekütet. Põranda pinnamaterjal on soojust isoleeriv – villane vaip, plastkate, parkett vms. Mida paremini pind soojust isoleerib, seda paremini põrand seda salvestab ja pinna temperatuur on ühtlasem. Pinnamaterjali, eriti korgi ja parketi, kvaliteedi ja



kinnitamise sobivuse kohta tuleb küsida põrandapaigaldusfirmast või pinnakatte tootjalt. Selgeks tuleb teha ka pinnakattetöö kohta kehtiva garantii tingimused. Pinna temperatuur võib eluruumides olla enamasti kuni 26 °C.

Kaabli võimsust arvestatakse enamasti 1,4...1,7-kordselt ruumi soojuskadudega võrreldes. Kaabli koormus on 15...20 W/m ja paigaldusvõimsus 80...150 W/m<sup>2</sup>. Plaadi paksus määrab omakorda ka soojuse salvestamise võimet. Soojusisolatsiooni kohal peaks see olema 80...120 mm. Paksuse suurendamine ööpäevast salvestamisvõimet oluliselt ei suurenda.

Paigaldussügavus on 40...70 mm ja paigaldusvahekaugus on 100...250 mm.

Päeva- ja reguleeritud kütte tarvis mõeldud radiaatori- või laeküte arvestatakse ruumi soojuskadudega võrreldes - 0,7...1,0-kordselt.

### 15.5.3.3 Põrandaküte kapitaalremondi puhul ja puitpõrandates

Kapitaalremondi puhul soovitakse sageli märgade ruumide, esikute, tualettide vms. põrandakatte välja vahetada ning parendada kasutusmugavust põrandakütte abil. Probleem tekib sageli ruumivajadusest – uksi tuleb madalamaks saagida, künniseid tõsta jne., kui kasutatakse eespool kirjeldatud uusehitiste põrandamöötteid.

Uue põranda koos küttekaablitega võib paigaldada vana põranda peale selliselt, et lisakõrguse vajadus on ainult 5...20 mm + valitud pinnakatte paksus. Lahendusi on mitu ja õige teostus oleneb vanast põrandakattematerjalist ja kaablitüübist. Tuleb järgida kaabli tootja poolt antud juhiseid.

Kütte võimsus on 60...80 W/m<sup>2</sup>. On soovitatav kasutada valmis, erineva suurusega ruumidele mõeldud pakendeid, milles kaabliotsad on juba ühendatud.

Ka siis, kui kogu põrand säilitab puitkonstruktsiooni, võib seda soojendada kaabliga. Põhimõte on sama nagu põrandakütmisel küttekilega. Ohuvahe suurus oleneb kaablitüübist ja võimsusest. Tootja annab konkreetsel juhul vajalikud juhised.

Õhukesse konstruktsiooni või puitpõrandasse ei saa alati paigaldada kogu küttevõimsust, mida ruum vajaks kõige külmematel aegadel. Lisasoojust toodetakse näiteks radiaatorite abil ja küttekaablit kasutatakse mugavust lisavana põranda soojendajana.

## 15.5.4 ÜHENDAMINE

Küttekaabel tuleb ühendada elektrivõrku enamasti püsivalt või poolpüsivalt selliselt, et ühendusruum ja selle klemmid ülemäära ei kuumeneks. Ühendus teostatakse enamasti ühenduskaabli abil. Eraldi ühenduskaablit ei pea kasutama, kui küttekaabli ühendamiseks kasutatud detaili temperatuur ei ületa tavakasutuses 70 °C (isereguleeruv kaabel). On võimalik kasutada ka pistikühendusega küttekaablit.

Küttekaabliseadmetes tuleb kõik äärejuhtid ühendada lülitiga.

## Ühendamine karbis

Karbid paigaldatakse sinna, kus soojust kasutatakse. Neutraal ja faas või faasid tuuakse samasse lülituspunkti. Kaitseukka või muud elektrilist kaitset ei tohi tööjuhina kasutada. Iga küttekaabli ots ja toitekaabel viiakse karpi eraldi ava kaudu. Küttekaabli kuumenevad ühendusotsad jäetakse võimalikult lühikeseks ja tagatakse, et karbis olevad juhtmed ei oleks omavahel kontaktis. Ühendus teostatakse ühendusrõngas või vastava kruviklemmiga. Kübarklemme ei tohiks kasutada. Karbis tekkiva soojuse ärajuhtimiseks ja vee kondeseerumise ära hoidmiseks täidetakse karp valatud plastiga. Karp tihendatakse enne valamist elektrikiti või –teibiga ka seestpoolt selliselt, et valatud plast ei pääseks kütte- või toitekaablitesse. Karpi kontrollitakse peale plasti tahkumist, kui kogus pole piisav või plasti on lekkinud, tehakse täiendav täitmine. Kui ühenduskruvide pead jäävad nähtavale, võivad valatud plasti pinnale kogunev niiskus ja ebapuhtused põhjustada läbilööki. Kolmnurkühendusega ühendamine või paralleelne ühendamine teostatakse karbis, mida ei täideta, või rühmakilbis.

## Jätkamine ja lõpetamine

Küttekaablit võib jätkata termokahaneva jätkumuhvi või valuplast-ühendusmuhvi abil kas külma kaabliga või näiteks rikke tekkimisel teise küttekaabliga. Jätkamise puhul tuleb kasutada kaablitootja poolt tarnitud valmis jätkamiskomplekte, milles on ka paigaldusjuhised. Parim võimalus on tellida toode valmis ühendusotstega, siis ei pea jätkamist tegema ehitusobjektil. Kahe- või mitmejuhilised küttekaablid lõpetatakse kas karbis või termokahaneva lõpumuhviga. Nii lõpukarbi kui ka termokahaneva lõpumuhvi kasutamisel kaabli lõpetamine teostatakse samade põhimõtete alusel nagu jätkukoht.

### 15.5.5 KAITSE ELEKTRILÖÖGI EEST

Tarindiliin varustatakse kaitsmega või juhtme automaatkaitsmega. Lisaks sellele peab kaitsmisel lisakaitsmena kasutama maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitset. II kaitseklassi ehitusega või vastava isolatsiooniga kütteseadmete toites tuleb samuti kasutada lisakaitsmena maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitset.

Kui kasutatakse elektrit juhtivat plaati või põhiisolatsiooniga võrku kütteelementide kohal või all, tuleb need ühendada potentsiaaliühtlustussüsteemiga. Kui tehases valmistatud kütteseadmetes ei ole pingaalteid osi, võib paigaldise varustada põrandakütte kohale paigaldatava plaadi või võrguga. Kui põhiisolatsiooniga kütteelement paigaldatakse elektrit juhtivasse põrandasse, näiteks betooni, tuleb kütteelemendi kohale ja alla paigaldada elektrit juhtiv plaat või võrk, mis ühendatakse paigaldise potentsiaaliühtlustussüsteemiga.

Elektrilist eraldamist saab kasutada ainult ühele kütteahelale toite tagamiseks.

Küttekaabli kaitsmiseles kasutatakse järgmisi kaitsmisviise:

- Kaitse maksimaalselt 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsetega, kaasa arvatud puuteulatuses olevad küttekaablid – näiteks räästarennide või vihmaveetorude soojendus ja küttekaablid, millel ei ole kaitsemaandusega metallmantlit ning pistikülitiga ühendatud küttekaablid.

Kaitse maksimaalselt 300 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsetega:

- Tuleohtlikke vedelikke sisaldavate torude soojendamiseks kasutatud küttekaablid, mis ei ole vahetus puuteulatuses (plahvatusohtlikesse ruumidesse paigutatavate küttekaablite kohta tuleb rakendada nende kohta kehtivaid nõudeid)
- välisalade sulana hoidmiseks kasutatavad pinnase või betooni sisse paigaldatud küttekaablid
- veetoru sisse paigaldatud küttekaablid.

Betooni soojendamiseks kasutatav küttekaabel võib olla isoleerimata või põhiisolatsiooniga, kui see saab toite SELV-süsteemist, mille nimipinge on vahelduvpinge puhul maksimaalselt 25 V või impulsivaba alalispinge puhul maksimaalselt 60 V, ja kaabel paigutatakse mittesüttivasse konstruktsiooni.

## 15.5.6 MÕÕTMISED JA KONTROLLIMINE

Küttekaabliseadmete isolatsioonitakistus ja takistusväärtust tuleb mõõta enne pinnakatte (näiteks betoonivalu) tegemist ja vahetult peale pinnakatte paigaldamist. Ainult nii saab enamasti tagada kaabli garantii olemasolu tootja poolt antud garantiiajaks.

Viimati nimetatud mõõtmist tuleb alati teostada enne seadmete kasutuselevõttu. Isolatsioonitakistust puudutavad samad nõuded, mis käivad toite andva juhtmesüsteemi kohta. Mõõtmisviis ja nõuded on toodud standardiseeria EVS-EN 60364 osas 6. Kui näiteks nimipinge on maksimaalselt 500 V (mitte SELV ja PELV), on mõõtmise alalispinge 500 V ja isolatsioonitakistuse minimaalne väärtus 1,0 MΩ.

Küttekaabliseadmetes peavad olema käidu tarvis vajalikud tähised ja joonised. Kui küttekaabel on kaetud, nt. põrandasse paigaldatud, peab kaabli asukoha kohta olema joonis (fotod) ja vajadusel tuleb paigutuskohad varustada hoiatustähistega.

## 15.5.7 SEINAKÜTE

Tellis- või muust kivimaterjalist seina saab kasutada soojuse salvestamiseks ja tagastamiseks. Kütteseadme võib kas projekteerida ja ehitada koha peal või kasutada tehases valminud lahendust. Energiamaajanduslikult kõige soodsam lahendus on vahesein, mis soojendab mõlemal pool vaheseina olevaid ruume. Tellisseinas paigaldatakse kaabel müürimise käigus igasse või iga teise horisontaalvuuki tellise keskele, põranda pinnast 1...1,5 meetri kõrguseni. Soojendatav sein müüritakse täistellistest, mille

soojuse salvestamisvõime on parem kui õõnestelistel. Õõnestelistest seinas on ohuks ka kaabli ülekuumenemine. Pooltellise seinaga võib salvestada soojust peaaegu 1 kWh/m<sup>2</sup>. Maksimaalne paigaldusvõimsus on umbes 300 W/soojendatava seinaruutmeetri kohta.

Välisseina soojendamisel paigaldatakse kaablid rõhuga soojusisolatsiooni (200 mm kivivilla) siseküljel olevasse tellismüüritisse. Võimsust arvestatakse umbes pool eespool antud vaheseina kütmisest.

Reguleerimiseks võib kasutada soovitud tasandist ja muu kütte reguleerimisest olenevalt käsilüliti, aeglüliti, toatermostaati või müüritisse paigutatud põrandakütteregulaatorit. Seinakütte reguleerimise parim tulemus saavutatakse siis, kui see teostatakse osana kogu hoone kütteautomaatikast.

### 15.5.8 KAMINATE JA MUUDE TULEKOLLETE ELEKTERKÜTE

On võimalik valida tehases toodetud või kohapeal paigaldatud lahendus.

Küttekaablid paigaldatakse koldesse, tulekolde väliskesta või tulekolde taha laotud müüritisse. Kaablid paigutatakse vuukidesse nagu ka seinakütte puhul.

Sisemise tulekolde kütmisel on võimalik soojust salvestada suuremal määral pindmist temperatuuri liigselt tõstmata. Soojuse loovutamise toimub samuti aeglaselt ja ruumi temperatuuri kõikumine on minimaalne. Puude põletamisel võib kaablite temperatuur tõusta 200 °C-ni. Kõne alla tulevad ainult fluori sisaldava plastmantliga kaablid, kuna metallmantliga kaablitel tekib liiga suur soojuspaisumine. Tulekolde metallmantlis väliskestas või müüritises võib kasutada ka kummikattega kaableid.

Ühte tulekoldesse võib paigutada 1...3 kW küttevõimsuse. Kaabli võimsus meetri kohta on soovituslikult kummimantliga kaablitel 20...30 W/m ja fluori sisaldava plastmantliga kaablitel 20...50 W/m.

Kütet reguleeritakse samal viisil nagu seinakütet. Regulaatori andurit ei tohi paigutada müüritise kõige kuumemasse kohta, kuna lubatud pinna temperatuur (80 °C) ületab regulaatori suurima sätteväärtuse (u. 40 °C).

### 15.5.9 RÄÄSTARENNIDE, VIHMAVEETORUDE JA KATUSTE SULANA HOIDMINE

Kevadise jäätumise põhjustatud kahjustused ja ohud hoitakse ära küttekaablite abil.

Paigaldistes kasutatakse kõige enam ühesoonelist standardset takistuskaablit, mis paigaldatakse lookena sellisel, et algus- ja lõpuots tuuakse samasse kohta. On soovitatav kasutada armeeritud kaableid. Erinevates tingimustes paiknevad piirkonnad (nt. lõu-

na- ja põhjapoolsed katusepooled) tuleb varustada eraldi juhitavate loogetega. Räästast väljajäävatesse rennidesse tuuakse kaabel vihmaveetoru otsani välja, sisemiste puhul piisab, et vihmaveetoru külmumisohuga osa hoitakse umbes meetri ulatuses jääst vaba. Vihmaveetoru ülemisse otsa paigutatakse tõmbe kõrvaldaja. Vihmaveetoru alumise otsa kaabel kaitstakse näiteks soomuskõri jupiga, mis kinnitatakse vihmaveetoru väljavooluotsa ülaossa. Kaabel tuuakse väljavooluotsani, et sulanud vesi vihmaveetoru otsas ei külmuks.

Tasase katusega hoonetel paigaldatakse kaabel veesoonde edasi-tagasi veetud lookena.

Küttekaablilooke pikkus on kaks korda räästarennide ja vihmaveetorude kokkuliidetud pikkus. Tootja tabelitest valitakse kaabel sellisel, et võimsusest tuleks räästa välistes rennidest 20...30 W/kaabli meetri ja sisemiste puhul 15...20 W/kaabli meetri kohta. Võimsuse vajadus varieerub renni- ja torumeetri kohta 30...60 W/m.

Katusele veesoontesse paigutatavate kaablite võimsuseks meetri kohta valitakse 15...25 W/m. Kui kogu katus tahetakse hoida sulana, on võimsusvajadus asukohast ja soovitud sulamiskiirusest olenevalt 100...300 W/m<sup>2</sup>. Paigaldusvahemik on 100...300 mm. Kinnitusliistud peavad taluma madalaid temperatuure, UV-kiirgust ja muid välistingimustest tulenevaid koormusi.

Kaablid kas ühendatakse karpi katusel või jätkatakse termokahaneva või valatud plastist jätkumuhviga toitekaablini, mis veetakse karpi näiteks põõningul. Katusel olevad karbid kaitstakse kondensvee mõju eest plasti täis valamisega. Kui tarvitiini vedamine katusele või põõningule on väga keeruline, võib kaabli vedada karpi ka vihmaveetoru alumisse otsa. Seinale kinnitatavat karpi ei ole alati vaja täita, kuid selle alumises osas peab olema kondensvee äravooluava.

Räästad ja vihmaveetorud tuleb vajadusel (vähemalt kord aastas) ettevaatlikult puhastada, sest soojendamise mõjul kuivanud lehed ja praht takistavad kaabli soojuse tagastamist ja selle tulemusel tekib ülekuumenemisoht. Jäätumise osas kriitiline aeg on kevadel, kui temperatuur kõigub 0 kraadi ümber ja päike sulatab lund katuselt.

Väikesemahulise kütte juhtimiseks piisab käsilülitist, mille sisse unustamine hoitakse ära aeglüliti või signaallambiga. Käsilülitiga juhtimist võib täiendada välistermostaadiga, mis näiteks üle +1 °C ulatuva temperatuuri puhul lülitab kütte välja. Väga külma ilma ja suveperioodi ajaks lülitatakse kütte käsilülitiga välja. Termostaat paigaldatakse soojendatava poole räästa alla kogu hoone põhjapoolsele seinale.

Täielikult automatiseeritud süsteem saavutatakse kahe termostaadi jadasse ühendamise. Lisaks välistermostaadile paigaldatakse teine termostaat räästarenni kaablite lähedusse. Kaabel lülitub sisse termostaatide seadistusele vastavas temperatuurivahemikus nt. -2...+2 °C. Sama tulemus saavutatakse kahetoimelise termostaadiga.

Tõrvapapi või muude tuleohtlike materjalidega kaetud katustel tuleb standardseid takistuskaableid ja püsiva meetri võimsusega kaableid kaitsta ülekuumenemise eest

nt. termostaadiga, mille andur kinnitatakse kaabli külge. Teine võimalus on vedada kaabel näiteks alumiiniumtorusse.

## 15.5.10 TORUSTIKU KÜTE

Torustiku kütte ülesandeks on – toru ja selle sisu kaabli abil soojendades – hoida torus oleva vedeliku temperatuur stabiilne, tõsta seda soovitud väärtuseni ning ühtlasi kaitsta veetorudes olev vesi külmumise eest või sulatada üles juba jäätunud torud. Tüüpiline näide on sooja tarbevee temperatuuri säilitamisel kasutatud vee ringluse asendamine energiaökonomisema toru kaabelküttega.

Kommunaaltehnika investeeringuid saab vähendada paigaldades torud pinnale lähemale ning varustades need küttekaablitega. Eriti pinnase osas, mida on raske eemaldada, mis vajab mahukate põhjatugevduste rajamist ja kus on põhjaveeprobleeme, on võimalik saavutada olulisi sääste investeeringutes. Kergema tehnika kasutamine säästab ka loodust väiksemamahuliste pinnasetööde tõttu. Vajalik küttevõimsus on vaid mõni vatt meetri kohta.

Võimsuse vajadus oleneb torustiku kütte eesmärgist ning toru suuruse, sisu temperatuuri, soojusisolatsiooni ja asukoha (pinnas/õhk) alusel määratletud temperatuurikadudest. Kaabel dimensioneeritakse tootjate poolt antud juhiste ja nomogrammide alusel.

### 15.5.10.1 Torusisene küte

Kasuteguri poolest parim ja valmis torustikku paigaldamiseks sageli ainus sobiv viis on küttekaabli paigaldamine toru sisse. Esmalt tuleb veenduda küttekaabli kasutuskõlblikkuses antud tingimuste jaoks. Tööstuslike rakenduste puhul peab kaabel taluma võimalike keemiliste ainete tekitatud koormusi. Tarbeveetorustikesse paigaldatavad kaablid peavad olema toiduainetetööstuses lubatud plastist mantliga.

Küttekaabli läbiviik torusse peab olema projekteeritud antud kaablile ja peab taluma sellele suunatud survet. Klapi kohal tuuakse kaabel läbiviigu kaudu torust välja ja mähitakse paar korda klapi ümber. Standardsete takistus- ja meetri võimsusega kaablite kasutamisel tuleb veenduda, et kaabel ei satuks soojusisolatsiooni sisse, mille tulemusel kaabel võib üle kuumeneda. Enamik toiduaineplastist mantliga kaablid ei kustu iseeneest, seega tuleb need paigaldada karpi võimalikult läbiviigu lähedal ning nende kokkupuudet tuleohtlike ehitusmaterjalidega tuleb takistada.

Standardne takistuskaabel ühendatakse toru sees külma kaabliga, mis tuuakse torust välja ja ühendatakse tarvitiiliiniga kas avatavas ühenduskarbis või termostaadi korpuses.

Jäigavõitu kaablid võib kuni 25 m lükata toru sisse ja jätta viimane ots vabaks. Pikemad, vastu voolusuunda paigaldatud kaablid tuleks ka teisest otsast läbiviigu abil ankurdada.

Väikeste objektide tarbeveetorude külmumiskaitseks on kõige parem kasutada selleks otstarbeks ettenähtud paigaldusvalmis kaablielemente, mis vastavad toiduainetööstuses kasutuseks lubatud kvaliteedile ja sisaldavad vajalikke ühenduskaableid, lüliteid jne. sobivaid läbiviigudetaile. Temperatuuri tuleks alati ülekuumenemise ja asjatu energiakulu vältimiseks termostaadi abil reguleerida.

### 15.5.10.2 Toruväline küte

Uute torustike küte saavutatakse investeerimiskulude poolest torusisese paigaldusest soodsamalt toruvälise paigaldusega. Kaabel kinnitatakse alumiiniumteibiga või ML-traadiga toru külge soojusisolatsiooni alla. Nii paigutatud standardsete takistus- ja meetri võimsusega kaablite võimsus ei tohi plasttorude puhul olla üle 10 W/m ja metalltorude puhul üle 20 W/m. Kui kaabel paigaldatakse toru all oleva liiva sisse, võib kaablit koormata ilma ülekuumenemiskaitseta 25 W/m, sh plasttorusid eeldades, et kaabel ei ole toruga otsekokkupuutes.

Lõppev kahejuhiline kaabel mähitakse spiraalitaoliselt toru ümber või väiksemate torude puhul veetakse otse toru alumisele pinnale. Ühejuhiline kaabel paigaldatakse kas ühe või mitme lookena – samuti toru alumisele poolele.

Ülekuumenemisohu tõttu kinnitatakse soojusisolatsioonisisened kaablid võimalikult korralikult toru külge. Soojus ühtlustub ning kaabel ei vaju isolatsiooni sisse, kui kaabeldatud toru ümber mähitakse enne toru isolatsiooniga katmist alumiiniumfoolium. Lisaks sellele piiratakse temperatuuri ülekuumenemiskaitsega, mis paigutatakse kaabli külge, soojuse loovutamise seisukohalt kõige ebasoodsamasse kohta. Termostaat seadistatakse 20...30 °C alla kaabli kõrgeima lubatud kasutustemperatuuri. Isereguleeruva kaabli kasutamisel ei ole ülekuumenemiskaitse vajalik.

### 15.5.10.3 Sooja tarbevee temperatuuri tagamine

Sooja tarbevee toru kaabliküte asendab veeringluspumba, tagasivoolutoru ja isolatsiooni ning täiendavate klappide kasutamise vajadust. Kompenseeritakse ainult reaalseid soojuskadusid, seega kulutab torustiku küte vähem energiat kui vee ringlusel põhinev vee temperatuuri ülalhoidmine.

Kasutatakse isereguleeruvaid küttekaableid, mis kinnitatakse soojusisolatsiooni alla toru (ka plasttoru) alumisele pinna, põlvekohtades - torupõlve välisküljele. Isolatsioonikihi paksus ja samas ka toru soojuskaod valitakse kaablitootja soovitude alusel. Ülalhoidmistemperatuuriks valitakse enamasti +45, +50 või +55 °C. Küttekaabli pikkus on sama kui soojendatava toru pikkus, millele on lisatud umbes pool meetrit

ühenduse tarvis, meeter iga T-haru ja pool meetrit iga klapi kohta. Kui torustikus tekib ülemäärast soojuskadu näiteks torukandurite tõttu, lisatakse hinnangule nende kompenseerimiseks vajalik kaablipikkus. Alla kolmemeetrised toruharud tuleb harunemise asemel teostada edasi-tagasi veetud kaabliloogetega.

**Tabel 15.2. Kaabli maksimaalne pikkus olenevalt kasutustemperatuurist ja kaitsest.**

Kaitsme suurus	Maksimaalne paigalduspikkus (m) kasutustemperatuuri °C alusel		
	+45	+50	+55
10 A	85	65	55
16 A	135	105	90
20 A	165	130	110

Kaablite jätkamiseks, lõpetamiseks ja läbiviikude teostamiseks kasutatakse tootja poolt tarnitud valmis komplekte. Kaabli isolatsiooni- ja looketakistust testitakse peale paigaldamist ja peale toru isoleerimist.

### 15.5.11 MAHUTITE JA PUNKRITE KÜTE

Betoonipunkrite küttekaablid valatakse segu sisse, kui kaablite koormus on 20...30 W/m. Metallpunkrites paigaldatakse kaablid karkassi ja soojusisolatsiooni vahele nagu torustiku kütte paigaldamisel. Võimsused jäävad alla 20 W/m. Väiksemates mahutites võib kasutada isereguleeruvaid fooliume.

### 15.5.12 VÄLISTERRITOOORIUMIDE KÜTE KAABLITEGA

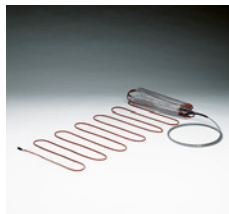
Kütte nimivõimsus oleneb keskkonnatingimustest ning soovitud sulatamiskiirusest ja –mõjust. Kui liiklust on vähe ja see on peamiselt kergliiklus ning piirkond on kaitstud tuule eest või kaetud, on piisav võimsus umbes 150 W/m<sup>2</sup>. Järskuldel nõlvadel, kus liiguvad raskeveokid ja koht ise on tuultele avatud, võib nimiväärtuseks pidada isegi kuni 400 W/m<sup>2</sup>. Kaablite võimsused varieeruvad vahemikus 20...30 W/m ja paigaldusvahekaugused 100...300 mm.

Kaabel paigutatakse kas järgalt pinnamaterjali (betoon või asfalt) sisse või painduvalt pinnamaterjali all olevasse liivakihti. Jäik paigaldus sarnaneb põrandaküttega. Edasi-tagasi sõidurea servade vahele paigaldamisel on mehhaanilise koormuse oht väiksem kui piki sõidurada paigaldamisel. Kaableid ei tohiks vedada üle deformatsioonivuukide. Kui seda ei ole võimalik vältida, paigutatakse kaabel metalltorusse, millesse jäetakse nii palju ruumi, et tõmbekoormust ei teki.

Kummikattega kaablid taluvad lühiajaliselt isegi kuni +170 °C temperatuuri, seega võib asfaldi laotada vahetult kaabli peale. Tähelepanu tuleb sellisel juhul pöörata ühendusjuhtmetele ning kaitsta neid vajadusel kõrge temperatuuri eest.



Energia tarbimine kujuneb suuremas osas reguleerimis- ja juhtimissüsteemi valiku alusel. Õige viis määratakse soovitud kütteefekti alusel.



**Joonis 15.8. Sulana hoidmise teostamiseks kasutatav valmis kütteelement (Ensto).**

Variandid on järgmised:

- Pidevalt sulana hoitavad sillad, rambid või trepid. Pinna temperatuur peab pidevalt olema üle 0 C kraadi. Energiakulu on suur. Reguleerimine on lihtne ning pinna temperatuuri jälgiv.
- Sillad ja rambid, kus soovitakse libedust vältida. Lumi ei sega. Juhtimisel võib kasutada samu termostaadiühendusi nagu veerennide ja katuste soojendamisel. Sulatatakse ainult siis, kui on tekkinud libeduseoht. Suuri alasid on kõige ökonoomsem juhtida lumeanduriga. Selle kasutamisel jälgitakse välistemperatuuri, sulatitava pinna temperatuuri ja sademetes sisalduvat veehulka ning kütte lülitatakse sisse nende näitajate põhjal, kui võib oodata jäätumist või libeduseteket. Termostaadiga juhitud kütte kulutab energiat 30...40 % ja lumeanduriga juhitud kütte 50...70 % vähem kui manuaalselt lülitatav süsteem.
- Trepid ja kõnniteed, mille hooldamist kavatsetakse hõlbustada eemaldades pinnalt lume- või jääkooriku. Ökonoomne ja kasutuskõlblik viis on lülitada kütte ilmastikuolude põhjal öiseks ajaks sisse ja käia hommikul lund ning jääd ära lükkamas. Nende rakenduste puhul on ööpäeva aega mitteametav automaatika põhjustanud sageli kõrgeid kasutuskulusid.

### 15.5.13 ALUSMÜÜRI KAITSE PINNASE KÜLMUMISE EEST

Kui hoonet ei saa ehitustehnilistel põhjustel rajada kindlalt mittekülmuvale pinnasele, võib alusmüüri paigaldada külmumispiirist ülespoole pinnast soojendav küttekaabel. Seda arvestades paigaldatakse hoone sokli kõrvale umbes 40...50 cm sügavusele hoone ümber küttekaabel, mille võimsus on 15...20 W/m.

Enamikel juhtudel ei ole energiat pinnase sulatamiseks igal aastal vaja.

Soklikütet automatiseeritakse kapillaartermostaadiga, mille andur paigutatakse alusmüürist väljapoole umbes 10 cm kaablist kõrgemale, kõige kergemini külmuvasse kohta, näiteks sissepääsu kohale või mujale, kust lumi eemaldatakse. Termostaadi

sätteväärtuseks valitakse  $+1,0...+1,5$  °C. Ühendused ja karpi paigutamine teostatakse samal viisil nagu räästa-, renni-, lae- jne. kütete puhul.

## 15.5.14 KASVUPINNASTE ELEKTERIKÜTE

Kasvupinnase soojendamiseks saab kiirendada saagi valmimist nii avamaal kui ka kasvuhoones ning kohandada saagikorjamise müügi seisukohalt soodsamaks ajaks. Sellist küteliiki kasutatakse esmajärjekorras kasvuhoonetes, taimelavades ja istikute ettekasvatamiseks. Olenevalt kasvukoha ehitusest paigaldatakse küttekaablid kasvupinnase all olevasse liivakihti või betoonpõrandasse. Olenevalt soovitud soojussalvestusvõimest on selle kihi paksus 50...150 mm. Võimsusvajadus on enamasti 50...100 W/m<sup>2</sup> ja paigaldusvahemaa 100...500 mm. Avamaal mullapinnasesse paigaldamisel peab sügavus olema vähemalt 300 mm, paigaldusvahemik vastavalt istutuspeenrale umbes 600 mm ja võimsus 50...70 W/m<sup>2</sup>. Külmunud pinnase sulatamist võib alustada juba märtsi alguses ning saaki saab tunduvalt varem.

Paigaldamisel tuleb tagada, et ka pinnasesse paigaldatavad ühendusjuhtmed on sellise paigaldusviisi jaoks sobivad.

Kasvupinnase temperatuuri reguleeritakse kõige tavalisemalt kapillaartermostaadiga, mille andur on paigutatud juurestiku tasapinnale. Avamaapaigaldistes piisab tavaliselt aeg- ja käsilülitist.

## 15.6 KOHTKÜTTESEADMED (KIIRGURID)

### 15.6.1 KÜTTESEADMETÜÜBID, KASUTUSALAD

Kohtkütet teostatakse suures osas samadel põhimõtetel nagu eespool kirjeldatud laeküte. Seadmetena kasutatakse tehases valmistatud kiirguripaneele. Laeküttega võrreldes on paneeli võimsus ühe pindalaühiku kohta ja seega ka selle pinnatemperatuur kõrgem kui soojendatud lael. Paneele võib lakke üsna harvalt paigutada. Kõrgem kiirgustemperatuur võimaldab kütmist ka kõrge laega ruumides ning isegi välisruumides. Soojuse mõju on intensiivsem, sest kõrge temperatuur tähendab soojuskiirguse lühemat lainepikkust. Kütteseadmed toimivad kõikides infrapunakiirguse (soojuskiirguse) vahemikes ning mingit kahjulikku kiirgust ei teki.

Järgnevalt on toodud näiteid küttepaneelide ning nende kasutusobjektide kohta. Rakenduste puhul tuleb loomulikult arvestada ka keskkonnast tulenevaid nõudeid:

- Madala temperatuuriga, temperatuur pideval kasutamisel alla 100 °C. Garaažid, meisterdamisruumid, töökojad, tööstusasutuste madalad, niisked ja tuleohtlikud ruumid, loomapidamisruumid. Paigalduskõrgus 2,3...3,5 m, võimsus tavaliselt alla 1000 W.

- Keskmise temperatuuriga, enamasti 200...300 °C. Tööstus-, kauba-, spordi- vms. hallid. Paigalduskõrgus 3,5...5,0 m. Võimsuse poolest kilovatist paari kilovattini.
- Kõrge temperatuuriga, üle 600 °C. Kõrged tööruumid ja laokoridorid, välisruumid. Paigalduskõrgus üle 5 m. Võimsus mitu kilovatti.
- Kitsad infrapunakiirgurid on sageli varustatud helkuriga ning neid saab mingil määral suunata. Kasutamine välistingimustes, näiteks rõdul või terrassidel ning kiiret, suunatud kütmist vajavates ruumides, näiteks pesemis- ja basseiniruumides.

Hankimise kaalumisel ja paigalduste teostamisel tuleb tähelepanu pöörata kütteseadme kohta kehtestatud seadme ja konstruktsioonide miinimumvahekaugustele.

## 15.6.2 REGULEERIMINE

Väljas, halva soojusisolatsiooniga ruumides ja lühiajalisel kasutamisel piisab reguleerimiseks lülitist ja/või võimsuse režiimilülitist.

Sisetemperatuuri reguleerimisel kasutatakse näiteks tööstushallides ja loomapidamis- hoonetes elektroonilisi termostaate, mis tänu oma kiirele toimimisele hoiavad kütteseadmete soojuse loovutamise ühtlasena ja meeldivana. Kogu küttevõimsus jagatakse paari lähestikku paikneva küttekeha gruppidesse, millest igaühte juhatakse ühe termostaadiga. Nii saab ära kasutada kiirguskütte kiirust ja suunata kütet sinna, kus seda vajatakse. Ka suurte uste läheduses paiknevaid küttekehi juhatakse eraldi. Termostaatide ja andurite parim paigalduskoht on u. 15 cm kaugusel välisseinast ning u. 1,5 m kõrgusel kohast, kus ei ole vahetut sissetuleva õhuvoolu mõju. Väikestes ruumides kasutatakse üksitermostaate. Suurtel objektidel kasutatakse temperatuuri jälgivaid andureid ja reguleerimiskeskust.

## 15.7 AKENDE SOOJENDAMINE

Akende soojendamise saab oluliselt vähendada akna külmakiirgust, aknapinnast alla voolava külma õhu “tõmbust” ning parandada sellega mugavust. Lahendus on õigustatud eriti suurte aknapindadega ruumides. Tehnilises mõttes on tegemist kilekütte rakendusega. Klaasi soojendamine põhineb selle pinnal oleva nähtamatu ja kulumatu selektiivpinnakatte kasutamisel. Elektrivool juhatakse pinnakattesesse klaasi vastasservadest. Tänu pinnakatte madalale emissiivsusele ei kiirga soojus väljapoole, vaid kandub ruumipoolsele pinnale ning seda kaudu hea kasuteguriga ruumi. Kasutegur on mõõtmistulemuste põhjal umbes 93 %. Selektiivpinnakate ei muuda valguse läbilaskevõimet, näiteks nähtavust läbi klaasi.

Võimsuse vajadus on tehtud mõõtmistulemuste alusel maksimaalselt 165 W soojendatava aknaruutmeetri kohta, kui akende pinnatemperatuuri sätteväärtus on maksimaalselt 25 °C ja temperatuurivahe akna sise- ja välispoolle vahel on umbes 50 °C. Elektritarbimise suurendamine oleneb kasutusviisist – kas tegemist on ruumis

viibimise ajal vajaliku kütte või ööpäevaringse küttevajadusega. Vahe on 0-5 %. Kasutamine eluruumides ainult õhtusel ajal suurendab tarbimist tavaliselt vaid umbes 1% võrra, kuid mugavus paraneb oluliselt. Soojendatud klaasi soetusmaksumus on seni selle kasutamise intensiivistumise kõige olulisem takistus. Soetusmaksumus on umbes 85 % võrra kõrgem kui samalaadsete tavaliste 3-kordsete akende puhul.

## 15.8 TARBEVEE SOOJENDAMINE

### 15.8.1 BOILERI EHITUS

Rühmitamine:

- avatud boilerid
- läbivooluga küttekehad
- surveboilerid.

Avatud boilerites ei pea mahuti taluma veevärgivee survet, vesi valgub mahutisse või väljub sealt pumba mõjul. Kasutuskohtadeks on väikesed, ühe veevõtukohaga või suured objektid, kus vee temperatuuri oluliselt ei tõsteta, näiteks kasvuhoonete kastmisveemahutid.

Läbivooluga küttekehade veemaht on väike, seetõttu soojendatakse vett tekkiva vajaduse alusel. Tarbimismaksimumid on suured, mis nõuavad ka suuri elektrivõimsusi – duši all käies juba üle 10 kilovati. Läbivooluga küttekehi kasutatakse ainult suurte boilerite täitmiseks.

Surveboilerid on ruumipõhise elektrikütte kasutamisel nii korterites kui ka mujal kõige enam levinud.

Surveboileri varustusse kuulub termostaadiga segamisventiil, milles kuuma mahuti-vee 70...90 °C temperatuur vähendatakse turvalise 50...60 °C tasemele. Surveboilerid on mõeldud 10 baari survele, mille ületamise vältimiseks on need varustatud tühjendusventiiliga. Kütmissperioodil toimuva soojuspaisumise tõttu peab tarbeveeboileri läheduses olema kanalisatsiooniühendus, kuhu paisumisel vesi juhatakse. Paljudes boilerites on vajalik ventiili- ja tühjendusseadmed juba olemas (või saab selle tootjalt eraldi tellida): sulgemisventiil, tagasivoolu(ühesuunaline)klapp, tühjendusventiil ja manomeeter.

Turul olevate boilerite materjalide ja pinnakatete korrosioonikindluses ei ole olulisi erinevusi täheldatud. Seevastu veemahutisse paigutatud küttekeha kasutuses võib olla olenevalt kasutuskohast suuri erinevusi. Lubjarikkas vee tekib küttekeha pinnale katlakivi, mis nõrgendab soojuse loovutamist ning tõstab küttekeha temperatuuri. Tagajärjeks on küttekeha kahjustumine halvimal juhul juba aastase kasutamise järel. Kasutatava vee kvaliteeti tuleb boileri hankimisel kindlasti arvestada. Vee lubjasisalduse kohta saab teavet veetevõttest või eraveevarustuse vee analüüsimise teel.

Küttekeha kahjustumist võib riskipiirkonnas aeglustada boileri vee seadistustemperatuuri langetamisega – bakterite paljunemise vältimiseks siiski mitte alla +65 °C. Madalam temperatuur nõuab ka suuremat boilerit. Teine variant on valida sellise ehitusega boiler, milles vesi soojendatakse boilerist väljas paiknevate kütteplaatidega või kaudselt, paigutades küttekehad kaitsetoruga boileri veemahutisse.

## 15.8.2 BOILERITE SUURUS JA PAIGUTUS

Vett soojendatakse enamasti ainult öise tarbimisega ja lisaks päeval suurema veetarbimise ajal. Boilerite suuruse valikul võib lähtuda hinnangust 50 l/in ja võimsusnäitajast 1,0...1,5 kW/ 100 l. Võimsuse hindamisel kehtib rusikareegel, et 1 kW soojendab tunni jooksul 10 l vett veevärgitemperatuurist boileri temperatuurini (+5... > +80 °C).

Inimeste arv majas varieerub ja seetõttu peab projekteerimisel lähtuma järgmistest andmetest:

- Eramaja, ridamajakorter ja korrusmaja korter (rohkem kui 2 t + köök): boileri suurus 300 liitrit ja elektrivõimsus 3—4,5 kW, pidevalt kuumutava boileri soovitatav suurus on 150...200 liitrit ja elektrivõimsus samuti 3 ... 4,5 kW.
- Korrusmajakorter (2 t + köök või väiksem): 150 l boiler, 2 kW, saunaga korterites 300 l.

Tippvajadusi silmas pidades on boileris termostaatjuhtimine, mis lülitab vajaduse korral elektrivõimsuse sisse ka päevasel ajal, või vastav käsilüliti.

Kui horisontaalset boilerit kasutatakse näiteks saunas lavalaudade all, peab selle maht olema umbes 30% võrra suurem. Lisaks tuleb veenduda, et boiler on ehituse poolest selliseks kasutuseks sobiv.

Boiler tuleb torustikuga seotud soojuskadude vähendamiseks paigaldada võimalikult lähedale olulisematele kasutuskohtadele. Kui vähese tähtsusega kasutuskoht, näiteks eraldi tualettruum, paikneb boilerist üle 8 m kaugusel, tuleb sinna paigaldada väike, u. 30 liitrine boiler. Peresauna boileri suurus on öise tarbimise kasutamisel 150...200 liitrit / 2 kW.

Boilerist ei saa eespool toodud arvestuste alusel võtta muud kui ainult sooja tarbevett. Käterätikute kuivatamine korraldatakse eraldi küttekehaga, põrandaküte põrandaküttekaablitega jne. Kui tarbeveetoru soovitakse kogu aeg hoida, kasutatakse veeringluse asemel toru küttekaablit (punkt 15.5.10.3).

Mullivann on oluline sooja vee tarbija. See vannitüüp on korterites väga levinud. Veevajadus on sama nagu tavalise vanni puhul, 150...200 liitrit sooja vett. Suured vannid (600...700 liitrit) on enamasti varustatud eraldi veesoojendajaga, 9... 12 kW. Mullivanni suurus ja tehnika tuleb projektide koostamise käigus selgeks teha.

Kui sooja vee vajadus on lühiajaliselt suur, on parem suurendada boileri mahtu kui kütteseadme hetkelist võimsust. See olukord tekib paljude pesemisolukordade puhul, näiteks auto pesemisel. Sooja vee puhvervaru on parem lahendus kui suur küttevõimsus.

## 15.9 VESIKESKKÜTE

Vesikeskküte tuleb kõne alla – lisaks uusehitistele – sageli ka kapitaalremondi käigus vana küttesüsteemi väljavahetamisel. Väikemajades tavaliseks lahenduseks on salvestav elekterküte ja suurtel objektidel vaheldumisi elekter ja kütuse abil toimiv küte.

### 18.9.1 SALVESTAV VESIKESKKÜTE

Kõige enam kasutatud lahendus on osaliselt salvestav küte, milles suurem osa soojust toodetakse öösel, kuid külmemal ajal kasutatakse ka päevast tarbimist. Hetkel kehtivate elektrimüügitingimuste arengusuund on olnud öö- ja päevatarbimise tariifide hindade vahe vähendamine. Kui trend jätkub samasuunalisena, võib selline küttesüsteem peagi ajalukku jääda. Ööenergiat salvestav soojussalvesti on veemahutiga boiler.

### 15.9.2 TEHNILISED LAHENDUSED

Alljärgnevalt on tutvustatud tüüpilisi osaliselt salvestava kütte lahendusi. Täielikult salvestava lahendusena võrreldes siin puudub päevase tarbimisega küttekeha ja selle juhtimistermostaat. Juhtimisühendusi on käsitletud eraldi peatükis.

Ühe boileriga lahenduses paigutatakse kogu öine võimsus (salvestusvõimsus) enamasti kahe küttekehaelemendi kujul boileri alumisse ossa ja neid juhitakse eraldi öise kasutuse termostaadiga, mis paigutatakse 50...100 mm küttekeha tasandist ülespoole ja küttekeha suhtes kõrvale. Päevane võimsus (30...50 % öisest võimsusest) paigutatakse ühe küttekehaelemendina boileri keskmisse ossa. Päevast võimsust juhtiv termostaat paigutatakse 50...100 mm küttekehast kõrgemale selle kohale ja veidi kõrvale. Temperatuuripiiraja paigutatakse kas ülemisse küttekehasse, seda juhtiva termostaadi juurde või eraldi vastavale kõrgusele.

Alumise termostaadi õige sätteväärtus määratakse katsetuste teel võimalikult kõrgeks, st. maksimumväärtus enne temperatuuripiiraja toimimist (90...95 °C). Ülemise termostaadi sätteväärtus määratakse võimalikult madal, kuid samas nii, et temperatuur ja sooja vee kogus (55...65 °C) oleksid öhtul piisavad. Kui suvel kasutatakse ainult ülemist küttekeha (talve-suvelülitus), tuleb ülemise osa temperatuuriseadistus tõsta kas käsitsi või teise termostaadi abil kõrgemaks (65...75 °C).

Tarbevee soojenemine toimub boileri ülemises osas paiknevas toruspiraalis. Spiraali veesoojenusvõime oleneb selle pikkusest ja ehitusest ning seda ümbritseva vee tem-

peratuurist. Kõige tavalisem lahendus on spiraal, mis soojendab 35 liitrit vett minutiga  $+55\text{ °C}$ -ni, kui mahutivee temperatuur on  $75\text{ °C}$  (tähis = 35 l/min,  $+55/75\text{ °C}$ ).

Kandiline või ristlõikelt ovaalne mahuti on omadustelt sama hea nagu silinder. Kandilise või ovaalse mahuti eelis on hõlbus kandmine udest läbi ning kitsastes trepikodades, sest need on ümarast silindrist kitsamad.

On soovitatav kasutada tootja poolt soojusisolatsiooniga varustatud boilereid, sest isoleerimine kasutuskohal alati hästi ei õnnestu. Isolatsiooniks võib olla 200...300 mm kivivill või vastav materjal.

Kahe boileri lahendust peab kasutama siis, kui ruum või liikumisteed ei võimalda üht suurt boilerit kasutada. Vee kogumaht on sama, kuid jagatud kahe võrdse suurusega mahuti vahel. Öövõimsus suunatakse pooleks kummassegi ning päevavõimsus tervikuna sellesse mahutisse, kust võetakse ringlusvesi küttevõrku ja kus soojendatakse tarbevett. Boilerid ühendatakse paralleelselt, siis saab ühe boileri suveperioodiks välja lülitada.

Eraldi kütte- ja sooja vee boilerid. Tehniliselt hea lahendus, sest ainult kütmiseks mõeldud boileri võib jätta külmemaks kui boileri, millest võetakse ka sooja tarbevett, kogumaht jääb nii väiksemaks. Eraldi soojaveeboileri (punkt 15.8.2) võib paigutada tarbimiskohtade lähedusse, siis on soojakaod minimaalsed ja sooja vee saamine kiireneb.

### 15.9.3 DIMENSIONEERIMINE

Kütteseade tuleb alati dimensioneerida ehituspõhiste arvutuste alusel, seega on tabelis 15.3 toodud väärtused ainult normväärtused. Elektritootjal võib olla kasutusel ka omad juhiseid, mida tuleb samuti arvestada.

Salvestava kütte dimensioneerimisaste „m“ näitab, kui suur osa kõige külmemaa ööpäeva kütte- ja sooja vee energiast saadakse öise tarbimisega täielikult salvestava kütte dimensioneerimisaste on 1, osaliselt salvestaval tavaliselt 0,4...0,6.

Energiatarbimise jagunemine odavama ja kallima elektrienergia vahel oleneb dimensioneerimisastmest ja kasutatavast tarbimispaketist (tariifist).

Odavama elektrienergia osakaalu ootuspärased väärtused erinevate dimensioneerimisastmete ja tariifidega on toodud tabelis 15.4.

Boileri suurus ja salvestusvõimsus peavad olema õiges vahekorras. Boileri suurendamine tulemust ei paranda, kui võimsus on aladimensioneeritud. Päevavõimsuse suurendamine parendab soojuste saamist ka siis, kui boiler on väike, kuid samas dimensioneerimisaste langeb ja päevase elektri tarbimise osakaal kasvab. Öövõimsust on vaja umbes 8...9 W/l. Ainult kütte jaoks dimensioneeritud boileri temperatuuri kõikumine on suurem, seepärast ta vajab suhteliselt rohkem võimsust, 10...12 W/l.

**Tabel 15.3. Salvestusvõimsus ja boileri maht väikemaja pindala funktsioonina (IVO, Eesti, Lõuna-Soome tingimused).**

Ehitus		Osaliselt salvestav elektrierküte					Täielikult salvestav elektrierküte		
Soe pindala	Soojuse vajadus	Ühe boileri		Kütteboiler + eraldi tarbeveeboiler 3001 / 3 kW			Salvestus võimsus	Boileri maht	Kaitsme suurus
		salvestus võimsus	maht	Kütte salvestusvõimsus	Kütteboileri maht	Kaitsme suurus			
m <sup>2</sup>	kW	kW	liitrit	kW	liitrit		kW	liitrit	
80	4	9	1 000	6	500	3 x 25 A	13	1 500	3 x 25 A
120	6	12	1 200	9	750	3 x 25 A	18	2 000	3 x 35 A
160	8	15	1 800	12	1 000	3 x 25 A	24	2 700	3 x 50 A
200	10	18	2 000	15	1500	3 x 35 A	30	3 300	3 x 50 A
240	12	21	2 200	18	1 800	3 x 35 A	36	4 000	3 x 63 A
280	14	24	2500	21	2 000	3 x 50 A	42	4500	3 x 80 A

**Tabel 15.4. Odavama energia osakaal aastases tarbimises. Küte ja soe vesi  $W_{jv}$  ja kogutarbimine  $W_{kok}$ . Arvestatud suhtega  $W_{lv} = 18\,000$  kWh/a,  $W_{talous} = 4\,700$  kWh/a, mis jaguneb tariifide alusel öö- ja päevaenergiaks.**

Dimensiooneerimisaste	Odavama elektri osakaal aastaenergiast protsentuaalselt, kui odavama elektri aeg on							
	1		2		3		4	
	suveperiood tervikuna ja talveööd		nagu 1 ja lisaks talvised puhkepäevad		Ööd kogu aasta		nagu 3 ja lisaks puhkepäevad	
m	$w_{lv}$	$W_{kok}$	$W_{lv}$	$W_{kok}$	$W_{lv}$	$w_{kok}$	$W_{lv}$	$W_{kok}$
0,4	89	84	91	86	84	72	87	76
0,5	95	89	96	90	92	78	93	81
0,6	97	90	98	92	96	82	97	84
1,0	100	92	100	93	100	85	100	87

$M = 1,0$  on täielikult salvestav süsteem, kus kõik kütte ja sooja vee jaoks vajalik energia saadakse öisel ajal. Odavama energia osakaal kasvab ainult natuke  $m = 0,5 \Rightarrow m = 1,0$ , kui vajalik elektrivõimsus ja boileri maht kasvavad oluliselt rohkem.

## 15.9.4 KVV-KOMPONENDID

Vesikeskküte vajab paisumissüsteemi, sest vee maht muutub temperatuuri mõjul. Küttevõrgus peab sellest hoolimata säilima surve ja "üleliigne" vesi peab kusagile mahtuma. Kõige tavalisem lahendus uutes väikemajades on suletud süsteem, mille kõige olulisem komponent on membraan-paisupaak. Paisupaak on jagatud membraaniga kahte ossa. Alumine osa on avatud veevärgisüsteemi ja ülemises osas on survestatud gaas – selline on kõige tavalisem tüüp. Kui temperatuur võrgustikus tõuseb,



vesi paisub ja surub gaasi kokku. Vajalik paisupaagi maht oleneb veekogusest ja selle temperatuuri kõikumisest ning kasutatud survest. Membraaniga paisupaagi kogumaht peaks väikemajades olema üldiselt umbes 10 % küttesüsteemi veekogusest. Vana näiteks puuküttesüsteemi salvestavaks elekterkütteks vahetamisel tuleb arvestada ka suurenenud paisumisruumi vajadusega. Vanades küttesüsteemides on sageli avatud paisupaak, st. kõikide radiaatorite kohal olev avatud paak, mis mahutab temperatuuri mõjul paisunud vett. Ka selle mahutavust tuleb kontrollida boileri veemahu suurendamisel. Avatud paisupaagi kasutusmaht peab olema umbes 4 % süsteemi veemahust. Kui vana avatud süsteem muudetakse suletud süsteemiks, tuleb tagada, et vana küttevõrk talub suletud paisupaagi tekitatud survet.

Veeringluspump tagab vee ringluse radiaatorite kaudu. Valiku lähtekohad on vee vooluhulk (liitrit/s) ja survevajadus (tõstekõrgus). Vajalik vooluhulk määratletakse soovitud soojusvõimsuse ning väljuva ja saabuva vee temperatuurivahe alusel. Pumba elektrivõimsus ja tüüp määratakse vooluhulga ja survevajaduse alusel tootja diagrammide ja juhiste kohaselt, eesmärgiks tagada parim kasutegur. Väikemajades kehtivad suurusklassid on: vooluhulk 0,1...0,2 liitrit/s ja surve 0,08...0,12 bar (0,8...1,2 meetrit veesurvet). Need näitajad sunnivad enamasti valima väiksema pumba. Liiga suure jõudlusega pumba kasutamisel on kasutegur halb, radiaatorite soojuse emissiooni võimet ei kasutata intensiivselt ja ringlus võib boileris vett segada ning häirida temperatuuri tõusu boileris.

Paisupaak ja veeringluspump kuuluvad kvv-poolele. Need jäävad kapitaalremondi puhul sageli maja omaniku vastutusele, seega on täiesti põhjendatud, et elektrispetsialist oskab ka neile momentidele tähelepanu pöörata.

### 15.9.5 PAIGALDUS

Küttesüsteemi õige toimimise seisukohalt on oluline, et juhtimislülitused on tehtud vastava küttesüsteemi juhiseid järgides. Küttesüsteemi lülituskarpide ehitus ja võimalikud pikendustorud määravad, kas paigalduse võib teostada MMJ-kaablitega või kas ühendusjuhtmena tuleb kasutada kuumust taluvat kaablit või vastavaid juhtmeid torusse paigaldatuna. Detailsed juhised saab seadme tarnijalt.

### 15.9.6 VEADIAGNOOSID

Järgnevalt mõned peamiselt dimensioneerimise ja käiduga seotud probleemid, nende põhjused ja lahendused. Halva toimimise põhjuseks võib muidugi olla ka seadme rike või paigaldusviga, eriti juhtimislülitustes:

- Boiler ei soojene öösel piisavalt.
  - Öö(alumine)termostaat on vales kohas või selle seadistus on vale. Tuleb katsetamise teel leida kõrgeim võimalik sätteväärtus ilma, et vesi keema läheks (90...95 °C).
  - Mahuti on öövõimsuse suhtes liiga suur. Tuleb tõsta päevatermostaadi sätteväärtust, kui öövõimsust ei saa suurendada. Päevaenergia osakaal suureneb.
  - lüliti (suvi-talv) on vales asendis.

- Boiler soojeneb, kuid soe vesi ja soojus jäävad sageli külmadel öhtutel ebapiisavaks.
  - Süsteem on aladimensioneeritud.
  - Tuleb suurendada päevatermostaadi seadistusväärtust.
  - Tuleb paigaldada suurem päevane küttekeha.
  - Tuleb hankida eraldi soojaveeboiler.
  - Ringluspump tekitab ringluse vales suunas.
  - lüliti on vales asendis.
- Elektrit kulub palju ja katlamaja on väga soe.
  - Boiler on halva soojusisolatsiooniga. Kohapeal paigaldatud boileri isolatsioon peaks olema 200.. 300 mm kivivilla hoolikalt paigaldatuna või muu analoogne isolatsioon.
  - Regulatsioon on käsitsijuhtimisel. Sisetemperatuur varieerub ööpäeva jooksul liiga palju.
- Boilerivee temperatuur kõigub umbes 40 °C ja käsitsi reguleerimine ei suuda sisetemperatuuri stabiilsena hoida. Mõne käsitsijuhtimise lüliti saab ühendada mootoriga, kuid parem lahendus on hankida sisetermostaat ja selle juurde sobiv juhtimissüsteem koos lülitiga või välistermostaadiga juhitud reguleerimisautomaatika.

## 15.10 VAHELDUVKÜTE

Võib kasutada kombinatsiooni, mis koosneb ühelt poolt elektrist ja teiselt poolt õlist, turbast, puiduhakkest või pelletitest. Elektrikatel ja põletuskatel on sellisel juhul sama korpuse sees. Kasutatakse kolme kütmissviisi ja viis valitakse lülitiga: odava elektrienergia tarbimise ajal ja põletusenergia muul ajal, ainult elekter ning ainult põletusenergia. Vaheldumise kasutamise tariifiks on aastaaja elekter, kui muud kütust põletatakse ainult talvapäevadel ja vajadusel võetakse elekter talveöödel lisaks.

Tüüpiline väikemaja katla küttevõimsus on umbes 18 kW ja elektrivõimsus umbes 13 kW. Eraldi soojaveeboilerit ei ole vaja. Voolupiiranguautomaatika abil tullakse toime 3 x 25 A peakaitsetega.

Suurte objektide kombineeritud katelde võimsused ulatuvad 730/450 kW-ni ja kahe katla kombinatsioonil 1400/800 kW-ni. Tarbevesi soojendatakse sellisel juhul eraldi boileris.

Puidu ja elektri kasutamisel on parim lahendus boilerimahuti, mida soojendatakse kas puidukatla või mahutisse paigutatud küttekehadega. Soojus ja soe vesi saadakse boilerist nagu ka salvestava elektrikütte puhul. Küttepuid saab sellisel juhul külmal ning kõrge tariifiga ajal põletada korraga "korraliku ahjutäie". Lahendus sobib nii uusehitus- kui ka saneerimisobjektile, kui küttepuud on soodsalt saadaval.

Mitmekülgne lahendus on kolme funktsiooniga katel, milles on tulekolle, õlipõleti ja elektriküttekehad. Automaatika ja küttepuude põletamise mõistlik ajaline valik tekitavad siiski probleeme.

Vana katla kõrvale võib paigaldada elektrikatla ja kasutada sellega soodsat öö- ja/või suvetariifiga elektrit. Küttepuud, õli vms. kasutatakse katlas kallima elektrienergia tarbimise aegadel.

## 15.11 ELEKTRITERKÜTTE JUHTIMINE

### 15.11.1 PAIGALDISTE RÜHMITAMINE

Standardi EVS- EN 60364 kohaselt tuleb ohu vältimiseks ja rikke tekkimisest tulenevate häirete minimeerimiseks iga paigaldis rühmitada piisavalt mitmesse ahelasse. Lisaks peab paigaldist olema võimalik turvaliselt kasutada, kontrollida, testida ja hooldada.

Nii välditakse ohtu, mille võib ühe ahela rike põhjustada paigaldise osadele, mida peab saama eraldi kasutada. Lisaks peavad olema eraldi ahelad selliselt, et rike teistes ahelates ei mõjuta nende tegevust.

Antud juhise ja mõistliku projekteerimise kohaselt küte rühmitatakse muust tarbimisest eraldi nii varakult kui võimalik. Ühe korteriga väikemajas tähendab see peakilpi, mitme korteriga maja puhul mõõtmiskilpi või korteri rühmakilpi.

Liiga suurtest lekkevooludest tekkiva rikkevoolukaitse rakendumise või rikkevoolukaitse võimaliku vale rakendumise tõttu tekkivate kahjude ennetamiseks paigaldistes tuleb kasutada mitut rikkevoolukaitset nii, et kogu küttesüsteemi ei kaitsta ainult ühe rikkevoolukaitsemega.

Tähelepanu tuleb pöörata ka faasidele. Paigalduse valmimisel tuleb veel veenduda küttekooormuste rühmitamises. Iga kolme faasi koormus peab olema võimalikult ühtlaselt faaside vahel jaotatud.

### 15.11.2 JUHTIMISVAJADUSED

Kütte juhtimise esmane eesmärk on soovitud tingimuste (temperatuur jne.) tagamine ruumis. Lisajuhtimise vajadused tulenevad eeskirjadest, piirangutest ja ennekõike majanduslikest võimalustest. Kasutajapoolne juhtimine tähendab hoone omaniku hangitud süsteeme, mille eesmärgiks on vähendada liitumistasu ja/või elektriarve püsisummat või energiaaktsiisi. Nendeks juhtimisvõteteks on

- elektri kasutamise üleviimine kallimast ajatsoonist odavamasse
- kütuse (küttepuu või õli) kasutamine siis, kui elekter on kõige kallim
- sisetemperatuuri vähendamine üldiselt või mõnedes ruumides, kui need on tühjad (korterid, hotellid, puhkekeskused, töökohad jne.); eesmärgiks energia kokkuhoid
- elektrivõimsuste varieerumine selliselt, et tullaakse toime väiksemate peakaitsete või madalama tasulise tipuvõimsusega.

Kasutaja peab juhtimise projekteerimisel ja teostamisel täpselt järgima energiamüügi hinnakujundust ja hinna ülesehitust. Elektri müügi ajatsoonid (kallis/odav) ning vastavad hinnasuhted võivad muutuda, seda tuleb projekteerimisel arvestada ning kasutus peab suutma muutunud tingimustega kohaneda.

Elektrifirmade poolne juhtimine on suunatud samuti elektri odavamale hinnale. See põhineb kas müügihindade rakendamisjuhistel või kasutajaga sõlmitud lepingul. Juhtimise hulka kuuluvad näiteks

1. küttevõimsuse dimensioneerimisjuhis
2. küttevõimsuste (nt. elektriokeris ning osa tubade küttest) sundvaheldumine
3. hinnasuunamine, millega kompenseeritakse eespool nimetatud sundjuhtimist. Energia hind määratakse tipparbimise ajal nii kõrgeks (isegi kuni 10 korda kõrgem kui muul ajal), et kasutajal tasub siis oma kasutust piirata. Kasutajat hoiatatakse signaallambi abil kõrge hinnaga aja saabumisest ja teavitatakse ühtlasi kõrge hinna kehtivusest. Praegused kaugloetavad mõõdikud võivad tulevikus võimaldada väga mitmekesise hinnakujundus- ja teostamiskorralduste rakendamist.

### 15.11.3 LÜLITUSED

#### 15.11.3.1 Endised Sähköenergiailitto ry soovitused (varasema nimega Sähkölaitosyhdistys ry)

Elektri- ja energiafirmade nõuded erinevad üksteisest muuhulgas elektri hankimisviisi ning tarbimise struktuuri ja varieerumise osas. Erinevused tulenevad ka firmade erinevatest juhtimis-, mõõtmis- vms. süsteemidest. Segane olukord tekitab probleeme näiteks kilpide soetamisel. Võimalikult ühtse praktika tagamiseks on Sähkötieto ry koostöös teiste valdkonnas tegutsevate asutustega koostamas juhiseid selle kohta, kuidas arvestada tulevase juhtimisvõimalusi uute ja remonditavate objektide teostamisel. Praegusel hetkel on ulatuslikult kasutusel siiski veel endised Sähkölaitosyhdistys ry poolt avaldatud juhised: “Sähkölämmityskeskusten kytkentäsuositus” (“Soovitus elektriküttesüsteemide ühendamiseks”), SLY-väljaanne 7/92. Vanadel objektidel tekivad kokkupuuted nende soovitude alusel tehtud lülitustega veel aastakümneid, seetõttu on neid käsitleva teabe olemasolu endiselt vajalik. Joonistel 15.9-15.15 on toodud näiteid nendest soovitudest.

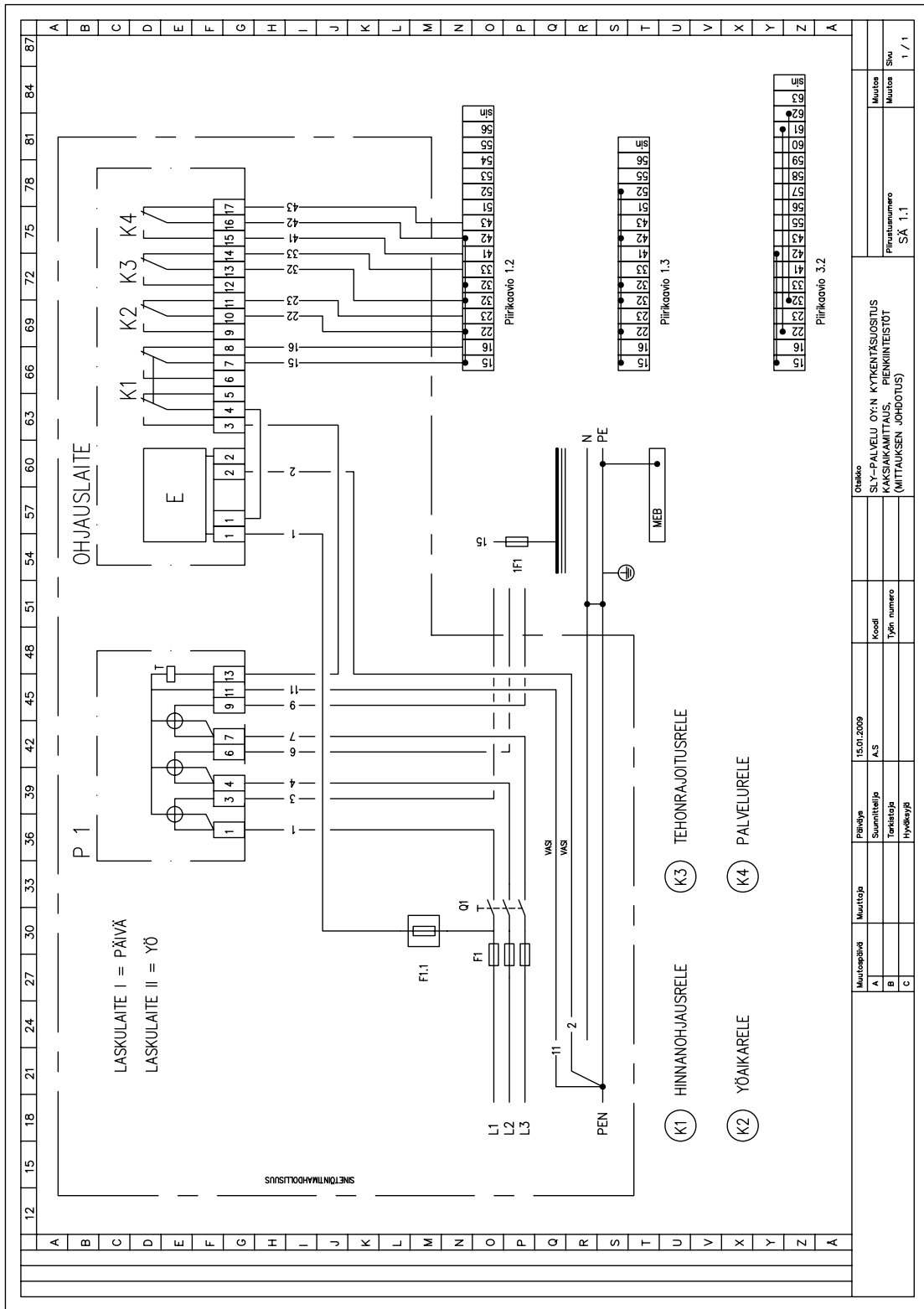
Ruumipõhise lahenduse puhul elektrifirma juhtimisseadme ööajarelee 1K11 juhib ööks sisse lülitatavat ruumikutet ja viivitusega abirelee 1K12 tarbevee kütte varahommikusteks tundideks. Normaalne viivitus on 180 min, kuid seda võib elektrifirma antud juhiste põhjal lühendada. Süsteemi kuulub lisaks võimsuse piiramise võimalus (K3) ning kerise ja ruumikütte vaheldumise lülitamise võimalus (10K11). Sooja-veeboileri päevast kasutust saab teostada käsilüliti S2 abil. Soovitus on alternatiiviks automaatne päevaküte erikontaktori kasutamisel. Teenindusreleed K4 võib kasutada näiteks välisvalgustuse juhtimiseks – kuid ainult juhtimisvooluahelates.

Osaliselt salvestava kütte ühendamisel juhitakse funktsioone käsilülitiga suve- ja talverežiimi. Suverežiimi ajal toimib ainult ülemine küttekeha. Talverežiimis soojeneb öise aja alguses esmalt ainult ülemine küttekeha ja peale viivitust jälle ainult alumised küttekehad. Näidislülitus on teostatud kolme termostaadiga: suveöö, talvepäev, talveöö. Lülitust võib mõnevõrra lihtsustada, kaustades ainult kahte termostaati ja ühendades kontaktorite 5K1- ja 5K2-toited. Käsilüliti õige suve-/talveasend määratakse soojuse vajaduse, mitte elektrifirma tariifide ajalise jagunemise alusel.

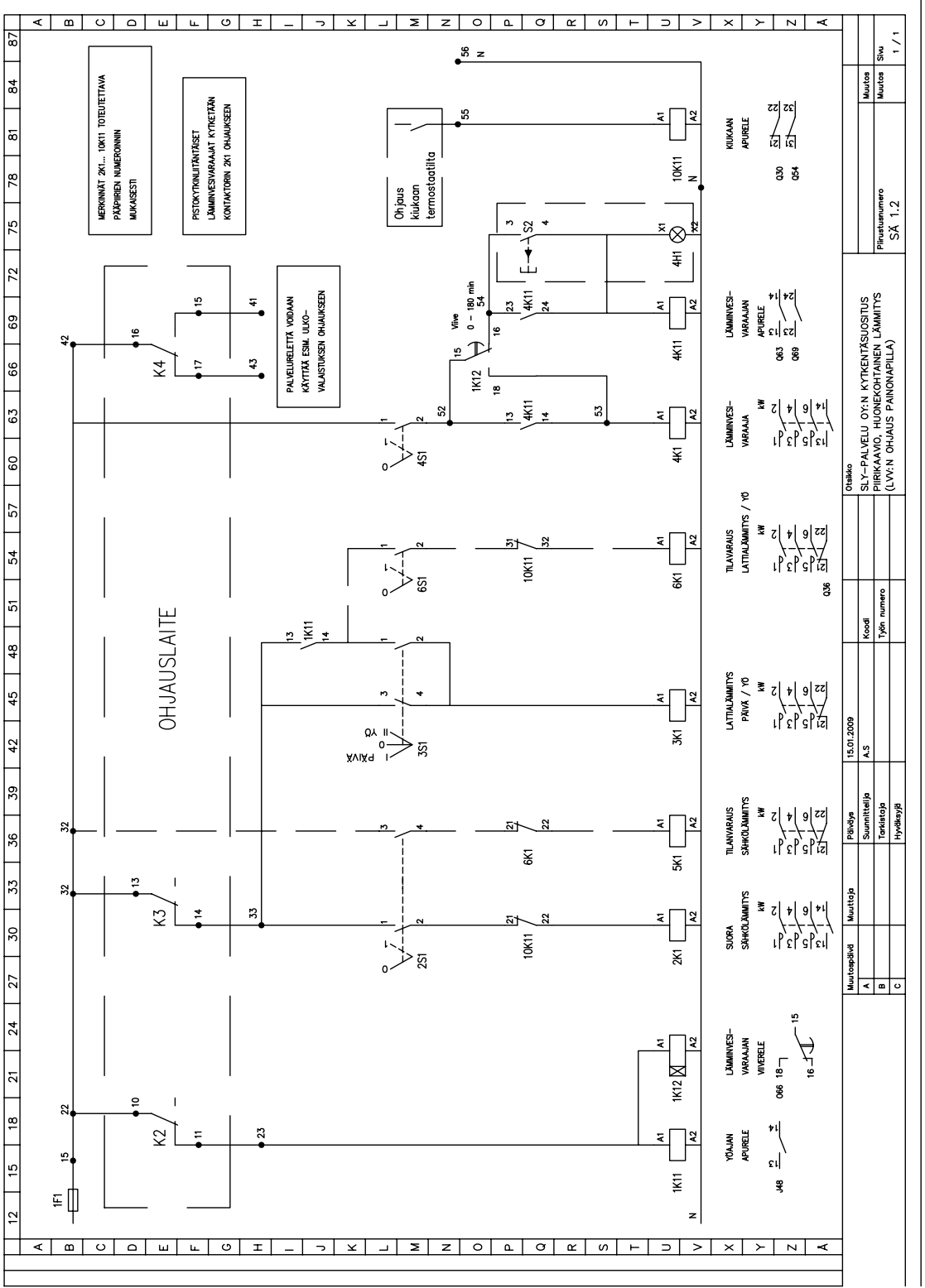
Vt. joonised 15.9.-15.15 järgmistel lehekülgedel.

### **15.11.3.2 Alternatiivne lülitus**

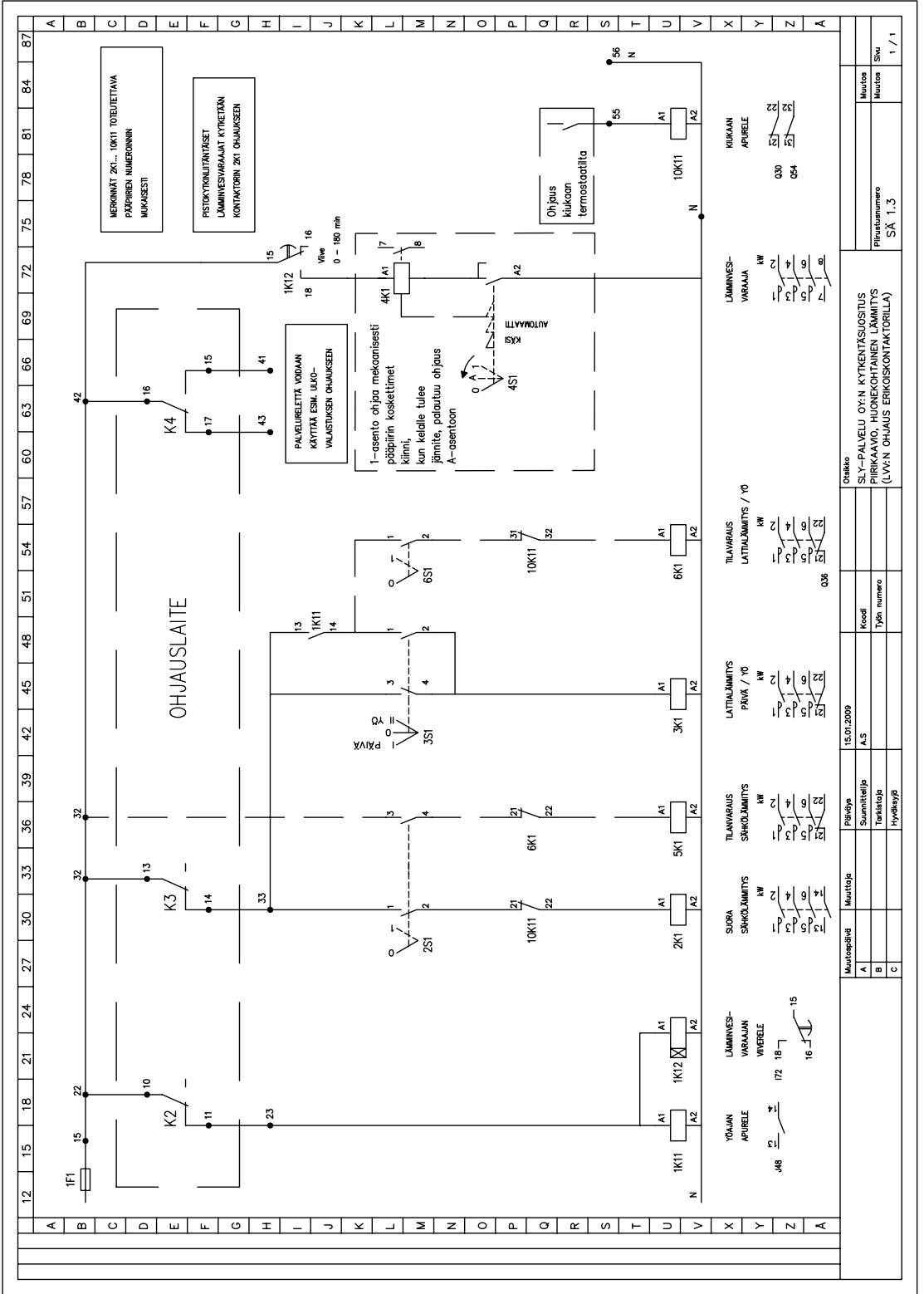
Kaasajal on juhtimislülitusnõuded osaliselt muutunud. Joonisel 15.16 on pakutud ühe alternatiivse lahenduse põhimõtte tänapäevasesse kasutusse sobitatuna.



Joonis 15.9. SLY-Palvelu Oy lülitussoovitus: kaheajaline mõõtmine, väikeelamud (mõõteseadmete juhtmestik).



Joonis 15.10. SLY-Palvelu Oy lülitussuovitus: elektriskeem, ruumipõhine küte (KVK juhtimine surunupuga)



Oraikoo				Sisällyksen muutos	
A	B	C	Muutokset	Muutos	Shu
					1 / 1

Projektiluokitus	SA 1.3
------------------	--------

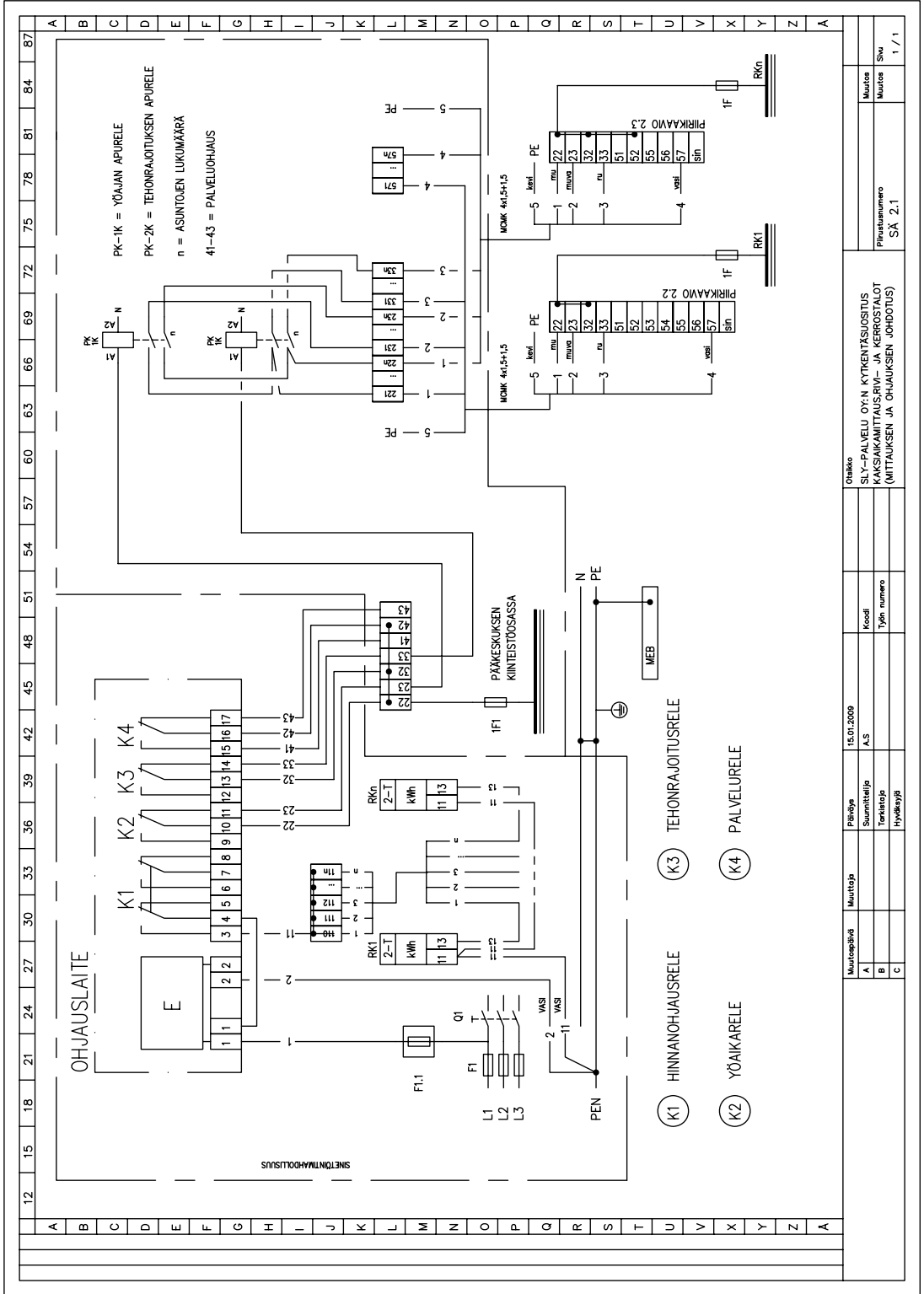
Ohjaus	SLY-PALVELU OY:N KYTENTÄSUOSTUS PIRKAANO, HUONEKOHTAINEN LÄMMITYS (LUV-N OHJAIN ERIKOISKONTAKTORILLA)
--------	---

Koodi	Työn numero

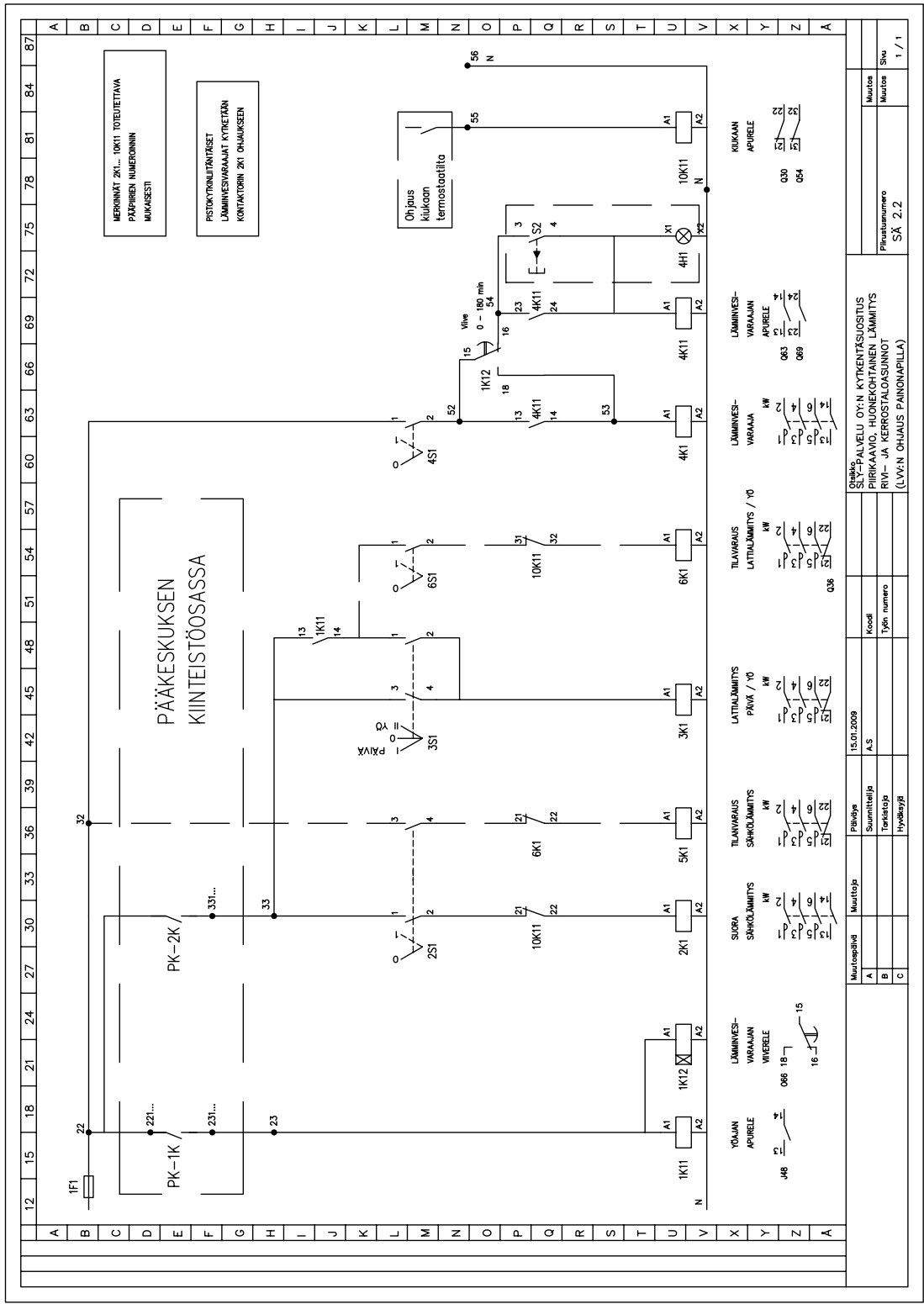
15.01.2009			AS		
Muutos	Muuttaja	Peruste	Suunnittelija	Tarkastaja	Hyväksyjä
A					
B					
C					

Joonis 15.11. SLY-Palvelu Oy lülitussuovitus: elektriskeem, ruumipõhine küte (KLK juhtimine erikontaktoriga).

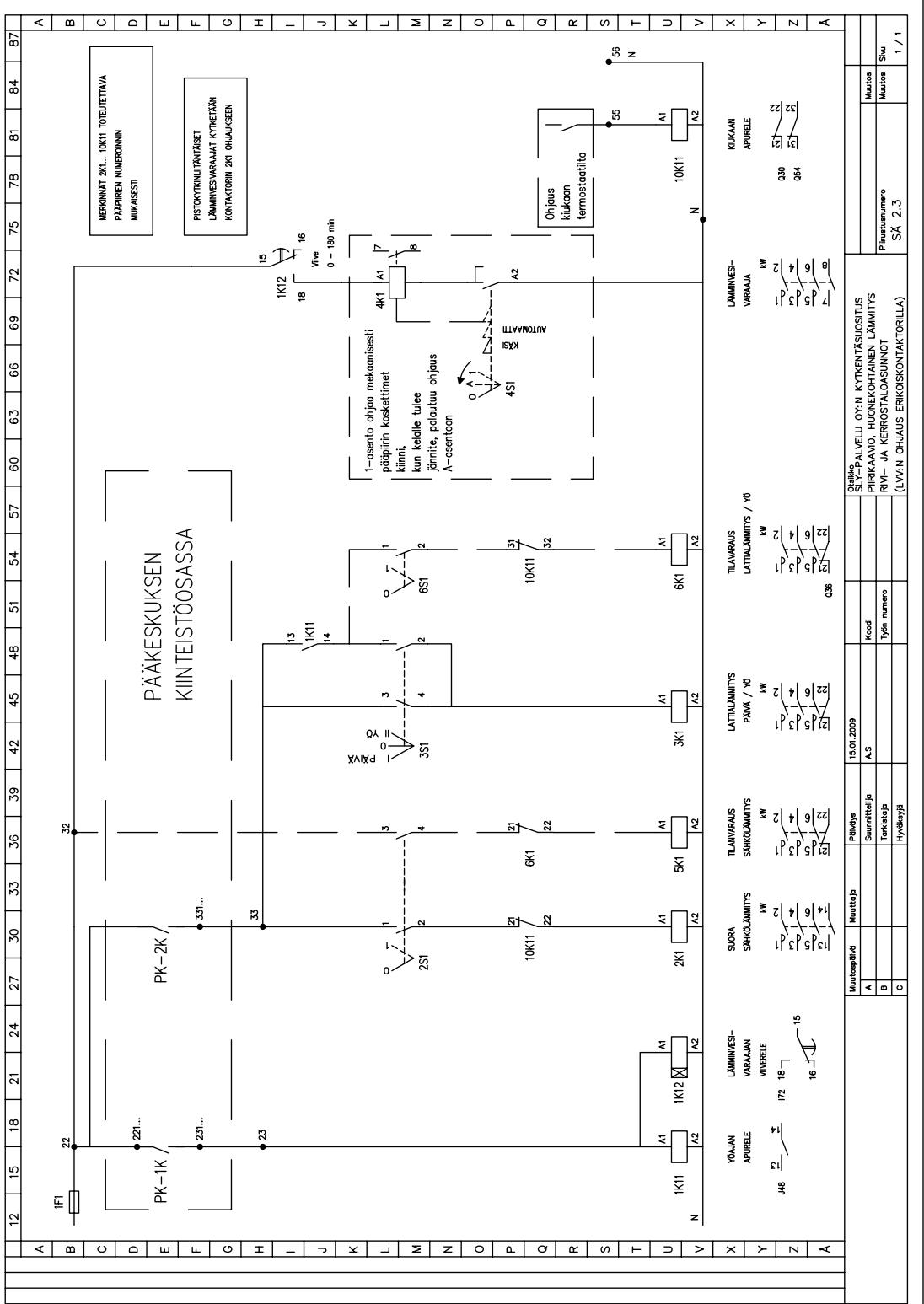




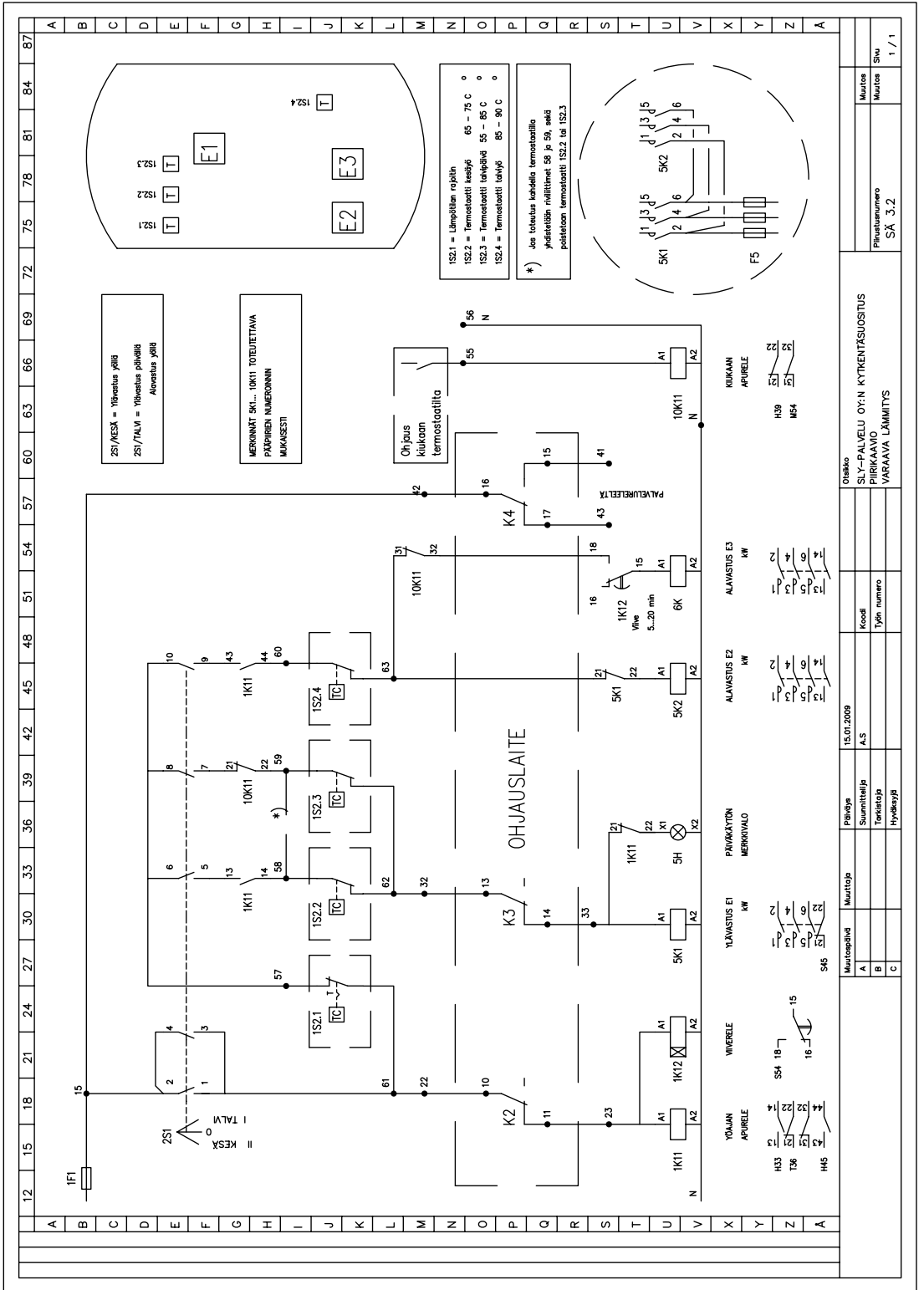
Joonis 15.12. SLY-Palvelu Oy lülitussoovitus: kaheajaline mõõtmine, rida- ja korrusmajad (mõõtmise ja juhtimise juhtmestik).



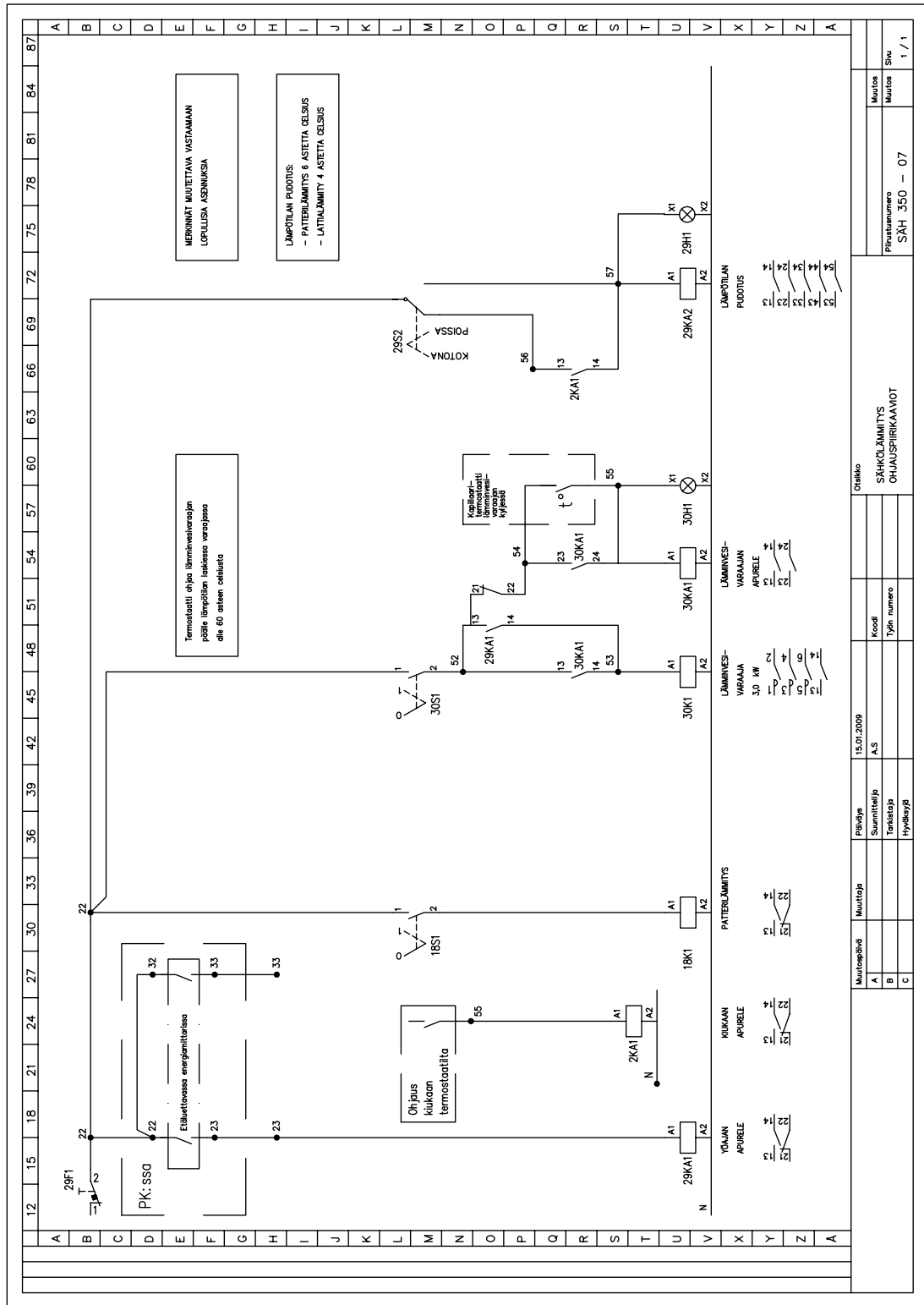
Joonis 15.13 SLY-Palvelu Oy lülitussuositus: elektriskeem, ruumipöline küte, rida- ja korrusmajad (KVK juhtimine surunupuga).



Joonis 15.14. SLY-Palvelu Oy lülitussoovitus: elektriskeem, ruumipöhine küte, rida- ja korrusmajad (KVK juhtimine erikontaktoriga).



Joonis 15.15. SLY-Palvelu Oy lälytussoovitus: skeem, salvestav küte.



Joonis 15.16. Alternatiivne SLY-Palvelu Oy-le elektriterküttejuhtimise lülitusviis.

Müüsupäev		Muutaja	Piltide	15.07.2008	Ühik	SÄHKULÄMMITYS OHJUSPIIRKAAVOT	Plaaninumero	SAH 350 - 07	Muutos	Muutos	Shu	1 / 1
A	B	C	Suunitelija	AS	Koodi							
B			Tarkistaja		Töni numero							
C			Hidelyyji									

## 15.12 ELEKTRIKÜTTE REGULEERIMISE PÕHIMÕTTED

Köetavat ala, mida reguleeritakse ühtse tervikuna, nimetatakse sageli kütte- või regulatsioonitsooniks. Lae- või elektriradiaatori kütte puhul on regulatsioonitsoon sageli üks tuba või muu ühtne ruum. Põrandakütte puhul võib regulatsioonitsoon teatud juhtudel ulatuda mitme toa territooriumile; näiteks sauna ja pesuruumi põrandaküte on sageli teostatud ühe kaablielemendiga. Samalaadset teostust kasutatakse sageli kulude vähendamiseks ka kõrval paikneva tuulekoja ja WC põrandakütteks. Nende ruumide soojusvajadused erinevad samas niivõrd palju, et eraldi regulatsiooniahelatega saavutatakse kasutuse seisukohalt oluliselt parem tulemus. Isereguleeruva küttegaabli kasutamisel väikestel pindaladel võib põrandakütteregulaatori ära jätta ning piirduda ainult käidulülitiga.

Osaliselt salvestava põrandakütte puhul tuleb vältida ühe regulatsioonitsooni laiendamist mitmele ruumile ja seda ka siis, kui kasutatakse eraldi ühtlustavat kütet. Soojusvajadused ja kasutajate poolt sobivaks tunnistatud sisetemperatuurid on erinevates ruumides erinevad, seega halvendab paljude tsoonide jaoks ühtne põrandakütte regulatsioon elamismugavust ning nõrgendab energiakasutamise optimeerimist.

Veeringlusel põhineva kütte väljuva vee temperatuuri juhitakse välistemperatuuri alusel. Salvestava kütte sisselülitajana on segamisventiil. Suurte hoonete küttevõrgustik on jagatud ehitusosade, näiteks ilmakaarte alusel mitmeks reguleerimistsooniks. Otsese veeringlusega elektrikütte puhul juhitakse elektrikatla temperatuuriregulaatori sätteväärtust. Vaha või gaasi soojuspaisumisel põhinevad radiaatoritermostaadid toimivad ruumipõhiste regulaatoritena eeldusel, et ringleva vee temperatuur on sobivas vahemikus. Veeringlusel põhineva soojusjaotussüsteemi regulatsiooni toimivuse peamine eeldus on võrgustiku põhiregulatsiooni hoolikas teostamine.

Veeringlusel põhineva põrandakütte puhul rahuldutakse sageli ainult välistemperatuuri juhtimisega. Lisaks sellele on käsitsi reguleeritavad ventiilid. Mõnedel juhtudel on need asendatud toatermostaatidega juhitavate solenoidventiilidega või kapillaaranduriga juhitavate termostaadiventilidega.

### 15.12.1 REGULAATORITE EHITUS

Elekterkütte termostaadid võib ehituse põhjal jagada mehhaanilisteks ja elektroonilisteks. Kasutusotstarbe ja asukoha põhjal räägitakse radiaatori-, ruumi-, toa-, põrandaja kombineeritud termostaatidest ning kilpi paigaldatud termostaatidest ja tsentraliseeritud reguleerimissüsteemidest.

Mehhaaniliste termostaatide eelis on nende vähene tundlikkus elektrisüsteemis esinevate häirete suhtes. Pikemal kasutamisel elektrooniliste termostaatide kontaktid kuluvad ja sädelus suureneb, mille tulemusena võib tekkida raadiohäireid. Miinuseks võib lugeda toimimisel tekkivat müra. Paljud inimesed harjuvad kontaktide avanemise ja sulgumisega kaasnevate naksatustega ja ei pea neid häirivaks. Kui valitakse ter-

mostaate näiteks rendisuvilasse või muudesse majutusruumidesse, kus elanikud vahetuvad sageli, on müravaba toimimise nõue üks elekterkütte olulisi kvaliteedinäitajaid.

Täiselektroniliste termostaatidesuurimadeelised on hääletusjahe reguleerimistäpsus. Lühiajaline töösüklil hoiab kütteseadme pinnatemperatuuri ühtlasena. Triac-põhised mudelid ei sobi enamasti kontaktorite või muu induktiivse koormuse (puhurkütteseadmed) juhtimiseks, ega kontaktorid lühiajalist töösüklit kaua ei talu. Jõupooljuhi jahutusplaat suurendab termostaadi suurust. Paljudes mudelites on jahutusplaadiga ühendatud võrgupinge, seda tuleb meeles pidada, kui seadme korpus on näiteks küttesüsteemi lülituste kontrollimise tarvis avatud. Elektronilised termostaadid, mille jõulülitiks on relee, on pooljuhipõhised ja väiksemad. Nende miinuseks on relee lülitamisel tekkiv heli. Releest lähtuvad termostaadid sobivad kontaktorite juhtimiseks, kui relee kõrval ei ole nullpunkti lülitust ja lühiajalist töösüklit võimaldavat triaci. Mitmed elektronilised termostaaditüübid peavad hästi vastu äikesest tekitatud liigpingele ja teistele elektrisüsteemi häiretele.

### 15.12.2 BI-METALLTERMOSTAAT

Mehhaanilises bimetaltermostaadis on kahest erineva soojuspaisumiskoeffitsiendiga metallist kombineeritud vedru, mis muudab temperatuuri mõjul oma kuju, avades ja sulgedes elektriühelaid katkestavaid lüliteid. Sellist reguleerimisviisi, milles kütteseadme lülitatakse sisse temperatuuri langedes allapoole sätteväärtust ja lülitatakse välja temperatuuri tõustes üle sätteväärtuse, nimetatakse sisse-välja-reguleerimiseks. Sisse-välja-regulatsioonile on omane ruumi ja kütteseadme soojusdünaamikast tulenev võnkumine, mille periood ulatub mitmest kümnest minutist mitme tunnini. Regulatsiooniseadmetega seotud hüsteres (või diferents ehk vahe), mille all mõeldakse välja- ja sisselülitustemperatuuride vahet, suurendab võnkumise amplituudi ja pikendab selle perioodi. Pikkade lülitusperioodide tulemusel tekib kütteseadmete pinnatemperatuurides suuri erinevusi.

Lülitusperioodi lühendamiseks ja temperatuuri kõikumise vähendamiseks varustatakse bimetal-termostaadid kiirendustakistusega. Pingestamine toimub selle sisse paigaldatud väikese takistiga ja küttekehaga üheaegselt. Kiirendustakistus soojendab bimetalist vedru, mille tulemusel lülitub soojus kiiremini välja kui ainult ruumi temperatuuri tõusmise mõjul. Reguleerimisviisi muutub puhtakujulisest sisse-välja-reguleerimisest võrreldava ehk suhtelise reguleerimise suunas, kus keskmine küttevõimsus on sätteväärtuse ja ruumi temperatuuri vahel. Laekütte reguleerimisel teatud laialdaselt kasutusel oleva kiirendustakistusega varustatud bimetaltermostaadi abil on lülitusperioodiks mõõdetud umbes 15 minutit. Lae katematerjali pinna temperatuur kõikus selle tulemusel alla 1 °C ja ruumi temperatuur 0,1 °C piires, mida võib pidada heaks reguleerimistulemuseks.

Bimetaltermostaatide miinus on soojusvõimsuse vajadusest olenev suur reguleerimishälve ehk regulatsiooniväärtuse nihe. Tegelikult tähendab see, et miinuskraadidega hakkab ruumi temperatuur langema. Ruumide kasutaja saab situatsiooni

muuta, seadistades sätteväärtuse kõrgema astme peale. Pakase vähenedes tõuseb sisetemperatuur asjatult kõrgeks, kui kasutaja sätteväärtust ei vähenda. Sätteväärtuse suure nihke põhjus on kiirendustakistuse liiga intensiivses toimimises. Mis väljendub ka selles, et näiteks eemalviibimise ajal toimuva temperatuuri langemise järel nõuab temperatuuri taastamine palju aega, sest termostaat katkestab kütmise juba varakult enne sätteväärtuse saavutamist. Soojenemist saab sellisel juhul kiirendada, kui valida kõrgem eesmärgipärane sätteväärtus ruumi temperatuuriga võrreldes. Koormusvool soojendab termostaadi kontakte, ühenduskohti ja muid vooluahelaid ning mõjutab termostaadi mõõdetud temperatuuri, mis omakorda nihutab sätteväärtust.

Radiaatoritermostaatides põhjustab sätteväärtuse nihet ka radiaatori soojendav mõju. Seda nähtust on püütud vältida paigutades termostaati kompenseeriva takistuse, mis on lülitatud ahelasse sel ajal, kui küttekeha on väljalülitatud. Kompenseeriva takistuse võimsust võib reguleerida temperatuurist sõltuva lülitusega. Selle toimimisviisiga püütakse hoida termostaadi andurit mõjutava ruumi temperatuuri mõõtmist häiriv soojus ühtlane ja seeläbi radiaatori enda soojendav elimineerida.

Sätteväärtuse vähendamiseks ehk temperatuuri alandamiseks, näiteks eemalviibimise ajal, võib elektrivoolu juhtida termostaadikarbis olevasse alandustakistisse, mis soojendab bimetalvedru. Andur mõõdab paari kraadi võrra ruumi temperatuurist kõrgema temperatuuri ja lülitab kütte välja madalamal temperatuuril kui tavaliselt.

### 15.12.3 LÕÖTS- JA KAPILLAARTERMOSTAADID

Suletud ruumis oleva gaasi soojuspaisumisel põhinevates mehhaanilistes termostaatides liigutab elastse membraani või lõõtsaga ühendatud mehhaanika termostaadi kontakte. Seda lahendust kasutatakse ruumitermostaadina saastatud ruumides, näiteks tööstushallides, kus kontaktid kaitseks tolmu või niiskuse eest paigutatakse kaitsekesta. Sama põhimõtte alusel on komplekteeritud ka mitmeastmelisi termostaate, mis lülitavad uusi võimsusastmeid sisse sõltuvalt sellest, kui palju langeb temperatuur alla sätteväärtuse.

Kapillaartermostaadis andurina toimiv gaasimahuti on õhukese kapillaartoru kaudu ühenduses termostaadiosaga. Kapillaartermostaatide kasutusala on väga lai: jahutusseadmed, elektriahjud, soojenduskatlad ja –boilerid, ventilatsiooniseadmed jne. Samal põhimõttel toimivaid seadmeid kasutatakse ka ülekuumenemise ja alajahtumise eest kaitsvate seadmetena. Varem on kapillaartermostaate kasutatud ka eluruumide pörandakütte reguleerimiseks, kuid kaasaegsed elektroonilised termostaadid on sellel otstarbel kasutamiseks need välja tõrjunud.



#### 15.12.4 ELEKTROONILISED TERMOSTAADID

Elektroonilise termostaadi temperatuurianduriks on tavaliselt temperatuurist sõltuv takisti. Sageli kasutatakse NTC-takistit, mille takistus ruumi temperatuuril on kiloomide suurusklassis ja temperatuuri langedes väheneb. Andur võib olla termostaati sisseehitatud (toatermostaat) või paikneda väljapool termostaati eraldi veetava juhtme otsas (põrandaküte ja kilbipaigaldusega termostaadid). Juhtmete takistus on anduri takistusega võrreldes kaduv väike, seetõttu lubavad mitmed termostaatide tootjad andurijuhtmeid isegi mitme meetri pikkuselt jätkata. Andurijuhet ei tohi paigutada toitejuhtmetega samasse torusse ning seda ei tohi paigaldada ka tugevvoolujuhtmete lähedusse või nendega samasuunaliselt, mis hoiab ära mõõtmisahelasse induksiooni tagajärjel tekkivaid elektrilisi häireid. Ainult harvade termostaadi konstruktsioonide puhul vastab mõõtmisahel kehtestatud lahkülütuse nõuetele, seetõttu tuleb temperatuuriandurisse ja selle juhtmestikku suhtuda nagu tugevvooluseadmestikku.

Reguleerimiselektronikaga on seotud potentsiomeeter või mitme asendiga lüliti, millega seadistatakse soovitud temperatuur ehk temperatuuri sätteväärtus. Temperatuuri langetamine reguleerimiselektronikas (sätteväärtuste astmeline vähendamine) võib toimuda juhtimispinge abil. Mõnedes toatermostaatides kasutatakse samalaadset meetodit nagu bimetaltermostaadis, mis tähendab, et ahelasse ühendatakse väikest andurit soojendav takisti

Reguleerimiselektronika juhib võimsuslülitit, milleks on jõupooljuht (tavaliselt triac), relee või mõlemad koos. Pooljuht lülitab või katkestab voolu selle nullpunktis, mille tulemusel elektrivõrku ei teki ebameeldivaid harmoonikuid. Pooljuhi ehitusse kuuluvas pn-ühenduses tekib alati mõne kümnendikvoldi suurune pingekadu. See pingekadu korrutatuna koormusvooluga muutub soojusvõimsuseks, mis tuleb juhtida termostaadist välja. Pooljuhi jahutusplaadi suurus on võrdeline termostaadi juhtimisvõimega. Kui triaci kõrvale ühendatakse relee, võib jahutusplaadi ära jätta. Vool liigub triaci kaudu ainult lülitus- ja väljalülitus hetkedel ning ei soojenda pooljuhti. Triaci nullpunktilylituse tõttu ei tekita relee kontaktid sädemeid ning relee talub mitu korda rohkem lülitusi- kui ilma selleta. Selle tõttu võib kasutada lühemalt lülitusperioodi kui puhta releeühenduse puhul.

Pooljuhtväljundiga või kombineeritud relee-pooljuhtväljund varustatud elektrooniliste termostaatidega reguleeritakse küttevõimsust sageli impulsslaiusmodulatsiooni põhimõtte alusel. Põhimõte on sama nagu hakkur-tüüpi võimsusallikates ehk näiteks sagedusmuundurites, kuid sagedus on mitme kümnendiku võrra väiksem. Tüüpiline lülitusperiood ehk aeg küttekeha sisse lülitamisest kuni järgmise lülitusmomendi alguseni on mõnest kümnest sekundist ühe minutini. Termostaadi poolt küttekehale edastatud pingepulsi laius on võimsusest. Kui küttekehale on vaja täit võimsust, on pinge kogu aeg sisse lülitatud. Kui on vaja näiteks 10 % võimsust, on pinge 5 s sisse lülitatud ja 45 s välja lülitatud ning jälle 5 s sisse lülitatud, 45 s välja lülitatud jne., s.o. juhul kui lülitusperiood on 50 sekundit. Küttevõimsus on lühikesel ajavahemikul kaheastmeline, 0 % või 100 %, kuid keskmise väärtuse alusel saab seda sujuvalt muuta. Tänu sellisele lühiperioodilisele impulsslaiusmodulatsioonile püsib küttekeha pinnatemperatuur ühtlane ka siis, kui täit küttevõimsust ei ole vaja rakendada.

Lühiperioodiline funktsioneerimine võib mõnedel juhtudel nõrga elektrivõrguga piirkondades põhjustada ebameeldivat pingekõikumisega seotud valgustuse vilkumist. Standardis EN 60 555-3 toodud silmatundlikkuskõvera kohaselt on näiteks 3 % pingekõikumine lubatud iga 79 s järel, 2% kõikumine 22 s ja 1% kõikumine 2,3 s järel. Kõige tundlikumalt reageerib silm 17,5 korda sekundis toimuvale pingekõikumisele. Selle sageduse puhul on lubatud 0,3 % pingekõikumine. Sagedamini kui 30 korda sekundis toimuva pingekõikumise suhtes standard piiranguid ei kehtesta.

Lihtsate RC-juhtimisskeemidega varustatud triac-väljundiga valgusregulaatorid on pingekõikumise ja ülepinge suhtes tundlikud ning süvendavad seetõttu võimalikke valgustuse vilkumisest tulenevaid probleeme. Sageli on probleem faasi- või neutraaljuhtme halvas ühenduses või puudulikult teostatud maandamises. Probleemi tekkimisel võib lahenduse leida sellest, et võimaluse korral mõjutatav valgustusahel ühendatakse pikaperioodilise funktsioneerimisega sisse-välja-regulatsiooniga varustatud põrandakütetega samasse faasi ja lühiperioodilise funktsioneerimisega termostaadiga varustatud radiaatorid ühendatakse muude faasidega. Nõrkade elektrivõrkudega piirkonnas võib kasutada suure soojusmahutavusega laekütet või radiaatoreid (kiviradiaatorid ja õliradiaatorid). Nende pinnatemperatuur püsib suhteliselt ühtlane ka siis, kui lülitusperiood on 10...20 minutit, nagu näiteks bi-metalltermostaatidel.

Impulsslaiusmodulatsiooniga 0 ja 100 protsendi vahelsuvalt reguleeritud kütteseadme keskmist võimsust juhitakse tavaliselt võrdelise reguleerimistoiminguga, mida nimetatakse ka suhte- ehk P-regulatsiooniks. Võimsus oleneb sellest, millises võrdeala punktis temperatuur on. Kui temperatuur tõuseb, võimsus väheneb ja vastupidi. Sätteväärtuse muutmine muudab võrdeala asukohta. Regulatsiooni rakenduspunkt paigutub soojusvajadusest olenevasse võrdesirge punktile. Toatemperatuur paigutub täpselt sätteväärtusele ainult teatud koormuse puhul (välistemperatuuriga). Paljudele küttejuhtudele sobiva võrdeala laius on umbes 1 °C, seega jääb see reguleerimisviisile omase püsiva reguleerimishälbe tõttu tekkiv sätteväärtuse nihe väikeseks, alla ühe kraadi. Püsivast regulatsioonihälbest on võimalik vabaneda PI-regulatsiooni abil ehk regulaatori integreerivate omaduste täpsustamise teel. Selles mõjutab võimsuse seadistust lisaks hetkelisele vahele ka sätteväärtuse ja mõõdetud temperatuuriväärtuse pikemas ajavahemikus saadud vahe.

Võrdeala pöördväärtust nimetatakse reguleerimistehnikas võimendiks. Võrdeala kitsendamise ehk võimenduse suurendamine kiirendab regulatsiooni toimimist ja vähendab püsivat regulatsiooni kõrvalekallet. Liiga kitsas võrdeala ehk suur võimendus tekitab regulatsiooni värelemist. Lai võrdeala toimib vastupidiselt ehk stabiliseerib regulatsiooni. Võrdeline regulatsioon, mille võrdeala laius on null, on tegelikult sisse-välja-regulatsioon, mille omaduste hulka kuulub pidev võnkumine. Elekteriküttetermostaatides on P- või PI-reguleerimistoimingud ning nende parameetrid (nt. võrdeala laius) seadmete sisemised omadused, mida kasutaja või paigaldaja ei saa mõjutada.

Releelähteliste elektrooniliste termostaatide puhul kasutatakse enamasti sisse-välja-regulatsiooni. Relee sageli toimuvate lülitustoimingute ja kontaktide võnkumise takistamiseks on nende regulatsioonielektronikasse ehitatud sisse hüsterees. Nende põhjuste

tõttu kujunevad releepõhiste termostaatide lülitusperioodid pikkadeks, mitmekümnest minutist tundideni ja küttekehade pinnatemperatuurid kõiguvad tugevasti. Ka toatemperatuur kõigub perioodiliselt. Põrandaküttes püsivad plaadi ja põrandapinna temperatuurid seda ühtlasemad, mida väiksem on termostaadi hüsterees.

Termostaatide ühendusahelad ja lülitusseadmed kuumenevad koormusvoolu mõjul. See põhjustab samas kestas temperatuurimõõtmisel vigu, mis väljendub sätteväärtuse nihkena. Toatermostaatidest mõõdetud nihked on küttevõimsuse vajaduse 20 protsendist 80 protsendini kasvamisel olnud 3 °C piires, mis on siiski oluliselt vähem kui bimetaliltermostaatidel. Kilbipaigaldistes ja teatud toatermostaaditüüpides kasutatakse eraldi temperatuuriandurit. Nendes ei esine sätteväärtuste nihkeid. Parimate radiaatorite tootjatel on õnnestunud häälestada oma termostaadi- ja radiaatorikomplektid niivõrd hästi toimima, et sätteväärtuse nihe jääb alla 1 °C ja ei tekita sisuliselt mingeid ebameeldivusi. Kahjuks on turul ka seadmeid, mis jätavad ka selles suhtes soovida.

### 15.12.5 TSENTRALISEERITUD REGULEERIMISSÜSTEEMID

Elektrikütte tsentraliseeritud reguleerimissüsteemides toimub regulatsioon tsooni- või ruumipõhiselt. Seadmestiku tsentraliseerimisele viitavat nimetust ei tohi segi ajada KVV-tehnikas kasutatud tsentraliseeritud reguleerimise terminiga, mille all mõeldakse kogu hoone kütte reguleerimist ühe mõõtmise alusel.

Tsentraliseeritud reguleerimissüsteemidesse kuulub kilpi paigaldatav arvutipõhine reguleerimiselektronika ja võimsuslülitid ning olmeruumidesse, näiteks esikusse või kööki paigutatud juhtpaneel. Küttekehad toiteahelaid katkestavad võimsuslülitid on tavaliselt pooljuhtlülitid, mille juurde kuulub suuremõõtmeline jahutusribi. Reguleerimiselektronika ja võimsuslülitid nõuavad suurt paigaldusruumi ja kilbi projekteerimisel tuleb arvestada nendest eralduvat soojusenergiat. Teine võimalus on kilpi tellides tellida kilbitootjalt sellesse paigaldada reguleerimissüsteem. Tsentraliseeritud regulatsioonisüsteemidele on võimalik hankida voolumõõtmisel põhinev võimsuse piiramine, mille abil kütet välja lülitades saab vajadusel kaitsta peakaitsmeid ülekoormuse eest. Selle tõtu võib teatud piirsituatsioonides kasutada ühe suurusklassi võrra väiksemaid peakaitsmeid, mis võimaldab liitumis- ja põhitasu kokku hoida.

Mõõtmiskilpides tuleb ette näha võimsuspiiramisautomaatika voolutrafodele vajalik ruum ja kinnitusvõimalused.

Tsentraliseeritud reguleerimissüsteemide eeliseks on mitmekesised programmeerimisvõimalused. Erinevatele ruumidele saab programmeerida erinevad kütterežiimid ning optimeerida seeläbi soojusenergia tarbimist. Eriti suuri eeliseid saavutatakse otsekütteseadmetega (lae-, akna- või radiaatoriküte) täiendatud, osaliselt salvestavate põrandaküttesüsteemidega. Soojuse salvestamisel massiivsesse põrandakonstruktsiooni saab kasutada ka soodsamat öötariifi. Põrandatemperatuuri sätteväärtust saab suunata näiteks välistemperatuurist lähtudes; ilma külmeneedes põrandatemperatuuri

tõstetakse. Öise aja saab jagada kaheks ajatsooniks, milles varahommikune sätteväärtus seadistatakse varahommiku tundidele ning põrandad ja ruumid on meeldivalt soojad just voodist tõusmise hetkeks.

Kasutatakse ka muid osaliselt salvestavate süsteemide juhtimispehõhimõtteid. Mõnedes tsentraliseeritud reguleerimissüsteemides kasutatakse iseõppivaid meetodeid, mis tegelike sisetemperatuuride alusel korrigeerivad automaatselt välistemperatuurist ja selle trendidest olenevaid osaliselt salvestava põrandakütte juhtimisparameetreid.

Tsentraliseeritud reguleerimissüsteemides on ka kell-lülitite funktsioone, mille abil saab juhtida nt. välisvalgustust, ventilatsiooni ning autokütte pistikuid.

Temperatuurianduritena kasutavad mõned süsteemid Pt100 takistusandureid, mille takistus on temperatuuril 0 °C 100 Ω ja temperatuuri tõustes kasvab. Mõõtejuhtmete takistuse, mille suurus on temperatuurimuutusest tulenevalt anduris tekkiva takistuse muutusega võrreldes olulise suurusega, elimineerimiseks kasutatakse kolme või nelja juhtme mõõtmist. Temperatuuriandurite nagu ka kütteseadmete toitejuhtmed tuleb tsoonide kaupa vedada kilpi eraldi. Erinevad kaabeldus lahendused võimaldavad ka võimsuslülitite hajutamist, ja vähendavad tulevikus juhtmete vedamise vajadust.

### 15.12.6 TOATERMOSTAADI JA SOOJUSANDURI PAIGUTAMINE

“Mõõda seda, mida soovid reguleerida,” kõlab üks reguleerimistehnika põhireegleid. Regulatsiooni toimimise tagamiseks peab termostaadi või toatemperatuuri anduri asukoht võimalikult hästi fikseerima nende piirkondade temperatuure, kus inimesed peamiselt viibivad. Istuva inimese keskpunkt (raskuspunkt) ja tuuletõmbuse suhtes avatud ristluupiirkond on põrandast umbes 0,6 m kõrgusel. Seetõttu on tõrjuva õhuvahetusviisi puhul soovitatav paigutada ka toatemperatuuri mõõdik 0,6 m kõrgusele. Elektriküttega eluruumide välis- ja laborimõõtmiste põhjal on 0,6 m ja 1,7 m vahel mõõdetud vertikaalsed temperatuurierinevused väga väikesed – mis tähendab, et termostaadi kõrgus ei ole reguleerimise seisukohalt otsustava tähtsusega.

Kasutusmugavuse tagamiseks tuleb termostaat paigutada suhteliselt kõrgele. Selline paigaldusviis takistab ka põrandatasapinnal roomavate kõige väiksemate pereliikmete reguleerimiskatsetuste teostamist.

Keskonnaministeeriumi ehituseeskirjade kogumiku osas D2 nimetatakse eluruumitsooniks seda ruumiosa, mille alapind ulatub põrandani, ülapind on põrandast 1,8 m kõrgusel ning külgmised pinnad seintest või muudest vastavatest püsipaigaldusega rajatise osadest 0,6 m kaugusel. Selle alusel on elektriinfo kaardil ST 51.22 (soome) toodud soovitus paigutada termostaat vähemalt vaheseinale 600 mm kaugusele välisseinast, mis võimaldab jälgida tingimusi eluruumitsooni piiril. Soovituslik kõrgus on 1400 mm. Reguleerimise seisukohalt sageli sama hea ja sisustamise seisukohalt ehk veelgi parem termostaadi paigutuskoht on vaheukse piida küljes lülititega samas reas.

Mehhaanilise ventilatsiooni puhul voolab õhk magamis- ja elutubadest uste kaudu ruumidesse, milles paiknevad väljatõmbeavad. Sellisel juhul mõõdab ukse piida juurde paigutatud termostaat üsna täpselt ruumi keskmist temperatuuri. Ka raskusjõul toimiva ventilatsiooni puhul uksepiida juurest on mõõdetud väga täpselt temperatuuri, mis vastab toa keskel mõõdetud temperatuurinäitajale. Ka lahti olev uks on oluliseks takistuseks ruumide temperatuuride ühtlustumisele, nii et naaberruum ei häiri oluliselt mõõtmisi. Kui mingil põhjusel ukse kaudu tuleb ruumi sisemusse suunatud tugev soojusvool, võib uksepiida juurde paigutatud mõõteseade anda vale tulemuse.

Termostaat tuleb paigaldada piisavalt kaugelt nii valgusregulaatorist kui ka teistest soojust tootvatest masinatest ja seadmetest. Kui toatermostaadi juurde kuulub eraldiseisev temperatuuriantur, ei tohi andurit paigaldada otse termostaadi kõrvale. Termostaati või toatemperatuuri andurit ei tohi paigutada ka küttekeha lähedusse või vahetult küttekeha alla või peale. Ka välissein ei ole hea paigutuskoh, kui just ei soovita kasutatud termostaaditüübi miinuste hulka kuuluvat suurt sätteväärtuse nihet kompenseerida. Temperatuurimõõdikut ei tohi paigutada otsese päikesevalguse kätte, kui päike ei soojenda samaaegselt kogu ruumi. Juhtmed tuleb tihendada paigaldustorudesse ja vajadusel täita termostaadi alla paigutatud seadmekarp isolatsioonivillaga, et torude kaudu liiguvad õhuvoolud või seina taga oleva ruumi erandlik temperatuur ei segaks mõõtmisi.

Suurte hoonete keskmist sisetemperatuuri kirjeldav väärtus mõõdetakse eelistatult väljapuhkeõhust.

### **15.12.7 RADIAATORITELE ÜHTLASED PINDMISED TEMPERATUURID LÜHIKESE TSÜKLIGA ELEKTROONILISE TERMOSTAADI ABIL**

Radiaatoritermostaat on paigutatud elektriradiaatori paremasse otsa. Kuigi see mõõdab ruumitemperatuuri akna alt põranda lähedalt ja ruumi viibimistsoonist üsna kaugelt, toimib elektroonilise termostaadiga varustatud radiaatoritüüpide regulatsioon laborikatsete ja praktikas saadud kogemuste põhjal väga hästi.

Radiaatorite tarvis on saadaval ka niinimetatud mikroprotsessor-termostaate, mis lülitavad kütte akna kaudu tuulutamise ajaks automaatselt välja. Oma kõrgema hinna tõttu ei ole need termostaadid siiski märkimisväärset populaarsust saavutada suutnud.

Samas ruumis paiknevad radiaatorid on soovitatav ühendada ühe termostaadi juhtimise alla. Sellisel juhul soojenevad radiaatorid ühtlaselt ja ruumitemperatuuri sätteväärtuse muutmine on hõlbus. Termostaat võib olla ühes radiaatoris, sellisel juhul muud radiaatorid on paralleelsed küttekehad, millel on ainult sisselülitamis lüliti. Mainitud juhtimisviisi nimetatakse „isand-ori“ juhtimiseks. Juhtimise projekteerimisel tuleb arvestada tootja antud termostaadi koormatavuse andmeid.

Radiaatorikütet saab reguleerida ka seinale paigutatud toatermostaadiga, kilpi paigaldatud termostaadiga või tsentraliseeritud reguleerimissüsteemiga. Termostaadiks tuleb valida lühikese tsükliga täiselektroniline või ühendatud triac-releeväljunditega varustatud mudel, mis tagab hea reguleerimise lõpptulemuse ja radiaatorite pindmise temperatuuri ühtluse. Lülitusperioodi pikkus on neil termostaatidel samas suurusjärgus nagu kvaliteetsetel radiaatoritermostaatidel ehk kümnest sekundist umbes kahe minutini. Suurte ruumide radiaatorikütte juhtimisel kasutatakse pooljuhtreleesid, türistor- või triac-regulaatoreid, kui ei piirduta radiaatoriga ühendatud termostaatide alg sätteväärtuste reguleerimisega.

Ajutise küttekeha puhul ja siis, kui madalad kulud on tähtsamad kui elektrikütte kvaliteetne teostus, kasutatakse bimetalltermostaate. Suurtes ruumides kasutatakse vastavalt toatermostaadiga või kinnistu automatiseeritud süsteemiga juhitud kontaktoreid. Mõlemad teostusviisid põhjustavad harva ühendussageduse, mille tulemusel radiaatorite pindmised temperatuurid varieeruvad toatemperatuurist maksimumväärtuse ni. Toatermostaadiga juhitud küttekehade toiteks ühendatud kontaktor sobib eemalviibimise aegseks vähendatud temperatuuri reguleerimiseks näiteks suvilates.

Mõnede vanade radiaatorilahenduste puhul on küttevõimsuse vähendamiseks ja pinnatemperatuuri reguleerimiseks kasutatud dioode. Standardile EN 60 555-2 vastav ühendus ei ole antud kütteseadmete puhul soovitatav, sest põhjustab elektrivõrgule kahjulikke harmoonikuid. Dioodiühendust võib lubada ainult madala, alla 200 W võimsusega seadmete puhul või sellistes seadmetes, mida kasutatakse ajutiselt, näiteks föönides vms.

## 15.12.8 PÕRANDAKÜTTE REGULEERIMINE

Kivipinnaga põrandate sobiv pinnatemperatuur on meeldiva temperatuuri tagamise seisukohalt väga oluline. Palja jala all on optimaalne temperatuur 26...28,5 °C. Niiskete ruumide põrandakütet reguleeritakse tavaliselt põrandatermostaadiga, mis mõõdab plaadi temperatuuri. Kuna kivipinnaga põrandad jahtuvad kiiresti, ühendatakse need sageli otsekütteks. Pehmete ilmadega võivad elanikud valida kütmiseks soodsama öötariifi, seetõttu tuleb kilbiühendustesse jätta võimalus selliste osaliselt salvestavatest põrandakütete regulatsioonist sõltumatuks öiseks kasutusvõimaluseks.

Temperatuurianduri tarvis küttekaablite vahele ja nendega ühesuunaliselt paigaldatakse M20-plasttoru. Mõnesid andureid võib olla raske väiksema toru paindekohast läbi viia. Vajadusel võib kinnitada anduri lõdvalt tõmbevedru külge ning lükata selle abil õigesse kohta. Termostaat ja andur paigaldatakse elektritööde viimases faasis.

Anduritoru ots suletakse korgiga või surutakse kokku, painutatakse ning tihendatakse teibiga takistamaks betooni tungimist torusse valamise ajal. Anduritoru peab ulatuma mitukümmend sentimeetrit köetava pinna sisse, sest eesmärgiks on mõõta plaadi keskmist temperatuuri. Toru tuleb kinnitada tugevasti takistamaks paigast nihkumist betooni valamise ajal. Anduritoru ei tohi olla kontaktis küttekaabliga. Kui

toru tuleb mingil põhjusel vedada üle kaabli, peab veenduma, et toru ja kaabli vahele jääb mitme sentimeetri paksune betoonikiht. Tavalise põrandatermostaadi kasutamisel ühendatakse anduritoru ja küttekaabli külma otsa kaitseks paigaldatud mõlemad torud samasse karpi.

Niiskete ruumide põrandatermostaadi võib (on soovitatav, kuna ei sa lihtsalt tagada nõtavat IP astet) paigutada kuiva ruumi naaberruumi poolele, peaasi, et anduritoru on paigaldatud köetavasse põrandasse. Siis ei pea soetama veidi kallimat pritsmekaitstud termostaadimudelit.

Kui anduritoru on ummistunud, ära ununenud või ei sobi näiteks saneerimisel põrandakonstruktsiooni, võib kasutada ilma temperatuurimõõtmise funktsioonita võimsuse regulaatorit. Seadmes on püsiv, paarikümne sekundi pikkune lülitusperiood, millest kaabel saab pingestatud võimsusregulatsiooninupuga määratud koguses. Tegemist on seega sama impulsi laiuse modulatsiooni põhimõttega, mida kasutatakse elektroonilistes termostaatides, kuid ilma temperatuuri tagasiühendamiseta.

Kombineeritud termostaadid sobivad põrandakütte reguleerimiseks ruumidesse, kus õhu temperatuuri soovitakse püsivalt samal tasemel hoida. Põhimõtteliselt toimivad need nagu jadaühendusega põranda- või toatermostaadid. Plaadi temperatuuri mõõtmine toimib piirajana, hoides ära pinnatemperatuuri liiga kõrgele kerkimise. Sageli on reguleerimisnupp korpuse sees ja nähtaval on vaid toatemperatuuri seadistusnupp. Tegelikult reguleerib kombineeritud termostaat põrandakütet ruumi temperatuuri alusel. Küttevajaduse suurenemisel põranda pindmine temperatuur tõuseb ja vähenemisel langeb. Kombineeritud termostaadiga reguleeritud põrandaküte suudab kompenseerida välistemperatuuri kõikumisi paremini ja hoida toatemperatuuri ühtlasemana kui lihtsalt põrandatermostaat. Samuti reageerib see tõhusamalt muude soojusallikate, näiteks kamina või päikesekiirguse tekitatud soojusele.

Põranda pindmine temperatuur võib elamismugavust kahjustamata varieeruda seda rohkem, mida halvem on põrandapinnakatte soojusjuhtivus. Kork- ja puitpinna palja jala all meeldiv varieerumisvahemik on 23...28 °C ja PVC-katte puhul 25,5...28 °C. Parkett aeglustab põranda soojuseraldust ning seetõttu sobib see materjal eriti hästi osaliselt salvestava põrandakütte pinnakatteks. Osaliselt salvestavat põrandakütet saab juhtida ööajal tariifikellaga, kui sellel on mõtet seoses sõlmitud elektrienergia tarbimispaketile. Päevase kasutamise võimalus tagatakse termostaatidega, mille õine sätteväärtus on kõrgem ja päevane madalam.

Välistemperatuuri võrdleva või juhitud põrandakütte termostaat lülitab sisse põrandakütte välistemperatuurist sõltuvaks ajavahemikuks hommikupoole ööd. Juhtimisviisi eeliseks on asjaolu, et öisel ajal püsib maja meeldivalt jahe ja hommikul voodist tõusmise ajaks muutub kõige soojemaks. Mida käreدام pakane, seda varem lülitub põrandaküte sisse. Välistemperatuuri, mille puhul kaablid lülituvad sisse kohe öise elektritariifi alguses, ning samuti kõrgeimat temperatuuri, mille puhul põranda soojendamine veel jätkub, saab eraldi seadistada. Kuludest tulenevalt võib rahulduda ühe

kilpi paigaldatud välistemperatuuri võrdleva pörandaküttetermostaadiga, mis juhib kõikide salvestavate küttekehade toitesahelates olevaid kontaktoreid. Lisaks neile võib kasutada ruumipõhiseid termostaate, millega piiratakse temperatuure neis ruumides, kus temperatuur kipub ebameeldivalt kõrgele tõusma. Igasse ruumi tuleb juhtimisvõimaluse tagamiseks paigaldada eraldi reguleerimislülitid.

### 15.12.9 SOOJUSKIIRGURITE JUHTIMINE

Rõdudel ja teistes välisruumides lisamugavust loovate kiirgurite reguleerimislüliti tuleks varustada taimeriga või vähemalt nähtavasse kohta paigutatud signaallambiga, et küttekehad ei jääks asjatult sisse lülitatuks.

Tööstus- ja spordihallide soojuskiirgurite elektrivõimsust reguleeritakse tavaliselt toa-termostaadi või automaatsüsteemi abil juhitud kontaktoritega. Tööstushallides rahuldab töömasinate jääksoojus suure osa päevasest soojusvajadusest. Kiirgureid kasutatakse peamiselt hommikupoole ööd varajaseks ülessoojendamiseks, mille käigus soojus salvestub halli konstruktsioonidesse. Sageli on soojuskiirgurid paigutatud kõrgele ja toimivad aktiivselt, mistõttu inimesed ei märka pika tsükliga reguleerimisviisist tulenevat kiirgusmõju muutumist. Kui kiirgusmõju soovitakse osaliste koormuste abil ühtlustada, tuleb kasutada lühikese tsükliga elektroonilisi termostaate, pooljuhtreleesid, triac- või türistorregulaatoreid, ning siis baaslahendusega võrreldes kasvavad ka kulud.

### 15.12.10 SOOJUSSALVESTI JÄÄTUMISE KAITSE

Väljapuhkeõhus sisalduv niiskus kondenseerub soojussalvestis. Kui soojussalvesti pindade temperatuur langeb alla nulli, niiskus jääb ja võib ummistada soojusvaheti sõrestiku. Väikemajade soojussalvestusseadmetes kasutatud ristelementidega soojusvahetite jäätumiskaitse tagatakse tavaliselt kapillaartermostaadiga. Termostaat seisab välisõhu sissepuhke, kui väljuva õhu temperatuur langeb peale soojusvahetit alla +8...+10 °C. Väljapuhkeõhk sulatab elementi. Kui termostaadi andur on paigutatud nn. külma nurka ehk sissetuleva külma välisõhu lähedusse ning kaugemale siseruumidest tulevast soojast väljapuhkeõhust, võib sätteväärtus olla isegi +2 °C. Väärtus peab olema alati selgelt üle nulli. Kui element jääb, soojusülekanne nõrgeneb ja väljapuhkeõhu voo kiirus kasvab, seega ei saa peale elementi mõõdetud väljuva õhu temperatuur enam oluliselt neist näitajatest allapoole langeda.

Mõnedes ventilatsiooniseadmetes kasutatakse eelküttekeha, mida paigaldatakse enne soojusvahetit ja mis hoiab ära elemendi jäätumise. Kinni külmumine toimub aeglaselt, seega võib sulatamise põhimõtteliselt seadistada ka elektrienergia öötariifi kehtimise ajaks.



### 15.12.11 SISSETULEVA ÕHU RADIAATORI REGULEERIMINE

Väikemaja ventilatsiooniseadmete järelkütteradiaatori toimimist juhib enamasti seadme juurde kuuluv kapillaartermostaat.

Kui on vaja tagada sissetuleva õhu ühtlane temperatuur, kasutatakse alla 20 kW võimsusega täiesti sujuvalt reguleeritavat türistor- või triac-regulaatorit. Suuremate radiaatorite puhul kasutatakse niinimetatud binaarset astmelist regulaatorit, mis lülitab sissetuleva õhu radiaatori võimsusastmed vajaduse korral sisse. Õhu temperatuuri muudatuse lahendab väike võimsusaste, mis enamasti vastab 1...2 °C. Ruumi soojusmaht võimaldab pidada ruumitemperatuuri soovitud tasemel näiteks 0,5 °C täpsusega. Kuna peenregulatsiooni teostav võimsusaste lülitub sageli sisse ja välja, tuleb see ilmselt varustada pooljuhtrelega või türistorregulaatoriga. Kui sisse- või välja lülitamine toimub näiteks kord minutis, saavad tootjate poolt tavaliselt kontaktorite vastupidavuseks lubatud 100 000 lülituskorda täis kahe ja poole kuu jooksul ning miljon lülituskorda paari aasta sees!

Juhtimislülitus peab hoidma ära ventilatsioonikanalisse paigutatud küttekeha sisse lülitamise, kui puhurid ei ole sisse lülitatud. Ühtlasti on takistite vastupidavuse tagamiseks ja ajutiste pindmise temperatuuri ületamise takistamiseks kasutatud järeljahutust, kus puhur töötab peale küttevõimsuse väljalülitamist veel paar-kolm minutit ja tagab sellega radiaatori jahtumise.

Küttekeha pindmised temperatuurid ei tohi ventilatsioonikanalis tõusta üle 100 °C. Selle tagamiseks peab olema kaks teineteisest sõltumatut temperatuuri piiramiseseadet. Kontaktori tüüpiliseks veaks on kontaktide kinnikiilumine. Ka türistor või triac võib kahjustuse tõttu jääda juhtivaks. Ainult juhtimisvooluahelasse paigutatud temperatuuripiiraja võib mitmel juhul tarbetuks osutada. Seetõttu peab piiraja suunama reguleerimiseks kasutatud kontaktoritest eraldi samasse ahelasse ühendatud kontaktorit või näiteks rakendama pealülitit.

### 15.12.12 ELEKTRIKATELDE JA KÜTTESALVESTITE REGULERIMINE

Elektrikateldele sobivad suure (umbes 10 °C) hüstereesiga (lülitusdiferentsiaal) termostaadid. Elektrikatla veemaht on väike ja temperatuurimuutused kiired, seega vähendab suur hüsterees kontaktide toimimist ja pikendab nende kasutusiga. Võimsuse reguleerimise probleem on sama nagu sissepuhkeõhu radiaatorite reguleerimisel. Lahenduseks võib olla pooljuhtreleede ja täiesti eraldi toimivate temperatuuripiirajate kasutamine.

## 15.13 ELEKTRIKERISED

### 15.13.1 EESKIRJAD, JUHISED

Elektrikeriste ehitusnõuded on toodud standardis EN 60 335-2-53. Saunade puhul rakendatavad paigaldusnõuded on toodud standardi 6000 osas 703.

### 15.13.2 KERISE DIMENSIONEERIMINE

Elektrivõimsuse dimensioneerimise lähtekohaks võib pidada sauna kubatuuri. Kõik kubatuurist lähtuvad mõõtmed on arvutatud täieliku soojusisolatsiooniga saunade kohta. Tuleb arvestada, et 1 m<sup>2</sup> kivi- või klaaspinda vastab võimsusklassifikatsioonis 1,5 m<sup>3</sup> võimsusele. Valige seda arvestades õige võimsus. Kõik soojust salvestavad kerised nõuavad täieliku soojusisolatsiooniga sauna. Isolatsioon mõjutab sauna tervikuna.

Kerise kivide kogus oleneb suuresti kerise mudelist. Kivide kogus mõjutab otseselt võimsusvajadust ja kütmissaega. Kerisekivid tuleb laduda kerisele kerisetootja juhiseid järgides ja kasutada võib ainult tootja lubatud kive. Paljud kerisetootjad on keelanud nn. keraamiliste kivide kasutamise, sest need vähendavad tootjate andmetel kerise kasutusiga. Tüüpiline viga on kerise täitmine ülemäära suure kivide kogusega.

Ventilatsiooni teostusviis mõjutab võimsusvajadust. Kerisetootjate tootetutvustustest leiab igale kerisele sobivad ventilatsiooni teostamise variandid iga ventilatsioonisüsteemi kohta. Ehituseeskirjade kogumiku osas D2 (soome) toodud nõue näeb korteri- ja majasaunade leiliruumides ette õhuvahetuse umbes kolm korda sauna kubatuuri võrra tunnis ja eraldi hoones paiknevates saunades umbes 15 m<sup>3</sup> välisõhku tunnis ühe inimese kohta.

### 15.13.3 KERISE VALIK

Lisaks ohutusjuhiste ja vajalikule võimsusele mõjutavad kerise valikut ka kasutus- ja juhtimisviis ning paigalduskoht.

Korterisaunades on kõige tavalisem lahendus seinale kinnitatav keris, mille juhtimiseadmed paiknevad kerises või eraldi juhtimispuldil.

Kui saunas käiakse sageli, vähemalt kolm korda nädalas, ja soovitakse, et saun soojeneks kiiresti, valitakse eelküttega keris. Sellises kerises on palju kive, keris on hea soojusisolatsiooniga ja varustatud kaanega. Kerisekivid hoitakse väikese 200...300 W võimsuse abil pidevalt leiliviskamiseks parajal temperatuuril. Täisvõimsust on vaja alles vahetult enne saunaminekut. Suur kivikogus (nt. 100 kg) ei mõjuta täisvõimsuse dimensioneerimist, sest eelnev soojendamine ei ole vajalik. Kerises peab olema kivide temperatuurile reageeriv termostaat.

Majades ja asutustes paiknevate saunade nõuded on eelmisest mõnevõrra erinevad. Võimsusvajadus ja kivide kogused on suuremad. Kerised paigaldatakse põrandale. Juhtimiskeskus on kerisest eraldi (vt. punkt 15.13.4, Juhtimine). Kui saunaskäijate arv on kõikum, võib kasutada kahe termostaadiga juhitud kerist. Leiliruumi kütmise võib korraldada eraldi küttekeha asemel kerisega, millel on ruumiküttefunktsioon.



---

**Joonis 15.17. Kerise juhtlülitite asukohta tuleb kindlasti arvestada.**

---

### 15.13.4 JUHTIMINE

Elektriandmete kaart ST 55.21 (soome) jagab kerised nende juhtimisviisi alusel järgmistesse tüüpidesse:

- juhtimis- ja reguleerimisseadmed paiknevad kerise sees
- eraldi juhtimiskeskus
- automaatsed ja kaugjuhitavad keskused
- ruumi küttekehana toimivad kerised
- pidevas kasutusvalmiduses hoitavad kerised
- kahe termostaadiga juhitud kerised
- automaatselt võimsust muutvad kerised.

Sisseehitatud juhtimis- ja reguleerimisseadmetega keris on soetus- ja paigalduskulude poolest kõige soodsam lahendus ja seetõttu korterites paiknevates saunades kõige

enamkasutatud lahendus. Erinevaid konstruktsioonilahendusi on rohkesti, võimsus jääb enamasti alla 10 kW. Seinale paigaldatud termostaat jälgib saunaskäigu temperatuuri paremini kui kerise termostaat. Oluline on, et juhtimisseadmed paiknevad sellisel, et neid on hõlbus kasutada.

Eraldi juhtimiskeskus paigutatakse enamasti kuiva ruumi, näiteks riietusruumi. Temperatuuri reguleeritakse eraldi saunatermostaadiga, mis on tavaliselt varustatud ka temperatuuripiirajaga. Teostusviisilt on see termostaat enamasti kapillaar- või elektrooniline termostaat, ja temperatuuri seadistatakse juhtimiskeskusest. Lahendus sobib mistahes suurusega keristele ja on enamkasutatud üle 10 kW keristes. Kuni umbes 15 kW-ni juhtimiskeskus on ühe rühmaga ja suuremate võimsuste puhul - 2...4 rühmaga.

Automaatne ja/või kaugjuhitav keskus on vajalik maja-, avalikes ja asutuste saunades, sest kerise sisselülitamise kestust peab saama usaldusväärselt juhtida. Katkematu sisselülitusaeg on piiratud vastavalt kerisetootja juhiste, millele peab tingimata järgnema kerisetootja poolt määratud paus. Peale pausi võib kerise uuesti sisse lülitada.

Regulaarselt teatud intervalliga kasutatavad saunad, näiteks hotellides ja töökohtadel, võib varustada vajalikule ajahetkele seadistatud taimeritega. Asutuste saunades ei tohi termostaat olla saunaskäijate reguleerida.

Ruumi küttekehana toimivates keristes on kaks võimsust, kerisevõimsus ja ruumi küttevõimsus. Lisaks saunatermostaadile kasutatakse toatermostaati. Küttekeha võimsus on 5...10 % sauna võimsusest. Alla 10 kW võimsusega saunakerise juhtimisseadmed võivad paikneda kerises – suuremates juhtimiskeskustes. Ruumi kütte võib soovi korral (näiteks suveks) välja lülitada.

Pidevalt leilivõtmiseks valmis või ööelektrit kasutavat salvestavat ja soojusisolatsiooniga kerist juhitakse temperatuuri hoidmise või tõstmise käigus kivide temperatuuri alusel. Nii välditakse ülekuumenemist ja asjatut energiakulu. Õige seadistustemperatuur leitakse katsetamisega. Saunaskäigu ajal juhitakse kerise toimimist sauna temperatuuri alusel.

Kahe termostaadiga ja kahe takistigrupiga varustatud kerises on kaks takistirühma. Üks soojendab ainult saunaruumi õhku ja selle toimimist juhitakse seinal oleva termostaadi kaudu. Teine takistigrupp soojendab kerisekive ja seda juhitakse nende temperatuuri jälgiva termostaadi abil. Regulatsioon on koondatud juhtimiskeskusesse. Keriste võimsused on enamasti vähemalt 12 kW. Need lahendused sobivad saunadesse, kus leili ja soojusvajadused on väga kõikuvad – näiteks avalikud saunad. Süsteem võimaldab kehtestada ka madalama temperatuuri, et saada niisket leili.

Automaatselt võimsust muutva kerise toimimisviis on sama nagu eespool kirjeldatud, õhu ja kivide soojendamise toimub eraldi. Automaatika ei lase kerisel kogu võimsust korraga sisse lülitada, küttekehad lülituvad vaheldumisi sisse vastavalt saunas käimise ja leili võtmise intensiivsusele. Vajalik võimsus on umbes 75 % ühendusvõimsusest.

## 15.13.5 PAIGALDUSED

### Kerise paigaldusjuhised

Kerise komplekti kuuluv paigaldus- ja kasutusjuhend määratleb tingimused ja kasutusviisid, milleks konkreetne keris on mõeldud. Juhis hõlmab nt. juhtimis- ja ühendusviisi ja –materjalide, kiviruumi täitmise ja sauna ehitusmaterjalide kohta kehtivaid nõudeid ning teavet selle kohta, millise suurusega leiliruumi keris on mõeldud. Paigaldus- ja kasutusjuhend peab jääma kerise kasutaja käsutusse.

### Kerise asukoht

Kerise ja selle asukoha valimisel tuleb arvestada paigaldusjuhistes nimetatud kerise ehitusest tulenevaid nõudeid. Enamasti viitavad need nõuded kerise ja leiliruumi muude konstruktsioonide minimaalsele vahekaugusele. Sellisteks vahekaugusteks on näiteks kerise ülaosa ja lae vahekaugus, kerise ja põranda vahekaugus ning kerise ja eri külgede ja tuleohtlike konstruktsioonidetailide vahekaugus horisontaalsuunas. Kui keris on lubatud paigaldada seinale või põrandasüvendisse, on juhendis antud süvendi nõutavad mõõtmed. Minimaalsetest vahekaugustest tuleohtlike konstruktsioonideni tuleb kinni pidada ja kasutada mittesüttivast materjalist kaitsekonstruktsioone. Kui juhtimiseadmed paiknevad kerises sees, siis peab nende asukoht olema selline, et neile on kerge ligi pääseda.

### Elektripaigaldised

Kõik sauna leiliruumi kohta kehtivad elektripaigaldise käsitlevad standardi EVS-EN 60364 osa 703 nõuded.

Leiliruum jagatakse peatükis 10.7.3 oleva joonise 10.7 alusel kolme tsooni. Seadmete kaitseaste peab olema vähemalt IP24.

- 1. tsoon: Lubatud on ainult keris ja selle kasutamiseks vajalikud elektriseadmed.
- 2. tsoon: Elektriseadmete kuumustaluvusele ei seata mingeid erinõudeid.
- 3. tsoon: Elektriseadmed peavad taluma vähemalt 125 °C keskkonna temperatuuri.

Muid, mitte kerise juurde kuuluvaid lülitusseadmeid, ei ole lubatud leiliruumi paigutada. Leiliruumis ei tohi olla ka pistikupesid. Leiliruumi paigaldatavad elektriseadmed (nt. soojaveeboiler lava alla) tuleb varustada 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsega.

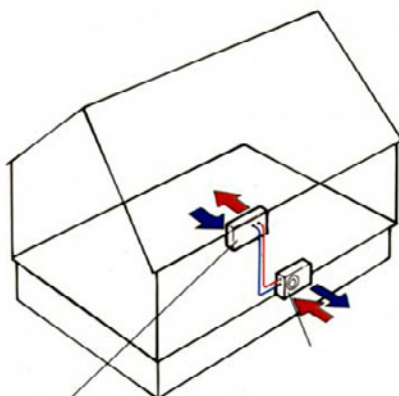
Keris ühendatakse elektrivõrguga enamasti poolpüsiva paigaldusega. Ühenduskarp paigutatakse ülaservast maksimaalselt 50 cm kõrgusele põrandast ja soovitatavalt väljapoole kerise horisontaalsest minimaalvahekaugusest teiste konstruktsioonideni.

Kerise kasutusjuhendis on öeldud, millist ühendusjuhet on lubatud kasutada. Kõikidel juhtudel on piisav kasutada 170 °C kuumust taluvat juhet. See võib olla kaabel või lubatud kaitsetorusse veetud VSS-juhtide moodustatud ühendusjuhe.

Seinale paigutatud saunatermostaadi juurde veetud juhtmeks valitakse 170 °C kuumust taluv juhe.

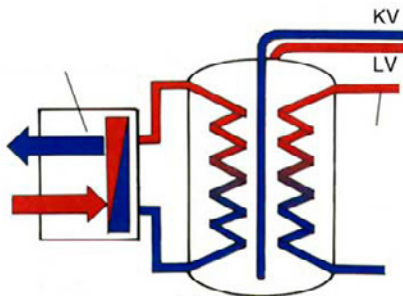
## 15.14 ÕHKSOOJUSPUMBAD (SULPU RY)

### 15.14.1 ÕHKSOOJUSPUMBAD



**Joonis 15.18. Õhk-õhk soojuspumba tööpõhimõte.**

Joonisel 15.18 on kujutatud õhk-õhk-soojuspump, milles soojusenergia kogumine toimub välisseinast välisseina paigutatud puhur-aurustiüksuse kaudu ja soojuse vabastamine kas ühe (split) või mitme (multisplit) puhur-kondensaatorüksuse kaudu otse hoone siseõhku. Soojuspumba soojustegur langeb kiiresti välisõhu temperatuuri langedes ning, kui temperatuur on langenud alla -25 °C, ei tasu soojuspumpa üldse käivitada. Soojuse loovutamine toimub ühes või mitmes kondensaatorüksuses või puhurkonvektoris (split või multisplit). Süsteemi miinuseks on see, et ta nõuab suurima võimaliku energiavajaduse alusel dimensioneeritud paralleelset küttesüsteemi, sest kõige külmema ilmaga ei saa soojuspumpa kasutada. Soetusmaksumus on teisalt maasoojuspumbaga võrreldes oluliselt odavam, seega sobib selline küttevõis sügisesel ja kevadisel ajal küttekulude vähendamiseks ja/või siis, kui välistemperatuur ei ole langenud alla -25 °C. Aasta lõikes varieerub soojustegur oluliselt välistemperatuuri funktsioonina, jäädes Soome oludes 1,8-2,2 vahele. Soojuspump on hea konstruktsiooniga, kergesti paigaldatav, töökindel, isegi kaugjuhtimise abil kergesti juhitav seade, mida on soojades maades kümneid miljoneid. Miinuseks on väljas paikneva aurustiüksuse ja siseruumides paikneva puhurkonvektori töötamisel tekkiv müra ning ajuti vajalik aurustusradiaatori sulatamine, mis vähendab saavutatavat soojustegurit.



**Joonis 15.19. Õhk-vee soojuspumba tööpõhimõte.**

Joonisel 15.19 on kujutatud õhk-vee soojuspump, milles soojuste kogumine toimub välisõhust välisseinale paigutatud puhur-aurustiüksuse kaudu. Soojuspumba soojustegur langeb välistemperatuuri langemisel kiiresti ja kui välistemperatuur on langenud alla  $-20\dots-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ei tasu soojuspumpa üldse käivitada. Soojuse loovutamise toimub kondensaator-soojusvahetis kas tarbevee eelsoojendamise ja/või küttesüsteemi vette. Süsteemi miinuseks on see, et ta nõuab suurima võimaliku energiavajaduse alusel dimensioneeritud paralleelset küttesüsteemi, sest kõige külmema ilmaga ei saa soojuspumpa kasutada.

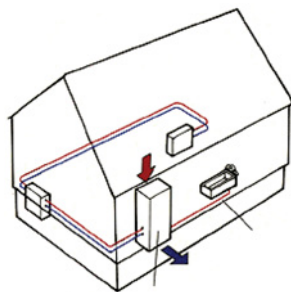
Soetusmaksumus on teisalt maasoojuspumbaga võrreldes oluliselt odavam, seega sobib selline kütteviiis sügisel ja kevadisel ajal küttekulude vähendamiseks ja/või siis, kui välistemperatuur ei ole langenud alla  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Aasta lõikes varieerub soojustegur oluliselt välistemperatuuri funktsioonina, jäädes 1,5 ja 2,0 vahele. Miinuseks on väljas paikneva aurustiüksuse töötamisel tekkiv müra ning ajuti vajalik aurustusradiaatori sulatamine, mis vähendab saavutatavat soojustegurit.

## 15.14.2 VÄLJAPUHKEÕHU SOOJUSPUMP

Väljapuhkeõhu soojuspump on ehituse soojuspump, ventilatsiooniseade ja soojaveeboiler, milles soojus kogutakse aurusti- või lahustiradiaatori abil hoone jääkõhust ja loovutatakse kondensaatori kaudu tootjate erinevatest tüüpidest olenevalt hoone tarbevee soojendamiseks boilerisse, küttevõrgustiku vette ja teatud juhtudel ka sisetuleva õhu soojendamiseks. Elektritakistid ühendatakse automaatselt paralleelseks kasutamiseks, kui tekib täiendava soojuste vajadus. Seade ei nõua enda kõrvale täies mahus toimivat paralleelset küttesüsteemi, sest väljapuhkeõhu temperatuur püsib välisõhu temperatuurist sõltumata sama.

Väljapuhkeõhu soojuspumba eelistena tuleb nimetada maasoojuspumbast veidi madalamaid soetuskulusid, sest seadme juurde kuulub ka hoone ventilatsiooniseadmetik. Seade tagab suvisel ajal ka jahutamise ning ei tekita väljas häirivat puhurimüra. Miinuseks on see, et väljapuhkeõhu energiasaldus katab ka maksimummääras ainult osa hoone küttevajadusest, seega tuleb täiendavat soojust mujalt, nt. puukütte abil juurde

hankida. Aasta lõikes jääb soojustegur olenevalt süsteemi tootjast vahemikku 1,5-2,2.



**Joonis 15.20. Väljapuhkeõhu soojuspumbad.**

### 15.14.3 MAASOOJUSPUMBAD

Tarbeveeboileriga varustatud maasoojuspump, milles on aastaringlusega, suvel soojust salvestav päikeseenergia kogumine toimub pinnasesse, kaljumassiivi või veekogusse süvistatud plasttorustikus ringleva mittekülmuva lahusega, mis liigub läbi soojussalvesti, kuhu soojus külmained loovutatakse. Külmainesse kogunenud soojusenergia loovutatakse esmalt aurujahuti-soojusvahetis sooja tarbevee soojendamiseks boilerisse ja seejärel kondensaator-soojusvahetis veeringlusega, eelistatult madala temperatuuriga põrandaküttesüsteemi ja/või tarbevete. Dimensioneerimine võimalikult kõrge aurustustemperatuuri (0...+3 °C) ja vastavalt madala kondenseerumistemperatuuri (+35...+40 °C) vahel parendab oluliselt soojuspumba kasutegurit. Kodumaised soojuspumpade tootjad kasutavad laialdaselt sooja tarbevee soojendamiseks aurujahuti-soojusvahetit, kuid välismaised tootjad omakorda viivad tarbevee soojendamise lõpule elektritakistite abil.

Maasoojuspumba eeliseks on madalad kasutuskulud. Veeringlusega soojusjaotussüsteem on pikaealine ja paindlik süsteem võimalike muude tuleviku energiaallikate kasutamise suhtes. Pinnases paiknevat ahelat saab vajadusel suhteliselt lihtsalt ja soodsalt kasutada suvisel ajal sissetuleva õhu jahutamiseks, milleks tuleb sissetuleva õhu kanalisse ühendatud radiaator lülitada lahuseringlusesse ja lasta pinnaseringlust läbi sissetuleva õhu radiaatori. Miinuseks on suhteliselt kõrged algsed investeerimiskulud, nii et päris väikeste (110-120 m<sup>2</sup>) ja madalenergiamaajade puhul kasutatud süsteemi tasuvusaeg on suhteliselt pikk, 10-15 aastat. Mida suurem maja ja selle energiatarbimine, seda tasuvamaks investeering kujuneb. Aasta lõikes on keskmised soojustegurid 2,6-3,6.

Maasoojuspump ja puurkaevud on suurepärased soojatootjad ka majutusasutustes, ärihoonetes ja tööstushoonetes, mida köetakse põrandaküttega ja/või õhkküttega. Sellisel juhul on mõistlik ühendada mitu soojuspumpa, mis töötavad olenevalt soojusvajadusest kas kordamööda ja/või paralleelselt.



Maasoojuspump on tööstuslikult toodetud, suhteliselt pika tootearendusperioodi läbinud ja töökindel tehniline seade. Peaaegu kõik maasoojuspumpade puhul varem ilmnenud probleemid ei tulenevad mitte soojuspumbast, vaid enamasti defektidest lahuseringluses ja/või küttesüsteemi dimensioneerimisel ja paigaldamisel. Soojuspumba paisuklapp, üle- ja alarõhupiirajad ning termostaadid seadistatakse tehase testimisseadmes teatud temperatuuri- ja survevahemiku alusel. See tähendab, et aurustil on alati tagatud vajalik kogus lahuseringluses toodetud maasoojust. Vastasel korral hakkab aurusti temperatuur langema, aurustumine aeglustub, kompressori alarõhk langeb, aurusti lahuseringluse vooluhulk ja soojuse saamine nõrgenevad veelgi, kui lahus läheneb tahkumispunktile, kuni soojuse ülekanne lakkab ja alarõhu pressostaat seiskab kompressori.

Lahuseringluse töös tekkivate häirete enamlevinud põhjused on halvasti õhustatud süsteem, häire pumba töös, pumba dimensioneerimine torustiku voolutakistuse suhtes, lahuse koostis (tahkumispunkt) ja viskoossus (pumbatavus) ning soojusenergia kogumistorustiku pikkuse suhe pinnase soojuse vabastamise võimega. Süsteemi sujuvaks toimimiseks tuleb tagada ka kondensaatori töö kavandatud viisil. See tähendab, et tuleb pidevalt tagada piisav soojuse eemaldamine kondensaatorist. Vastasel korral ei saa külmaine (kuumgaas) jahtuda ja kondenseeruda ning protsessis edasi liikuda. Kompressori tekitatud surve ja kuumgaasi temperatuur tõusevad seni, kuni ülärõhu pressostaat seiskab kompressori. See protsess võib aja jooksul kahjustada soojuspumpa, sest külmaine liikuva määrdeaine temperatuur tõuseb nii kõrgele, et määrdeaine võib krakkida kompressori klappidesse, torudesse ja kondensaatori seintele, nõrgestades sellega soojuse ülekandevõimet ja loomulikult ka kondensaatori määrimist.

Rusikareeglina võib väita, et soojuspumba maksimaalne võimsus tuleb dimensioneerida vastama hoone 50-70 % küttevõimsuse maksimumvajadusele (nn. osalise võimsuse määramine), mille tulemusena soojuspump toodab kogu aasta kütteenergia vajadusest lausa 85-98 %.

Soojuspump töötab hea kasuteguriga pikka aega kütteperioodil ja maksimaalse võimsuse vajadus kaetakse talve üksikutel väga külmadel päevadel lisaküttekeha abil. Selle lisaküttekeha abil toodetud elektrivõimsus on oluliselt väiksem kui mida suurem kompressor oleks aasta jooksul rohkem tarbinud. Lisaks vähendatakse aasta lõikes oluliselt kompressori seiskamis- ja käivituskordi, mis põhjustavad ülemäärast elektrikulu, kulumist ja soojusteguri kahanemist.

### **Pinnas soojusallikana**

Maasoojus on samuti päikeseenergia nagu ka vee-, puidu-, turba-, tuule-, söe- või otsene päikeseenergia. Saame rohkesti päikeseenergiat suvisel ajal ja seda energiat ladustatakse ka pinnasesse ja kaljumassiivi ning veekogudesse päikesepeaste, sooja ilma ja sademete kaudu. Talvel on päikese soojendav mõju meie põhjapoolsetel laiuskraadidel nii minimaalne, et peame ühel või teisel kujul abiks võtma salvestunud päikeseenergia. Uurimistulemustest on selgunud, et u. 3 % iga-aastaselt pinnasesse

salvestatud päikeseenergiast on piisav meie soojusvajaduse katmiseks maasoojuse kaudu. Maasoojus on kogemuste põhjal stabiilne ja ühtlane aastaringne soojusallikas.

Horisontaalselt pinnasse paigaldatav soojuse kogumise torustik on süsteemi kõige keerulisem projekteerimisülesanne, sest dimensioneerimise optimeerimisel tuleb arvestada mitmeid üksteist välistavaid näitajaid ja mitmeid konkreetseid ebakindlusfaktoreid, mistõttu kõik projekteerimisobjektid on erinevad. Kõige olulisem dimensioneerimist mõjutav tegur on pinnase soojusjuhtivus ja niiskusesisaldus, mis võivad ka väikesel alal olla väga varieeruvad ja nende omaduste väljaselgitamisele tuleb varuda piisavalt aega juba projekteerimise käigus, et lõpptulemuseks oleks piisavalt pikk, kuid mitte ülemäära pikk torustik (pigem väike ülehindamine kui alahindamine).

Ülemäära pikaks projekteeritud torustik tarbib tegelikkuses rohkem elektrienergiat, kuna pumpamiskulud kasvavad ning loomulikult on ka investering sellisesse süsteemi veidi suurem. Liiga väike torustiku pikkus tekitab seevastu soojusallika “kustumise” ja seeläbi madalama aurustumistemperatuuri ja kompressori alarõhu, mille tagajärjel halveneb soojustegur ja tekivad võimalikud kompressori peatumisperiodid. Esmase normväärtusena torude pikkuse arvutamisel tuleb võtta 1-2 torumeetrit hoone köetava kuupmeetri kohta ja umbes 1,5 m<sup>2</sup> krundi pindala ühe torumeetri kohta. Kasutada oleva maa-ala suurus ja asukoht dikteerivad muidugi ka oma tingimused või piirangud pinnasetorustiku paigaldamisele.

**Tabel 15.4. Normväärtused pinnasest aasta lõikes saadava soojusenergia kohta, kWh/m.**

Asukoht	Savi	Liiv
Lõuna-Soome <sup>1</sup>	50...60	30...40
Kesk- Soome	40...45	15...20
Põhja- Soome <sup>2</sup>	30.-35	00...10

1 Kokkola-Savonlinna joonest lõuna pool

2 Välja arvatud Lapimaa

Viimasel ajal on hakanud levima praktika, et soojuspumbasüsteemi tarnija projekteerib ja tarnib kogu küttesüsteemi koos mõõtmete, soojusallika torustiku ja soojusjaotusvõrgustikuga ning vastutab ka projektist lähtuva toimimise eest. Arengutrend on hea, sest sellisel juhul ei teki probleeme töövõtjate töövõtupiiride, erioskuste ja teadmatusest tulenevate vigade tõttu ning vastutuspiirid on selgesti paika pandud.

Torustik kaevatakse umbes 0,7-1,2 meetri sügavuselt maasse selliselt, et toruloogete vahekaugus on umbes 1,5 meetrit, kuid vähemalt 1,2 meetrit. Süvistamissügavuse õige valik on väga oluline: riigi lõunaosas see on madalam ja riigi põhjaosas veidi sügavam. Toruna on kasutusel tavaline veevärgitoru PELM NS32, NS40 ja NS50/NP 10. Kaevis täidetakse väljakaevatud pinnasega, mis ei sisalda kive, 20 cm võrra toru ümber. Torud kaetakse otstest isolatsiooniga, paigutades need u. 10-20 mm

võrra seinapaksusesse vahtplastist isolatsioonitorusse ja seejärel 1-100 mm painduva dreanažitoru sisse alates hoone seest kuni 2 m hoone soklist väljapoole. Isolatsioonitoru ei tohi krundil paigaldada hoone välisseinale lähemale kui 2 m, võimalikud vee- ja kanalisatsioonitorud ning samuti talvel lumisel ajal puhastatavad liikumisteede kohad kaetakse lokaalses ulatuses soojusisolatsiooniga pinnase külmumise ärahoidmiseks. Torustik tuleb paigaldada selliselt, et oleks tagatud selle õhustamine ning elimineeritud hilisem õhutaskute teke. Torustiku kaevisesse tuleks juba paigaldamise ajal paigutada umbes poole meetri sügavusele kollane plastist tähislint.

## Puurkaev maasoojuse allikana

### *Suletud süsteemid*

Viimastel aastatel saadud kogemuste mõjul on suuremat populaarsust saavutanud meetod, mille kohaselt maasoojuspumba soojusallikana kasutatakse hoone kõrvale puuritud puurkaevu selliselt, et puurkaevu paigutatakse pinnasesse paigaldatud torustiku asemel peaaegu põhjani ulatuv plasttorust looge. Selle meetodi eelis seisneb selles, et puurkaevu energia kogumise efektiivsus ühe torumeetri kohta on maasse kaevatud toruga võrreldes umbes kaks korda parem, nii ei pea krundil tegema ulatuslikke kaevetöid ja saavutatakse pikaajaline, töökindel, mittekülmuv ja kergesti õhustatav süsteem. Puurkaevu on võimalik kasutada ka näiteks aia kastmisvee saamiseks. Puurkaevu miinuseks on oluliselt kõrgem hind.

Tegelikkuses ei tarvitse kaevu rohkem kui 200 m sügavuseks puurida, vaid suurte süsteemide puhul puuritakse umbes iga 10-20 m vahedega vajalik kaevude arv ning need liidetakse paralleelseteks torulooneteks eraldiseisvas ühenduskaevus, mille tulemusena ei kasva pumpamiskulud liiga suureks. Kaevu süvistatavad torud ühendatakse alumisest otsast messingist U-detailiga lookeks, mille külge kinnitatakse kaevusügavusele vastav arvutuslikult määratud raskus, mille ülesandeks on tõmmata torud oma raskuse mõjul sirgelt otse alla. Ilma raskusteta ei õnnestu torusid kaevu lasta, sest need on veest veidi kergemad ja loogelised ning kipuvad kaevu seinte külge haakuma.

Torustik paigaldatakse lisaks eespool kirjeldatud 2-toru süsteemile ka 3- ja 4-toru süsteemina, kus 3-toru süsteemis pumbatakse lahus kaht paralleelset toru pidi kaevu suunas ja lahus liigub mööda kolmandat toru kaevust tagasi aurustisse. Torud on kaevu põhjas messingist 3 toru U-detailiga kokku ühendatud. 4-toru süsteem koosneb seevastu kahest paralleelselt ühendatud torulookest. Puurkaevu efektiivsuseks sügavuseks loetakse vaid veega täidetud kaevusügavus. Mõlemad torud tuleb isoleerida hoone sees kuni puurkaevu hoolduskaevuni ja soovitatavalt veel kaevus külmumispiirist allapoole.

### *Avatud süsteemid*

Avatud süsteemis pumbatakse põhjavesi puurkaevust soojusvahetisse, kus vesi vabastab soojuse enamasti mittejäätuva vaheaineringluse kaudu aurustisse ja jahtunud, u. +0,5...+1,0 °C vesi suunatakse läheduses paiknevasse puurkaevu, samasse puurkaevu

või lahtisesse veekogusse. Süsteem sobib paremini kasutuseks suurtes asutustes, kus on võimalik soojust salvestada näiteks madalama temperatuuriga soojuskaod allikast, kui ühepereelamu soojuspumbasüsteemides, kus sellised süsteemid on jäämas tahaplaanile.

### Veekogud soojusallikana

Kogemuste kohaselt veekogudest sobivad soojusallikana kasutamiseks järved, tiigid ja mererannad, kus vee sügavus on juba ranna lähedal vähemalt 2 m. Selleks otstarbeks sobib sama tehnoloogia nagu ka maakütte puhul, kuid torud tuleb ankurdada veekogu põhja umbes meetrite vahedega kinnitavate u. 5-10 kg betoonraskustega. Vastasel juhul toru ümber tekkiv jääkiht võib tõsta toru veekogu pinnale moodustunud jääkihi alla, selle tulemusena võib toru jäässe kinni külmuda ning jää lagunemisel puruneda. Nende kogemuste tõttu ei ole soovitatav torusid jõgedesse paigutada.

Betoonraskus tuleb kinnitada pikaajalist korrodeeruvat mõju taluval viisil, näiteks tugevate plastist vitsade abil. Torud tuleb alati viia avavette põhja lähedale ja külmumispiirist allapoole, sest vastasel korral võivad torud veekogu jääkaane külge kinni jääda ja vee pinna tõusu ajal lahti rebeneda. Paigaldamise käigus on soovitatav kasutada sukeldaja abi, kontrollimaks torude paigutust põhjas. Torustiku asukoht kantakse kaardile ja randa paigaldatakse ankru heitmise keelavad sildid. Eriti hästi sobivad maakütte allikaks laugjad, niisked ja tiheda pinnasega jõeäärsed põllud. Veekogust saab aasta lõikes energivõimsust 70-80 kWh/m toru kohta. Torud tuleb katta isolatsiooniga hoonest kuni kaldaäärse veeni, sest vastasel korral võib veekogust tagastuva lahuse soojus kanduda külmemasse pinnasesse, seda eriti siis, kui väljuvad ja saabuavad torud on paigutatud samasse kaevisesse. Enne projekteerimist ja paigaldamist tuleb küsida ka veekogu omaniku seisukohta sellise projekti kohta.

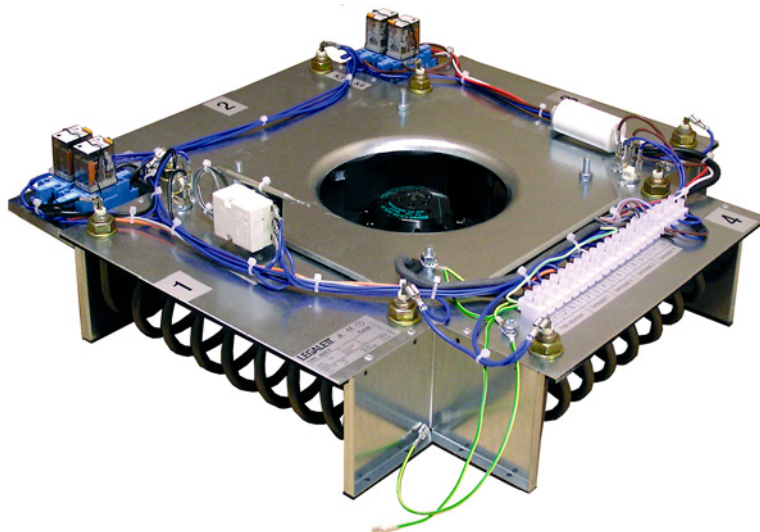
## 15.16 ÕHURINGLUSEGA PÕRANDAKÜTE

Õhuringlusega põrandakütte kütteseadme paigaldatakse vundamendi- või vahelaeplaati. Kütteseadmes on puhur ja näiteks neli 1 kW elementi, mille juhtimiseks kasutatakse ühest kuni nelja toatermostaadini. Termostaate on soovitatav juhtida nädalakella lülitiga, mis võimaldab ajalisi tariifi tõhusamalt ära kasutada.

Kütteseadme korpus paigaldatakse betoonplaati betooni paigaldamise ja valamise ajal.

Plaati ja kanaleid kuivatatakse ehitusplatsi kütteseadme abil enne kütteelemendi paigaldamist.

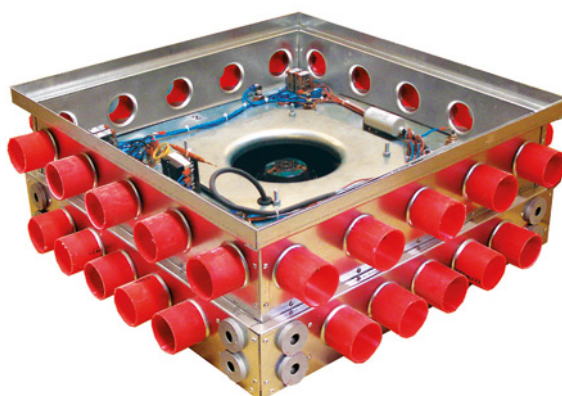
Kütteseadme paigaldatakse korpusesse ja ühendatakse juhiste alusel.



---

Joonis 15.21. Õhuringlusega põrandakütte elektrikütteelement (Legalett)

---



---

Joonis 15.22. Õhuringlusega põrandakütte jaotuselement (Legalett).

---

## AJUTISED PAIGALDISED

---

### 16.1 AJUTISI PAIGALDISI KÄSITLEVAD STANDARDID, RAKENDUSALAD JA DEFINITSIOONID

Ajutiste seadmetena traditsiooniliselt tavaliselt käsitletakse mõistetakse elektriseadmeid, mis ei ole mõeldud püsivaks kasutamiseks konkreetsel kasutuskohal ja mis eemaldatakse mingi teatud, sageli juba eelnevalt määratletud aja möödudes peale töö või käidu lõppemist. Ajutise konstruktsioonina käsitletaksemõistetakse terviklikku paigaldist või paigaldise osa, mis on mõeldud kokku või lahti monteerimiseks. Komplekti võivad kuuluda liikuvad osad ning selle võib paigaldada sise- või välistingimustesse. Ajutise elektripaigaldise all mõeldakse elektripaigaldist, mis monteeritakse kokku ja lahti samas kasutuskohas, näiteks näituse- või messiboksis, kus paigaldist vajatakse. Ajutise elektripaigaldise ühendusliitumispunkt on see püsiva paigaldise või muu toiteallika punkt, mille kaudu on korraldatud ühendatakse ajutise paigaldise toide.

Elektriseadmestike ajutiste paigaldiste osas rakendatakse maksimaalselt 1000 V seadmete puhul standardiseerias SFS 6000 EVS-EN 60364 ja üle 1000 V seadmete puhul standardis SFS 6001 sätestatud nõudeid. Ajutiste seadmete kohta kehtivad elektritööohutuse nõuded on esitatud standardis SFS 6002. Ehitusplatside kohta kehtivad nõuded on toodud standardiseeria EVS-EN 60364 SFS 6000 peatükis osas 704 ning

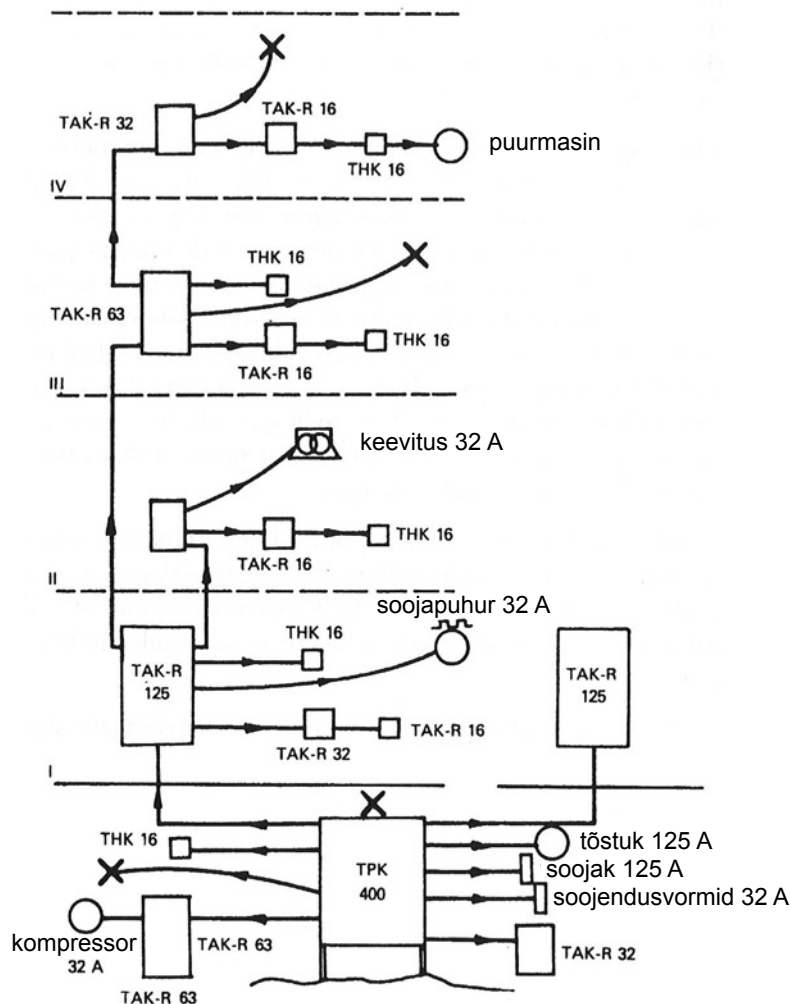
messide ja näituseruumide ajutisi paigaldisi käsitlevad nõuded peatükis osas 711. Standardi EVS-EN 60364 SFS 6000 peatükis osas 717 on käsitletud liikuvate või teisaldatavate seadmete elektripaigaldisi ning peatükis osas 740 lõbustusparkide, tivolite ja tsirkuste seadmete, müügikioskite ja analoogsete rajatiste ajutisi elektripaigaldisi. Ajutisi paigaldisi kasutavaid elektriseadmeid, paigaldustarvikuid, paigaldusmaterjale ja komponente hõlmavad lisaks ka muud konstruktsioonistandardid. Ajutiste seadmete jaotuskilpide kohta kehtivad nõuded on toodud jaotuskilpide standardiseeria standardis SFSEVS -EN 60439-4: Nõuded ehitusplatsidel paiknevatele koostetele.

Standardiseeria SFS 6000 EVS-EN 60364 peatükis osas 704 toodud nõuded hõlmavad ajutisi elektripaigaldisi uusehituste ehitusplatsidel, kapitaalremonditavates ja ümberehitatavates kasutusel olevates hoonetes, üldkasutatavate hoonete ehitusplatsidel, pinnaseehitustöödel, kaevandustes, lahtises karjäärides ning muudel analoogsetel tööobjektidel.

Hoonete osad, milles tehakse ümberehitusi, näiteks laiendustöid, suures ulatuses remondi- või lammutustöid, loetakse ehitusplatsiks seni, kuni tööd kestavad ja nõuavad ajutiste paigaldiste kasutamist. Mõnedel juhtudel võivad ajutised seadmed olla kasutusel isegi aastaid. Ehitusplatside püsipaigaldised piirduvad peakilbiga, milles paiknevad pealüliti ja ajutiste paigaldiste liigvoolukaitsed. Ajutiste seadmete poolsed paigaldised loetakse teisaldatavateks paigaldisteks, välja arvatud need paigaldiste osad, mis on teostatud välja ehitatud kõiki üldnõudeid (lõik 5-52: Juhtmesüsteemid) järgides. Ehitusplatside üldkasutatavate ruumide, näiteks ehitusplatsi kontorite, riietusruumide, koosolekuruumide, sööklate jms. elektripaigaldiste osas peatükis 704 toodud nõudeid ei rakendata, nende kohta kehtivad standardiseeriad EVS-EN 60364 SFS 6000 peatükkides osades 1-6 toodud üldnõuded.

Ajutise paigaldise kasutamine võib seega tulla kõne alla näiteks maja, tee, silla või vastava ehitustöö käigus ning pinnase- ja veekogu ehitus- või puhastustöödes. Ajutisi paigaldisi võidakse kasutada näiteks ajutiselt püstitatud spordi-, näituse-, koosoleku-, tsirkuse- ja lõbustuspargi rajatistes. Nende kogu konstruktsioon on ajutine või lahti monteeritult teisaldatav või nende püsirajatisse vms. paigaldatakse ajutisi konstruktsioone koos elektriseadmetega. Ajutiseks seadmeks võib olla ka ajutine valgustuspaigaldis, näiteks publiku kogunemiskoha valgustus, tee või tänava ajutine dekoratiivvalgustus või ajutine fassaadi või avalikus kohas paikneva jõulukuuse valgustus. Ajutise seadme definitsioon ei hõlma siiski sõidukeid, ratastega varustatud kärusid, kioske või muid lahti võtmata aeg-ajalt teisaldatavaid rajatisi.

Ehitusplatside või messide ja näituseruumide ajutiste paigaldiste ehitamisel ja kasutamisel ei saa rakendada leebemaid nõudeid kui püsipaigaldiste puhul. Nende osas rakendatakse eeskätt paigaldisi käsitleva standardiseeria EVS-EN 60364 SFS 6000 üldosades 1-6 toodud nõudeid ning erinõuetena peatükkides 704 ja 711 toodud nõudeid. Joonisel 16.1 on kujutatud ehitusplatsi ajutise elektritoite põhimõtteline skeem.



Joonis 16.1. Ehitusplatsi elektritoite üldskeem ja põhimõte.

## 16.2 EHITUSPLATSIDE AJUTISED ELEKTRIPAIGALDISED

Ehitusplatsi ajutised seadmed ühendatakse enamasti püsiva elektriseadmestikuga või püsivasse elektrivõrku. Ajutisel seadmel võib olla ka oma elektrenergia allikas, näiteks sisepõlemismootorisga kasutatud generaator. Ehitusplatsil võib olla mitmeid toiteallikaid ja need võivad tavapäraselt olla ühendatud kas püsivõrguga või teisaldatava generaatoriseadmestikuga. Paigaldiste standardi alusel peab iga ajutise seadme kohta olema teada, millisest pingeallikast see oma toite saab ja igal elektriseadmel võib olla ainult ühe ja sama toiteallikaga ühendatud osi. Nõue ei hõlma juhtimis- ja signalisatsioonivooluahelaid ega varutoitesüsteemide toidet.



## 16.2.1 KAITSE ELEKTRILÖÖGI EEST

Elektrilöögi eest kaitsmisel järgitakse eeskätt standardiseeria EVS-EN 60364 SFS 6000 punktis 471 toodud nõudeid. Toite automaatse väljalülitamise suurim lubatud väljalülitamisaeg on standardiseeria EVS-EN 60364 osa 4-41 SFS 6000 üldnõuete alusel maksimaalselt 0,4 s.

Lisaks eespool toodud põhinõuetele kehtib nõue, et maksimaalselt 32 A nimivooluga pistikupesad, mis on mõeldud käes hoitavate või kasutamise ajal teisaldatavate elektriseadmete toitevõrku ühendamiseks, tuleb kas

- kaitsta maksimaalse 30 mA nimirakendusvooluga rikkevoolukaitsega või
- ühendada SELV-ahelasse või
- korraldada toide ühendada kaitse läbi eraldustrafoaga selliselt, et iga pistikupesa saab toite eraldi eraldustrafo sekundaarmähise kaudu.

Nõuded hõlmavad ka püsiva ühendusega käes hoitavaid või kasutuse ajal teisaldatavaid elektriseadmeid.

Kui 32 A pistikupesast saavad toite seadmed, mida ei hoita käes või käidu ajal ei teisaldata (kuid on lõpptarbijad), ei peavad 2007 a. oktoobri kuust pistikupesa eespool kirjeldatud viisil olema kaitstud täiendavalt 30 mA rikkevoolukaitsega. kaitsma. Suurema vooluga pistikupesad Seade peabvad siiski olema kaitstud 500 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitsega. Lisaks peab sellise pistikupesa kõrval olema hoiatus, mis keelab käes hoitava seadme ühendamist pistikupessa, kuna pistikupesa ei ole rikkevoolukaitsega kaitstud. Sellise riigisiselt kehtiva erandiga soovitakse võimaldada näiteks ehitussoojakute üksteisega ühendamist selliselt, et rikkevoolukaitse ei tekitaks ehitusplatsil toimuva töö ajal asjatuid voolukatkestusi.

Üle 32 A nimivooluga pistikupesadel tuleb väljalülitusseadmena kasutada arvutuslikult voolult maksimaalselt 500 mA rikkevoolukaitset. See nõue hõlmab peale 31.03.2008 toodetavaid uusi ehitusplatside kilpe.

Kõikidel juhtudel on rikkevoolukaitse soovitav paigaldada püsipaigaldisse või liigvoolukaitsega ehitusplatsi kilpi. Pistikupesakarpides ja pikendusjuhtmetes ei pea olema eraldi rikkevoolukaitseid, kui eelnevates kilpides olevad rikkevoolukaitseid kaitsevad pistikupesi.

## 16.2.2 ELEKTRISEADMETE JA JUHTMETE VALIK JA PAIGALDAMINE

### Kilbid

Ehitusplatside ajutistes paigaldistes on võib olla palju masinaid ja muid seadmeid, mida tuleb teisaldata. Need peavad olema ühendatavad toite tagavasse, enamasti püsivasse elektrijaotusvõrku seadme kasutuskoha läheduses. Kogu ajutine jaotusvõrk peab olema paindlik ning hõlpsasti ja kiiresti teisaldatav. Ajutiste seadmete elektrijaotussüsteemiks

on välja töötatud tingimustele vastav ehitusplatside kilbisüsteem koos teisaldatavate juhtmetega, kaabeldusega. Ehitusplatsi kilbid peavad vastama ehitusplatsi ajutisi koosteid käsitlevas standardis SFSEVS -EN 60439-4 toodud nõuetele.

Ehitusplatsi kilbid on pistikupesakilbid, millesse võib ühendada erineva nimivooluga seadmeid või pistikühenduse abil ka teisi kilpe. Teisaldatavaid alakilpe ja pistikupesakilpe saab kergesti paigutada masinate ja muude seadmete kasutuskohtadesse või nende lähedusse. Pistikühenduse (pistik ja pistikupesa) võib avada ja ühendada elektritööde alase eriettevalmistuseta isik. Suurevooluliste pistikupesade juures võib olla lukustav lüliti, mis hoiab ära pistiku ühendamise ja lahutamise, kui pistikupesa kontaktid on pingestatud.

Ehitusplatside kilpide kaitseastmed peavad samuti vastama ehitusplatside ajutiste koostete standardis SFSEVS -EN 60439-4 toodud nõuetele. Ehitusplatsi kilpide kõikide detailide kaitseaste peab standardi alusel olema vähemalt IP44. Kilbi tootja poolt antud kaitseaste kehtib kogu ehitusplatsi kilbi kohta, mis on paigaldatud tootja juhiseid järgides, kui ei ole teisiti juhiseid sätestatud.

### **Eraldus- ja lülitusseadmed**

Ehitusplatside ajutiste seadmete iga elektritoite ühenduskohas peab olema peakilp, milles on pealüliti ja muud esmased kaitseadmed. Ka iga jaotuskilbi toites peab olema seade või seadmed lahutamiseks ja seadmed toitekaablite ühendamiseks. Elektroseadmed, milles peab ohu vältimiseks olema elektritoite lahutus, tuleb varustada avariilülituseadmega. Avariilülitinõuded on sätestatud sageli teises muus õigusaktis-standardis, mitte elektriohutuse seaduses, näiteks masina- või tööohutuseeskirjades.

Ehitusplatside ajutiste seadmete pea- ja tarvitiliinide lahutus- ja kaitseadmed võib paigutada peakilpi või peakilbist toite saavasse eraldi kilpi. Toite lahutusseadet peab olema võimalik lukustada avatud asendisse näiteks lukuga või teise variandina paigutada lukustatavasse ruumi või karpi.

Standard näeb ette, et ajutiste seadmete elektritarvitite toidet ei tagata rühmakilpidest, milles igäühes on liigvoolukaitsed, pistikupesad ning seadmed puutepingekaitse tarvis. Turvatoide- ja varutoitesüsteemid ühendatakse seevastu selliselt te seadmetega, et mille statsionaarne toide ja turvatoide kokkuühendamine ei ole võimalik.

### **Juhtmed**

Ajutistes paigaldistes on sageli rohkesti rippjuhtmeid ja kummikaableid. Need moodustavad ehitusplatsi elektrivõrgu, mille töökindlusest oleneb kogu ehitusplatsi tegevus. Juhtmed Kaablite juhustike ristlõiked tuleb valida piisavalt suured ja need tuleb paigutada ja kaitsta selliselt, et nende mehaaniline vigastamisohu oleks võimalikult minimaalne.

Ajutise seadme madalpingekaablid (juhtmed) peavad olema eelistatult tugevdatud

isolatsiooniga kaetud ja tehases toodetud. Kõige parem oleks kasutada kandetrossiga rippkeerd õhukaablitjuhet, näiteks AMKA-t. Väiksemate koormuste puhul ja alati ka siis, kui võimalik, on soovitatav kasutada 5-juhilisi soonelisi kaableid. 4-juhilisesoonelist rippjuhtme nulljuhet (PEN-juhet) täidab samas kandetrossi ülesandeid ning võib kergesti kahjustuda, seetõttu tuleb selle juhtmele seisukorrale eriti suurt tähelepanu pöörata. AMKA vahekaugus maapinnast on tavaliselt vähemalt 4 m ja mootorsõidukitega liiklemiseks mõeldud trasside kohal peab juhtme vahemaa maapinnani olema vähemalt 5,5 m.

Kui õhuliinina on kasutusel AMKA-rippkeerdkaabel, tuleb alla haruühendustena veevata juhtmena kaablina enamasti kasutada kummikaablit, näiteks A07BB-F (VSB) või H07RN-7 (VSN) või plastmantliga juhet kaablit AMP(M)K või MMJ, mis taluvad UV-kiirgust. Ühendamiseks tuleb kasutada õhuliini Al-juhtide ja allaveetava juhtme Cu-juhtide vahelise korrosiooniohu ning alumiiniumi pehmuse tõttu üleminekuklemme. Juhtmed tuleb paigaldada selliselt, et juhtide kontaktidele ühendustel ei oleks mehaanilisi koormusi. suunatud. Rippkeerdkaabli võib enamasti ühendada otse kilpi. Kummi- ja plastmantliga kaablid kaitstakse allavedamise kohtades näiteks katterenni või 4. tugevusklassi paigaldustoruga sellises ulatuses, mis võib kergesti kahjustuda. kaitseb kaablit mehaanilise mõjutuse eest. Kaablid kinnitatakse masti külge hoolikalt ja otstarbeks sobivate kinnitustega (järgidest vajadust, kui on masti vaja "küünistega" ronida).

Riiginõukogu otsus ehitustööde ohutuse kohta (VNp 629/1994) näeb ette, et Sõiduteedel olevad kaablid tuleb kaitsta otstarbekohasel viisil sõiduautode tekitatud võimalike mõjutuste koormuste eest või paigutada piisavalt kõrgele. Standardis EVS-EN 60364 SFS 6000 ei soovitata vedada kaableid üle ehitusplatsi teede ja jalgteede, sest need võivad ülesõitvate sõidukite ja ehitusplatsil toimuva liikluse tõttu viga saada. Kui siiski tuleb kaablid vedada üle liikumisteede ja trasside, tuleb kaableid nõuetekohaselt kaitsta mehhaanilise koormuse mõjutuste ja vigastuste eest. Joonisel 16.2 on kujutatud erinevaid kaablite kaitsmise viise.



**Joonis 16.2. Kaablid tuleb kaitsta teega või muu liikumistrassiga ristumisel.**

Joonisel on a) pinnasesse süvistatud tugeva konstruktsiooniga ränn; b) tee alt läbiveetud torus, c) laudadest tehtud kaitse ja d) tehases toodetud jäigast kummist valmistatud kaitse. Viimatinimetatut võib kasutada ka siseruumides. See ei ole mõeldud raskeid koormusi taluma. Kui töötatakse pingestatud osade ja õhuliinide läheduses, tuleb iga töö jaoks määratleda eelnevalt vajalik töösoon ja see vajadusel tähistatult piirata. Elektritööde ohutuse standardi EVS-EN 50110 on toodud liikuva või teisaldatava seadme tööpiirkonna minimaalne vahekaugus õhuliini isolatsioonita, pingestatud osast ja rippjuhtmest. Kui töötatakse õhuliini või vastava isolatsioonita, pingestatud osa läheduses sellise liikuva või teisaldatava masinaga, mille tööraadius oleneb seadme operaatori toimingutest – näiteks ekskavaatoriga, kraanaga, tõstukaotuga vms. –

ei tohi masina ühegi osa tööraadius, võimalik koormus mehaaniline mõjutus kaasa arvatud. Vt alljärgnevat tabelit. nulatuda tabelis 16.1 antud vahekaugusele lähemale.

**Tabel 16.1. Liikuva või teisaldatava masina tööraadiuse minimaalne vahekaugus õhuliini isolatsioonita pingestatud osast ja rippjuhtmest. Sulgudes olev näitaja tähendab minimaalset lubatud töökaugust õhuliini pingestatud osa all (SFS 6002 Z.2).**

Nimipinge kV	Minimaalne vahekaugus m	
	Õhuliin või muu isolatsioonita, paljas pingestatud osa	Rippkaabel
≤ 1	2(2)	0,5
> 1-45	3(2)	1,5
110	5(3)	
220	5(4)	
400	5(5)	

Ajutiste seadmete õhuliinid tuleb paigutada selliselt, et need ei häiriks asjatult ehitusplatsil toimuvat tegevust. Õhuliinide võrk tuleb eelistatult paigaldada ehitustsoonide servadesse. Paigutamisel tuleb arvestada piirkonnas paiknevaid või sinna püstitatavate ehitustõstukite liikumisala ja tööraadiust selliselt, et tõstuk või selle koormus liikumine liine ei kahjustaks. Juhtmed peavad samas kulgema suurte tarbimispunktide läheduses, et ülekandekaod ja kallimate kummikaablite osakaal jääks võimalikult väikeseks. Ajutiste paigaldiste puhul kasutatud õhuliini uuesti paigaldamine on lubatud ainult siis, kui juhtme seisukord on eelnevalt läbi viidud hoolika ülevaatuse käigus tunnustatud nõuetele vastavaks.

### Pikendusjuhtmed ja pistikühendused

Ajutistes seadmetes kasutatakse enamasti painduvaid ühendusjuhtmeid ja pikendusjuhtmeid. Kasutusoludest ja kasutusmahust tulenevalt võivad ühendus- ja pikendusjuhtmed kergesti viga saada. Elektrilöögi seisukohalt on ühendus- ja pikendusjuhtmed liigitatud elektriseadmete ohtlikemate detailideosade hulka ja sama kehtib ka ehitusplatside kohta. tingimustes. Seetõttu tuleb ühendus- ja pikendusjuhtmete õigele ehitusele, kaitsele ja kasutamisele suurt tähelepanu pöörata. Juhtmevõrgu selgepiiriliseks kujundamine vähendab samuti juhtmete vigastusohu.

Pistikühenduste ja pikendusjuhtmete kohta saab teavet mitmest erinevast väljaandest. Ehitusplatsidel kasutatavate pikendusjuhtmete ja pistikühenduste kohta leiab juhiseid standardiseeria EVS-EN 60364 SFS 6000 punktidest osades 704 ja 813. Ühefaasilised pistikud ja pistikupesad vastavad tavaliselt standardi SFS 5610 nõuetele. Ajutistes seadmetes kasutatavate jõupistikühenduste ja –karpide konstruktsioone käsitlevad standardid SFS-EN 60309-1 ja 60309-2. Ühefaasiliseks tööstuskasutuseks mõeldud 16 A pistikühendust võib kasutada ka normaalse kaitsekontaktiga varustatud standardile

SFS 5610 vastava pistikühenduse asemel, kui pistikupesa tahetakse jätta otstarbeliseks kasutamiseks. Tabelis 16.2 on toodud kõige tavalisemad konstruktsioonid ja kaablitüübid kolmefaasilistele pikendusjuhtmetele, kui kasutatakse standardile SFS-EN 60309 vastavaid pistikühendusi.

Ehitusplatside ajutiste seadmete objektijaotuses, mis toimub teostatakse pikendusjuhtmete pistikute ja pistikupesade abil, tuleb kasutada samale standardile vastavaid pistikuid ja karpe. Pistiku ja karbi arvestuslikud voolud peavad olema kokkusobivad.

Pikendusjuhtmete ristlõigete miinimumnõuded määratletakse toidet vajava elektri-seadme kaitseklassi alusel. Ühefaasiline ühendusjuhtme või pikendusjuhtme ristlõige peab olema vähemalt 1,0 mm<sup>2</sup> Cu, kui sellega ühendatakse kaitseklassi 0 ja II seadmed, ja vähemalt 1,5 mm<sup>2</sup> Cu mm<sup>2</sup>, kui ühendatakse kaitseklassi I seadmeid. Kolmefaasilised pikendusjuhtmed on sageli koormatud nimikoormusega. Tabelis 16.2 on toodud kaablitüübid ja nõutavad ristlõiked kolmefaasiliste pikendusjuhtmete kohta.

**Tabel 16.2. Kõige tavalisemad konstruktsioonid ja kaablitüübid kolmefaasilistes pikendusjuhtmetes, kui kasutatakse standardile SFS-EN 60309 vastavaid pistiküliteid.**

Arvestuslik vool A	Painduv kaabel	
	CENELEC-ile vastav tüüp	Ristlõike pindala mm <sup>2</sup>
16	A05RN-F, H07RN-F, HO5BB-F, HO7BB-7	5 x 2,5
32	HO7RN-7, HO5BB-F, HO7BB-7	5x6
63	HO7RN-F, HO7BB-7	5 x 16
125	HO7RN-F, AO7BB-F	5 x 50
250	HO7RN-F, AO7BB-F	5 x 95

Ehitusplatsidel kasutatavad painduvad kaablid peavad vastama paigaldusstandardi EVS-EN 60364 SFS 6000 alusel kas tüübile H07RN-F (vastab tüübile VSN), H07BB-F või AO7BB-F (vastab tüübile VSB). Kaablid peavad olema sellise ehitusega, et need taluksid vee mõju ja hõõrdumist. Pikendusjuhtmete kaablitüübi valimisel tuleb loomulikult lähtuda kasutustingimustest. Eriti hoolikalt tuleb arvestada mehhaanilist vastupidavust ja kuumuse mõju. Rasketes ja keerulistes tingimustes tulevad kõne alla ainult 450/750 V pingestatud max pingega kaablid, näiteks H07RN-F. Plastisolatsiooniga painduvaid kaableid ei saa kolmefaasilistes pikendusjuhtmetes kasutada.

## Üleminekuadapterid

Üleminekuadaptereid kasutatakse siis, kui soovitakse ühendada teatud pistikuga varustatud seade teisele standardile vastava pistikupesaga. Üleminekuadapteri juurde kuulub enamasti pistik, ühenduskaabel ja pikenduspistikupesa. Üleminekuadapter võib olla ka pistikust ja pistikupesast koosnev tehases valmistatud komplekt, millel puudub eraldi ühenduskaabel.

Üleminekuadapteri pikaajaline kasutamine ei ole soovitatav, parem variant on vahetada pistikupesad või pistikud rakendatud standardile vastavaks. Üleminekuadapter, mida kasutatakse muud tüüpi pistiku ühendamiseks Soomes kasutatava pistikupesaga, peab olema oma ehituselt selline, et see ei tekitaks ohtu. Selliseid üleminekuadaptereid ei ole enamasti vaja pikaajaliselt kasutada. Kui üleminekuadapter on ühefaasiline SFS-EN 60309:11 vastav pistik ja SFS 5610 vastav pistik, järgitakse standardi SFS-EN 50250 nõudeid.

Kolmefaasilisi adaptereid kasutatakse siis, kui soovitakse ühendada standardile SFS-EN 60309 vastava pistikuga varustatud seade vana tüüpi püsipaigaldusega pistikupesaga. Adapterites kasutatud paindlikes ühenduskaablites peab olema nullneutraaljuhust eraldi kaitsemaandusjuhe, mille tüüp on H07RN-F või H07BB-F vms. Kaabli pikkus võib olla kuni 2 m. Üleminekuadaptereid ja nende kohta kehtivaid nõudeid käsitletakse standardi EN 60364 SFS 6000 punktis osas 813.2.4.

## Valgustus

Ajutiste seadmete valgustid liigitatakse muude elektriseadmetega sarnaselt, näiteks kaitseastme, kaitseklassi ja ühenduse alusel, erinevatesse kasutusruumidesse ja erinevaks kasutusotstarbeks sobivateks. Muud liigitamisalused on näiteks valgusallika tüüp (hõõglamp, erinevaid elektrilahenduslambid) ja valgusti kasutusotstarve (prožektor, käsivalgusti).

Nagu ka muudele elektriseadmetele, on ka valgustitele ehitusplatsi tingimustes suunatud ettenähtud märkimisväärsesed väliskoormus vastupidamisnõuded välisteguritele, näiteks löögid, vibratsioon, niiskus ja temperatuurikõikumised. Ka kasutuskoha õhu ebapuhtusi ja ehitusplatsil kasutatud aineid, näiteks lahusteid ja muid kemikaale, tuleb arvestada valgustite valimisel. Ehitusplatsil kasutatavad valgustid peavad olema mehhaaniliselt väga tugevad ja korrosioonikindlad, näiteks metallisulamist või plastist valmistatud. Valgustite kaitseaste peab olema kasutuskoha tingimustele vastav. Joonisel 10.1 on kujutatud üldisi elektriseadmete kaitseastmenõudeid, mis kehtivad ka valgustite kohta.

Ehitusplatside valgustus on oluline ka ohutuse tagamise seisukohalt, seetõttu hõlmab valgustust ka tööohutusseadusandlus. Ehitusplatsil ning eriti liikumisteedel ja trassidel peab olema piisav ja sobiv üld- ja kohtvalgustus. Suuri ja ootamatuid valgustugevuse erinevusi ning ka pimestumist tuleb vältida. Kõik elektriseadmed, näiteks kaablid, jaotuskilbid ja valgustusseadmed, tuleb üldnõuetest lähtudes paigutada selliselt, et need kergesti ei puruneks ja ei põhjustaks komistamist ja elektrilöögi ohtu.

## Elektriseadmed üldiselt

Elektriseadmete valimisel valitakse kaitseaste enamasti välistegurite mõjust alusellähtuvalt. Joonisel 10.1 on toodud näiteid välistingimustesse paigaldatavate elektriseadmete kaitseastme ning tabelis 10.3 elektriseadmete erinevates ruumides nõutavate kaitseastmete kohta.

## 16.3 PÜSIVATE UUSPAIGALDISTE KASUTUS EHITUSTÖÖDE AJAL

Ehitusplatside ajutiste seadmete korralduse eesmärgiks peab olema ehitustööde aegsete elektrisüsteemide korralduse teostamineväljaehitamine selliselt, et ei tekkiks vajadust ehitusplatsil püsipaigaldusega elektrisüsteemide rajamise järele. Uusehitise või kapitaalremondi teostamise ajal tuleb siiski sageli ette olukordi, et veel poolelioleva elektriseadme osi tuleb kasutusele võtta enne kogu paigaldise valmimist. Püsivate elektripaigaldiste kasutamine ehitamise ajal tekitab paljudel juhtudel elektriseadme ehitajale rohkesti lisatööd. Ka ohutuse seisukohalt ei ole situatsioon lihtne, sest osaliselt kasutuselevõetud paigaldised tuleb kaitsta otsepuutekaitse osas selliselt, et neid saaks turvaliselt kasutada. Elektriseadme ehitaja ehk elektritööde töövõtja peab teostama kõikidele enda poolt ehitatud elektriseadmetele enne kasutuselevõttu organiseerima kasutuselevõtueelneva tehnilise kontrolli. ülevaatuse. Nõue kehtib ka ehitustööde ajal kasutusele võetud püsiva paigaldise osade kohta.

Poolelioleva elektriseadme osa kasutuselevõtt põhjustab sageli täiendavate meetmete rakendamise vajaduse kaitse ja töökorralduse osas. Elektriseadmete kõik pingestatud osad või sellised osad, mis võivad pingestuda, tuleb kaitsta selliselt, et ehitusplatsil töötavad või seal liikuvad inimesed ei satu ohtlike pingetega pingestatud osadega kokkupuutesse. See eeldab sageli elektrikilpidele kaitset, lisakonstruktsioonidele ning kilpide ja juhtmetelekaitsele lukustamise võimalust. uste korraldamist. Ka kilbi pool ühendatud, ehitusplatsi erinevates osades paiknevate juhtmete otsad tuleb usaldusväärselt kaitsta. Elektritöövõtja on kohustatud tagama, et ehitustööde ajal kasutamiseks mitte mõeldud rühmad ei oleks ettekavatsematult pingestatud. Vajalikkeud lisameetmeid võetakse tarvitusele olenevad loomulikult sellest, millises etapis ja millises ulatuses paigaldisi kasutusele võetakse.

Elektriala seadusandlus ja eeskirjad näevad ette, et elektriseadmete ehitaja on kohustatud teostama organiseerima elektriseadme kasutuselevõtule eelneva tehnilise kontrolli ülevaatuse, mis peab olema on piisav tõdemaks, et elektriseade ei põhjusta eluohtlikke, tervistkahjustavaid või vara kahjustavaid ohusituatsioone. Elektriohutuse seaduse alusel loetakse elektriseade kasutusele võetuks sellel hetkel, mil seadmesse on sisse lülitatud selle kasutamiseks vajalik statsionaarselt pingestatud. Elektriseadme kasutuselevõtuks ei loeta kontrollitud kasutussituatsioonepingestamist, mis on vajalikud seadme katseliseks kasutamiseks, häälestamiseks või kasutuselevõtu ülevaatuseks. Lõplikult püsipaigaldiseks mõeldud seadmete osade kasutuselevõttu ei saa pidada seaduses nimetatud katseliseks kasutamiseks, tegemist on seadme osade kasutuselevõttuga. Sellel põhjusel kehtivad nende osas kõik elektriohutuse seadusandluse ja selle põhjal välja antud eeskirjade nõuded. Sellest tuleneb, et

- a) elektriseadmed peavad olema elektriohutuse osas laitmatu korras kasutuselevõtul, mis tähendab, et seadmed ei tohi ehitusplatsil toimuva töö käigus põhjustada ohtu ega kahjusid

- b) elektriseadmetele on teostatud nõuetekohane kasutuselevõtukontroll, mis tähendab, et iga paigaldis on paigaldamise ajal või peale valmimist visuaalselt üle vaadatud ning sellele on ohutuse tagamiseks teostatud teatud mõõtmised ja testid.

Punktis b nimetatud mõõtmised hõlmavad vähemalt järgmisi toiminguid:

- kaitsejuhtmete jätkuvus katkematus
- paigaldise juhistike isolatsioonitakistus
- SELV- ja PELV-ahelate või kaitselahutatud ahelate lahutus isolatsioonitakistus
- toite automaatse ühendamise toimimineväljalülituse kontroll, mis hõlmab võimalike rikkevoolukaitsete testimist
- ringlussuund.faasijärjestuse kontroll

Elektritööde töövõtja peab koostama organiseerima ka selles olukorras kasutuselevõtule eelneva tehnilise kontrolli ülevaatuse mille protokolliaruandesse, millesse tehakse kanded visuaalse ülevaatuse ning teostatud mõõtmiste ja testide osas.

## 16.4 MESSI- JA NÄITUSERUUMIDE AJUTISED ELEKTRIPAIGALDISED

Messide all mõeldakse madalpingepaigaldiste standardi EVS-EN 60364 SFS 6000 peatükis osas 711 sätestatu alusel üritust, mille eesmärgiks on toodete vms. tutvustamine või müük. Messe korraldatakse mingis selleks sobivas ruumis, kas saalis, hoones või ajutises rajatises. Näituse all mõeldakse väljapanekut või tutvustust mõnes sobivas ruumis, kas saalis, hoones või ajutises rajatises.

Messide, näituste ja muude selliste ürituste ajutiste elektripaigaldiste nimipinge ei tohi ületada 230/400 V vahelduspinget ning nende süsteemina tuleb kasutada TN-süsteemi kasutamisel TN-S-süsteemi. Nende ürituste ja ruumide välistegurid määratletakse selle alusel, kuhu ajutised paigaldised paigutatakse. Samuti määratletakse elektriseadmete ja ajutiste elektripaigaldiste kohta kehtivad nõuded nende välistegurite, näiteks välistingimustes sademete või sisetingimustes kuivade ja soojade tingimuste põhjal.

Loomadele mõeldud ruumides, näiteks põllumajandusnäitustel, tuleb kõikide pingega kokkupuutuvate, elektrit juhtivate osade ja samaaegselt võimalike puudutatavate muude elektrit juhtivate osade ning elektripaigaldiste kaitsejuhtide vahel kasutada täiendavat potentsiaaliühtlustust. Kui põrandasse on paigaldatud metallvõrk, tuleb see ühendada loomade pidamise ruumis nõutud lokaalse potentsiaaliühtlustusega.

Kui messide ja näituste ajutised seadmed hõlmavad sõidukeid, haagiseid, autosuvilaid või konteinereid, tuleb nende muud elektrit juhtivad osad ühendada elektripaigaldise kaitse- ja potentsiaalijuhtidegametega enam kui ühest kohast, kui konstruktsioon ise ei taga potentsiaaliühtlustuse jätkumist.katkematust. Ühendus teostatakse vähemalt 4 mm<sup>2</sup> Cu-juhiga. Kui eespool nimetatud konstruktsioonid on teostatud peamiselt isoleerivast materjalist, ei nõuta täiendavat potentsiaaliühtlustust selliste metallosade puhul, mille rikke tekkel pingestumine on ebatõenäoline.



Kaitse kuumuse eest tagatakse peamiselt standardiseeria EVS-EN 60364 SFS 6000 punktis osas 42 kirjeldatud viisil. Kuna tulekahjuoht on sellistes teatud oludes suurenenud, tuleb tuleohutuse tagamisele pöörata eriti suurt tähelepanu.

Iga ühele kasutajale mõeldud ajutine rajatis, näiteks messiboks või müügiauto, tuleb varustada selgesti nähtava ja kasutaja käeulatuses oleva lahutusseadmega. Selline seade võib olla lüliti, rikkevoolukaitse vms, mis lahutusseadme standardi alusel sobib seadme vooluvõrgust lahti ühendamiseks.

Messi- ja näituseruumide ajutiste paigaldiste põhikaitseks ei tohi kasutada ainult kaitsmist puutekatete takistuste abil ega pingestatud osade paigutamistga väljaspoole puutekaugusest. väljapoole. RikkevooluKaitsemeetodina ei tohi ka kasutada kasutuskoha isoleerimist ega kaitset lokaalse kohalikku, maapinnast eraldatud potentsiaaliühtlustustega. Selliste ürituste ajutistele paigaldistele toite tagavate kaablite kaitseks on soovitatav kasutada nimivoolult maksimaalselt 500 mA rakendusvooluga rikkevoolukaitset, mis tagab toite piisavalt kiire lahti ühendamiseväljalülitamise. Et kaitsmisel selektiivsust saavutada, on soovitatav kasutada S-tüüpi rikkevoolukaitset. Ühtlasi tuleb kõik maksimaalselt 20 A pistikupesadele toite tagavad rühmajuhitud liinid kaitsta nimirakendusvoolult maksimaalselt rakendusvooluga 30 mA rikkevoolukaitsetega, mis tagavad ahelate täiendava kaitse.

Kõikide valgustusseadmete paigaldamisel tuleb järgida seadmestandardist tulenevaid paigaldus- ja kaitsenõudeid ning valgustusseadmed tuleb paigaldada tuleohtlikest materjalidest piisavalt kaugelt. Näitusevitriinid ja tahvlid tuleb valmistada kuumust ja mehhaanilisi koormusi taluvatest materjalidest. Neis peab olema piisav ventilatsioon ja elektriline isolatsioonivõime ning vajadusel tuulutamisvõimalus. Põrandast alla 2,5 m kõrgusele ja vajadusel ka madalamal paiknevad valgustid tuleb kinnitada usaldusväärsel ja otstarbekohasel viisil. ElektriLahenduslampidega valgusteid kasutavate paigaldiste puhul tuleb arvestada mitmeid asjaolusid, näiteks nende paigutamist puutekaugusest väljapoole, reklaamtahvlite mittesüttivaid materjale ning avariilülitate nähtavale jäävat paigaldust. Üle 1 kV, kuid alla 10 kV elektrilahenduslampidega valgusteid hõlmab eraldi paigaldusstandard SFS-EN 50107.

Valgustite tootjad kehtestavad enamasti oma juhistes valgustite ette jäetava vaba vahekauguse minimaalse väärtuse. Kui valgustitootja ei ole minimaalset vahekaugust kehtestanud, võib normväärtusena kasutada standardiseerias EVS-EN 60364 SFS 6000 tuletõkkeid käsitlevas punktis 422.3.9 toodud minimaalseid vahekaugusi, mis on lambi võimsuse funktsiooni kaudu väljendatult järgmised:

- 100 W vähemalt 0,5 m
- 100-300 W vähemalt 0,8 m
- 300-500 W vähemalt 1 m.

Eriti halogeenvalgustite kasutamisel tuleb meeles pidada, et need valgustid tekitavad kõrgeid temperatuure. Külmkirurgus-halogeenlampide kasutamisel tuleb hoolitseda valgustite piisava ventileerimise eest. Ka halogeenlampide kinnitusalus peab taluma kuumuskoormust ning valgusti ei tuleks kuumuse tõttu pehmenenud kinnitusalusel küljest lahti.

Messi- ja näituseruumide juhtimis- ja kaitseeadmed tuleb paigutada suletud karpidesse selliselt, et kõrvalised isikud ei saaks neid käsitseda. Karbid peavad olema ainult võtmetega või tööriistadega avatavad, kui tegemist on elektrialase eriettevalmistuseta inimeste kasutusse mõeldud seadmetega.

Madalpingetraford, mis on varustatud mitme liidesega, peavad vastama neid hõlmavate konstruktsioonistandardite nõuetele (SFS-EN 60742 või SFS-EN 61558-2-6). Madalpingetrafoodes ja –muundurites peavad identifitseerimise tarvis olema piisavad tähised nähtavale jäävatel siltidel. Iga madalpingetrafo sekundaarahel tuleb kaitsta käsitsi tagastatava kaitseeadmega. Need trafo tuleb paigutada puutekaugusest ja publiku käeulastusest väljapoole ning piisava ventilatsiooniga kohta.

Messi- ja näituseruumide paigalduskaablid peavad olema vähemalt 1,5 mm<sup>2</sup> ristlõikega Cu-kaablid. Pistikupesad tuleb paigaldada nii, et pikendusjuhtmete arvu saaks miinimumi viia. Ühte püsivalt paigutatud pistikupesas võib ühendada ainult ühe pikendusjuhtme, milles võib olla mitu liidest. Harunemiseks mõeldud adapterite kasutamine ei ole lubatud.

Messide ja näituste elektripaigaldistele tuleb peale iga paigaldustööd teostada paigalduskohal kasutuselevõtu kontroll - ülevaatus.

## 16.5 LIKUVAD VÕI TEISALDATAVAD SEADMED

Mõiste “seadmed” tähendab sõidukit ja/või liikuvat või teisaldatavat konstruktsiooni, milles sisalduvad kõik elektripaigaldise osad. Seadmed on liikuvad, näiteks sõidukid (iseliikuvad või pukseeritavad), või teisaldatavad, näiteks konteinerid või soojakud, mis on paigaldatud alusvankrile.

Näidetena kasutusotstarvetest võib nimetada ringhäälingu tegevust, kasutamist meditsiinilistel eesmärkidel, reklaamis, tuletõrjes, töökodades jne. Toite, kaitse ja seadmete valiku ja paigaldamise kohta on antud detailsemad juhised standardi EVS-EN 60364 SFS 6000 osas 7-717.

## 16.6 LÖBUSTUSPARKIDE, TIVOLITE JA TSIRKUSTE SEADMETE, MÜÜGIKIOSKIDE JMS. AJUTISED ELEKTRIPAIGALDISED

Toite, kaitse ja seadmete valiku ning paigaldamise kohta on antud detailsemad juhised standardi EVS-EN 60364 SFS 6000 osas 7-740. Selles osas on kehtestatud miinimumnõuded ajutiselt paigaldatud, teisaldatavate või liigutatavate elektrimasinast ja konstruktsioonidest moodustuvate elektripaigaldiste turvalise ehituse, paigalduse ja kasutamise kohta. Need masinad ja konstruktsioonid on mõeldud tsirkuses, tivolites, löbustusparkides jms. kohtades korduvalt ajutiseks kasutamiseks paigaldamiseks ilma, et nende ohutus kannataks väheneks. Need nõuded ei hõlma püsipaigaldusega löbustusparkide (Soomes näiteks Linnanmäki) elektriseadmeid.

## ALLIKAD

Sähköasennukset 1, 2006  
Sähköasennukset 2, 2006  
Sähköasennustekniikka 2,  
2004 Sähköasennustekniikka 3, 2004

SFS-käsiraamat 600  
SFS-käsiraamat 154

### JOONISTE ALLIKAD

ABB Oy	<a href="http://www.abb.fi">www.abb.fi</a>
Elfoil Oy	<a href="http://www.elfoil.fi">www.elfoil.fi</a>
ENSTO	<a href="http://www.ensto.com/fi">www.ensto.com/fi</a>
Legalett	<a href="http://legalett.rakentaja.fi/">http://legalett.rakentaja.fi/</a>
MEKA	<a href="http://www.meka.eu">www.meka.eu</a>
Polarheat Oy	<a href="http://www.infraheat.com">www.infraheat.com</a>
Schneider Electric	<a href="http://www.schneider-electric.fi">www.schneider-electric.fi</a>
Suomen Lämpöpumppuyhdistys ry	<a href="http://www.sulpu.fi">www.sulpu.fi</a>

Raamat „Elektripaigaldustööd 2“ (Sähköasennukset 2) käsitleb hoonete elektri-paigaldiste erinevaid paigaldusviise, erinevatest ruumidest tulenevaid nõudeid läbiviikudele ja tuletöketele, jaotuskilpe, lülitus- ja kaitseseadmeid, valgustus- ja kütteseadmete paigaldisi ning ajutise elektrikasutamisega seotud paigaldisi. Raamat on neljaosalise raamatuseeria „Sähköasennukset“ teine osa.