

MAGYAR ELEKTROTECHNIKAI EGYESÜLET

Villámvédelem

felülvizsgálók tankönyve

Dr. Horváth Tibor

1997

Tartalomjegyzék	Oldal
Előszó	1
1. Bevezetés	3
1.1. Jogszabályok, szabványok, szabályzatok	4
1.2. A villámvédelemre vonatkozó előírások	6
2. A villám	10
2.1. A zivatar	10
2.2. A villám keletkezése	15
2.3. A villámcsapás fizikai tulajdonságai	19
3. A villámcsapás káros hatásai	23
3.1. A villám gyújtóhatása	23
3.2. A villám olvasztóhatása	25
3.3. A villám dinamikus erőhatásai	27
3.4. Indukált feszültség	31
4. A villámvédelem és az ellenőrzés alapjai	33
4.1. A villámhárító felépítése és működése	33
4.2. A várható veszély nagyságát kifejező csoportosítás	40
4.3. A villámhárító fokozatának jelölése	41
4.4. Hogyan ellenőrizzük a villámvédelmi berendezést	43
5. Az épületek villámvédelmi csoportosítása	44
5.1. Rendeltetés szerinti csoportok	45
5.2. Magasság és környezet szerinti csoportok	48
5.3. Milyen csoportba soroljuk a tetőt?	54
5.4. A körítőfalak anyaga szerinti csoportok	56
5.5. A környező levegő szennyezettsége szerinti csoportok	58
6. A tető szerkezete és besorolása	59
6.1. A tető kialakításának jellegzetes típusai	59
6.2. Magastetők szerkezeti kialakítása	64
6.3. Lapostetők szerkezeti kialakítása	70
6.4. Különleges kialakítású tetők	75
6.5. Különleges építmények	76

7. A villámhárító előírt fokozatának megállapítása	80
7.1. A felfogó fokozatának megállapítása	80
7.2. A levezető fokozatának megállapítása	83
7.3. A földelés fokozatának megállapítása	85
8. A felfogó követelményei	88
8.1. A felfogó általános elrendezésének fokozatai	88
8.2. A felfogó szerkezete	93
9. A levezető követelményei	106
9.1. A levezető általános elrendezésének fokozatai	107
9.2. Az eredő áramút kiszámítása	111
9.3. A levezető szerkezete	115
10. A földelés követelményei	121
10.1. A földelő általános elrendezésének fokozatai	121
10.2. A földelési ellenállás	124
10.3. A földelő szerkezete	129
10.4. A földelési ellenállás mérése	141
11. Különleges épületek és építmények villámvédelme	146
11.1. Tornyok	146
11.2. Kémények és kürtők	148
11.3. Fémtartályok	152
11.4. Csővezetékek	158
11.5. Egyéb fémépítmények	160
12. Belső villámvédelem	163
13. Elektromágneses villámimpulzus elleni védelem	173
13.1. A villámimpulzus csatolási módjai	173
13.2. Villámvédelmi zónák	180
13.3. Információs rendszerek összecsatolása	193
13.4. Többlépcsős túlfeszültség-védelem	195
14. Építmények közös (csoportos) villámvédelme	202
14.1. A független villámhárító általános előírásai	203
14.2. A közös ill. független villámhárító ellenőrzése	207

15. A villámvédelem ellenőrzése és felülvizsgálata	209
15.1. A helyszíni vizsgálat előkészítése	209
15.2. A helyszíni vizsgálat elvégzésének módja	212
15.3. A túlfeszültség-védelem felülvizsgálata	216
15.4. A felülvizsgálói jelentés készítése	217
15.5. A felülvizsgáló képesítése és személyi tulajdonságai	225
16. Kidolgozott példák, feladatok	230
Mellékletek	255

A szövegben található táblázatok

Szám	Oldal
2.1. A villámáram jellemző értékeinek előfordulási gyakorisága	20
3.1. A becsapási ponton megolvasztott fém mennyisége	25
3.2. A becsapási ponton 1% valószínűséggel átégetett lemezek vastagsága	26
5.1. Az épületek magasság szerinti csoportosítása az MSZ 274/2-81 szerint	53
5.2. A környezeti hatások áttekintő adatai	53
5.3. A tetőzet villámvédelmi besorolása	55
7.1. A felfogó előírt fokozatai (MSZ 274/3-81)	81
7.2. A levezető és a földelés előírt fokozatai (MSZ 274/3-81)	84
8.1. A V3...V6 fokozatú felfogórendszer szerkesztési adatai	93
8.2. A felfogóvezetők távolságára vonatkozó előírások	105
9.1. A természetes levezető legkisebb méretei	106
9.2. A kisegítő természetes levezető legkisebb méretei	107
10.1. A talaj fajlagos ellenállásának (ρ) becsült értékei	127
10.2. Földelők szétterjedési ellenállásának számítása	128
10.3. Földelő céljára használható anyagok és legkisebb méreteik	130
10.4. A földelők csoportosítása	131
13.1. Az összekötő vezetők legkisebb keresztmetszete az MSZ IEC 1312-1:97 szabvány szerint	189
13.2. A villámáram jellemző adatai az MSZ IEC 1312-1:97 alapján	189

Előszó

A villámvédelem ellenőrzését és időközi felülvizsgálatát jogszabályok írják elő, amelyek azt is meghatározzák, hogy milyen képesítésű személy végezheti el a vizsgálatokat. A Magyar Elektrotechnikai Egyesület hosszú idő óta tanfolyamok szervezésével segíti az érdeklődő szakembereket a képesítéshez szükséges vizsgára való felkészülésben. A tananyagot eddig több kiadásban megjelent tanfolyami jegyzet foglalta össze, amelyet szükség szerint módosítottak. Jelenleg alaposabb korszerűsítésre van szükség, mert gyökeresen megváltozott a jogszabályi háttér, a szabványok jogállása, a Magyar Szabványügyi Hivatalt a Magyar Szabványügyi Testület váltotta fel, valamint időközben nemzetközi és európai szabványok készültek el, amelyek közül magyar nemzeti szabványként is megjelent az elektromágneses villámimpulzus elleni védelemre vonatkozó IEC szabvány.

A tartalmi korszerűsítés mellett ki lehetett használni a szövegszerkesztő alkalmazásából származó előnyöket és így a korábbi gépelt jegyzet helyett a nyomdai kiadványokhoz hasonló kiállítású könyvet adhatunk a felhasználók kezébe. Bár az új tankönyv lényeges részekkel bővült és formájában is különbözik az előző jegyzettől, igyekeztünk abból a bevált részeket, ábrákat, táblázatokat és példákat átvenni. Tisztelve a korábbi kiadványok szerzőinek gyakorlati tapasztalatát és erőfeszítését az ő munkájuk sem veszett így kárba.

A korábbi jegyzet első kiadásához hozzá tartozott a vizsgakérdések jegyzéke is, bár ez a későbbi kiadványból elmaradt. Ez a tankönyv sem tartalmazza a vizsgakérdéseket, de a tervek szerint a Magyar Elektrotechnikai Egyesület külön kötetben azokat is kiadja. A kérdések összeállítása a könyv írásával párhuzamosan folyt és így kis késéssel követni fogja a könyv megjelenését.

A szövegszerkesztő által nyújtott lehetőségeket kihasználva a jövőben egyszerűbé válik a könyv korszerűsítése, amelyhez az olvasók észrevételeit is figyelembe lehet venni. Fokozottan érvényes ez a vizsgakérdésekre, ameihez különösen számítunk a vizsgázók és a vizsgára készülők tapasztalataira. Kérjük ezért, hogy észrevételeiket juttassák el a Magyar Elektrotechnikai Egyesület, 1055, Budapest, Kossuth Lajos tér 6-8. címére.

Az átdolgozás munkájában a Budapesti Műszaki Egyetem Nagyfeszültségű Technika és Berendezések Tanszékének adjunktusai, dr. Fodor István és dr. Szedenik Norbert vettek részt, a szövegszerkesztőre dr. Azary Józsefné főelőadó tette át a könyv szövegét. A munkát dr. Horváth Tibor egyetemi tanár koordinálta és öntötte végleges formába. A könyvet Kovács Pál László lektorálta, aki több évtizedes tapasztalatával és töretlen gondosságával jelentősen hozzájárult ahhoz, hogy minél tökéletesebb kötet kerüljön a felülvizsgálók kezébe. A közreműködők minden igyekezete ellenére mégis előforduló hibákért elnézést kérünk.

Budapest, 1997. március 15.

1. Bevezetés

A villámvédelem célja az embernek és alkotásainak védelme a villámcsapás káros hatásai ellen. Ez érinti az emberélet védelmének, a tűzvédelemnek és a vagyonvédelemnek a problémáit, de az utóbbi esetben gazdasági kérdés is. Emiatt a villámvédelemre vonatkozóan az állam követelményeket határoz meg, amelyeket minden területen be kell tartani. Ezek a követelmények különböző alakban jelennek meg, amellyel az 1.1. pont foglalkozik.

A villámvédelem létesítésével és utólagos felülvizsgálatával kapcsolatos tevékenységek ellátásához megfelelő szakismeretekre van szükség, amit a villámvédelmi felülvizsgálat végzésére jogosító bizonyítvány igazol. A bizonyítvány megszerzéséhez vizsgát kell tenni, amelynek tananyagát a villámvédelemre vonatkozó előírások alkotják. Ez a jegyzet segítséget nyújt a felkészüléshez, de nem tartalmazza az összes előírást, hanem magyarázatokkal és áttekinthető összefoglalókkal hozzájárul a megértésükhöz. A jegyzet elsősorban a felülvizsgálattal foglalkozó szakemberek számára készült, de hasznosan forgathatják a villámvédelem tervezésével, építésével és karbantartásával foglalkozó szakemberek is. Részletesebb elméleti és gyakorlati ismereteket lehet találni a következő szakkönyvekben:

Horváth T.: *Épületek villámvédelme*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980. Az előírások fizikai alapjai.

Panzer, P.: *Elektronikus készülékek túlfeszültség- és zavarfeszültségvédelme*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1990. A villámcsapás másodlagos hatásai elleni védelem.

Villámvédelem (MSZ 274). Szabványkiadó. 1990. A villámvédelemmel foglalkozó szabványok teljes szövege, a hozzájuk fűzött magyarázatokkal.

Horváth T.: *Családi házak villámvédelme*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1993. Ismeretterjesztő könyv gyakorlati tanácsokkal.

A felsorolt könyveken kívül ajánlani lehet az Elektrotechnika című folyóirat 1990-től megjelent évfolyamait, amelyekben különösen az elektronikus és a kiefeszültségű villamos berendezések védelmére vonatkozóan lehet hasznos cikkeket találni.

Hangsúlyozni kell, hogy ez a Magyar Elektrotechnikai Egyesület által kiadott jegyzet nem helyettesíti az előírásokat, de hozzájárul a villámvédelmi felülvizsgálat végzésére jogosító vizsgára való felkészüléshez. Fontos követelmény, hogy ezt a bizonyítványt csak villamos szakképzettségű személy, tehát villanyszerelő, villamosipari technikus és villamosmérnök szerezheti meg. A jegyzet egyébként a Magyar Elektrotechnikai Egyesület által szervezett előkészítő tanfolyamok tankönyve, és korszerűsített változata a korábban a **Villámvédelem és felülvizsgálata** cím alatt 1987-ben ill. 1991-ben kiadott jegyzeteknek.

1.1. A jogszabályok, szabványok, szabályzatok

A jogszabály fogalom körébe tartoznak az Országgyűlés által alkotott **törvények**, a kormány és a miniszterek által kiadott **rendeletek** és **határozatok**. Ezeket hivatalosan a Magyar Közlönyben teszik közzé és Magyarországon mindenkre kötelező hatályúak. Az előbbi felsorolás egyben rangsort is jelent és így alacsonyabb szintű jogszabály nem lehet ellentétes egy magasabb szintűvel, tehát egy rendelet egy törvénnyel, vagy valamilyen miniszteri rendelet egy kormányhatározattal.

A villámvédelmet is érinti a **tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény**, amely sok egyéb rendelkezés jogi alapját képezi.

A szabványok nem tartoznak a jogszabályok körébe. Jogállásukat az **1995. évi XXVIII törvény a nemzeti szabványosításról** határozza meg. Ennek értelmében a

- **nemzeti szabvány** olyan szabvány, amelyet a Magyar Szabványügyi Testület alkotott meg, vagy fogadott el, és tett a nyilvánosság számára hozzáférhetővé.
- A nemzeti szabvány jele: **MSZ** (Magyar Szabvány), amelyet a szabvány azonosítása száma és a közzététel évszáma követ.
- A **nemzetközi és az európai szabványokat** Magyarországon szabványként közzétenni csak nemzeti szabványként lehet. Ebben az esetben az MSZ jelet az eredeti nemzetközi jel (ISO, IEC, EN, CEN, CENELEC stb.) egészíti ki. Az ilyen szabványok azonosítási száma az eredeti nemzetközi jelölést tartja meg.

A nemzeti szabvány alkalmazása *önkéntes*, kivéve, ha jogszabály egészben vagy részben *kötelezően alkalmazandónak* nyilvánítja. Az ilyen szabvány nyelve csak magyar lehet.

A villámvédelemre vonatkozó MSZ 274/1...274/4 szabványokat *A tűzvédelem és a polgári védelem kötelező nemzeti szabványainak megállapításáról szóló 1/1995. (II.10.) BM rendelet* nyilvánítja kötelezően alkalmazandónak.

Az épületek tűzvédelmére vonatkozó MSZ 595/2...595/9 szabványok jogszabályi háttere az *Egyes környezetvédelmi és építésügyi nemzeti szabványok kötelezővé nyilvánításáról szóló 30/1994. (X.6.) KTM rendelet*.

A villámvédelemmel is kapcsolatos villamos biztonságtechnikai szabványok közül az MSZ 172/1...172/4, az MSZ 1600/1...1600/16 valamint a mérésekkel foglalkozó MSZ 4851/1...4851/6 szabványokra az *Egyes nemzeti szabványok kötelező alkalmazásáról szóló 30/1994. (XI.8.) IKM rendelet* vonatkozik.

A kötelező szabványok előírásaitól eltérni csak annak a hatóságnak az engedélyével szabad, amelyik a kötelező alkalmazást elrendelte. A szabványt kiadó Magyar Szabványügyi Testület tehát ilyen felmentést – a korábbi gyakorlattal ellentétben – nem adhat. E szabványoknak a bevezető szövege felhívja a figyelmet arra, hogy a kötelező alkalmazást melyik jogszabály írja elő.

A szabályzatok bizonyos tevékenységekkel összefüggő szabályokat és kötelezettségeket határoznak meg. Ezeket ugyancsak valamilyen jogszabály teszi kötelezővé. A villámvédelemmel kapcsolatban két szabályzatot kell szem előtt tartani.

Az **Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ)** a 35/1996. (XII.29.) BM számú rendelet (korábban a 4/1980.(XI.25.) BM rendelet) révén kötelező. A villámvédelemet tekintve fontos, hogy az OTSZ határozza meg a **tűzveszélyességi osztályokat**, mert ezek adják az alapot az épületek besorolására a villámcsapás által okozott veszély és károk szempontjából, ezért a szabványok sok helyen hivatkoznak rá. Ugyancsak az OTSZ határozza meg, hogy milyen időközönként kell felülvizsgálatot végezni, aminek a módját viszont az erre vonatkozó szabvány írja le.

Az **Országos Építésügyi Szabályzat (OÉSZ) a 2/1986. (II.27.) ÉVM számú rendelet** révén kötelező. A villámvédelem szempontjából fontos a **nagy forgalmú építmény** meghatározása, amelynek bejáratonkénti személyforgalma 10 perc alatt bármikor meghaladhatja a 300 főt. Villámhárító létesítésekor természetesen be kell tartani az építésre vonatkozó általános szabályokat.

A villámvédelmet gyakran a villamos biztonságtechnika körébe sorolják, bár lényegében nem tartozik bele. Ennek ellenére több előírás a villámvédelemre is vonatkozik. Így például a létesítési előírások betartását, a berendezés minőségét és állapotát a villámhárító elkészülte után is ellenőrizni kell. Ezt követően az OTSZ szerint meghatározott időközökben felülvizsgálatot kell végezni. Az ellenőrzést illetve a felülvizsgálatokat három csoportba sorolhatjuk aszerint, hogy ki végzi el őket:

- önellenőrzés (az üzemeltető végzi vagy végezteti el);
- hivatalos ellenőrzés (az üzemeltető felett gazdasági felügyeletet gyakorló szerv végzi vagy végezteti el);
- hatósági ellenőrzés (az üzemeltetőtől független hatóság végzi el).

Villámvédelem tekintetében a Belügyminisztérium az ágazati főhatóság, amely a Tűzoltóság Országos Parancsnoksága (BM TOP) útján látja el a közvetlen feladatokat. A helyi (megyei, városi) Tűzoltó Parancsnokság szintén végezhet hatósági feladatokat. Hatósági ellenőrzési feladatai vannak az Állami Energetikai és Energia-biztonságtechnikai Felügyeletnek is, valamint saját területükön az olyan szervezeteknek, mint pl. az Országos Bányaműszaki Felügyelőség, vagy a helyi önkormányzat építésügyi szervei.

1.2. A villámvédelemre vonatkozó előírások

Az *1/1995. (II.10.) BM rendelet* kötelezővé teszi a következő villámvédelmi szabványokat:

MSZ 274/1-77 Villámvédelem. Fogalommeghatározások.

MSZ 274/2-81 Villámvédelem. Épületek és egyéb építmények villámvédelmi csoportosítása.

MSZ 274/3-81 Villámvédelem. A villámhárító berendezés
műszaki követelményei.

MSZ 274/4-77 Villámvédelem. Felülvizsgálat.

Az idézett rendelet mellékletében nincs felsorolva a kötelezően
alkalmazandó szabványok között az azóta elfogadott

MSZ IEC 1312-1:1997 Elektromágneses villámimpulzus elleni
védelem. Általános elvek.

című, nemzetközi szabványon alapuló nemzeti szabvány. Ennek
következtében ez jelenleg nem kötelező előírásokat tartalmaz. Az
átmeneti állapotot az MSZ 274/3 szabvány tervezett módosítása fogja
feloldani. Ez a szabvány bizonyos esetekben jelenleg is kötelezően
előírja a belső villámvédelem keretében az elektronikus és
kisfeszültségű villamos berendezések védelmét a villámcsapás
másodlagos hatásaival szemben. A tervezett módosítás szerint ebben
az esetben a védelem műszaki követelményeit az MSZ IEC 1312-1
határozza meg. Így meghatározott körben ennek a szabványnak az
alkalmazása is kötelezővé válik.

Az említett villámvédelmi szabványok az állandó, helyhez kötött
létesítményekre vonatkoznak, kivéve a villamos és távközlési
vezetékeket. A szabványban meghatározott műszaki követelmények
értelemszerűen, irányelveként alkalmazhatók az ideiglenes
berendezésekre, mint pl. toronydarura.

Egyes esetekben előfordul, hogy a nagyobb terjedelmű szabvány
kisebb kiegészítések vagy módosítások nem jelenik újra a teljes
szabvány, hanem csak egy lap, amelynek jelzésében az évszám mellett
K (kiegészítő) vagy **M** (módosító) jel van. Az ilyen lapok az eredeti
szabvánnyal azonos érvényűek és utánnyomáskor rendszerint be is
építik őket a szabvány szövegébe. Így például az MSZ 274/3
szabványnak is jelent meg **M** jelzésű módosítása.

A szabványnak megfelelően megépített villámvédelem sem nyújt
100% biztonságot mindenféle sérülés vagy kár ellen, hanem egy
gazdasági és társadalmi szempontból elfogadható mértékű kockázat
fennmarad. Szükség esetén a kockázatot csökkenteni lehet a szabvány
előírásain túlmenő követelmények betartásával. A szabványhoz képest
szigorúbb követelményeket azonban csak a létesítmény tulajdonosa

vagy üzemeltetője továbbá az illetékes hatóság támaszthat, a tervezőnek vagy a felülvizsgálónak erre nincs felhatalmazása, legfőbb javaslatot tehet, amelyet azonban nem kötelező elfogadni. Az MSZ 274/3-81 szabvány szerint, abban az esetben, ha a villámcsapás emberélethez nem veszélyeztet, a kockázat és a létesítés költségeit összehasonlító számítás alapján lehet a villámhárítót kialakítani. Előfordulhat, hogy a szabvány előírásai csak részben teljesülnek. A felülvizsgáló ebben az esetben csak azt ellenőrizheti, hogy a létesítményben emberélet veszélyeztetésével nem kell számolni, illetve a villámhárító a terveknek megfelelően épült és állapota rendben van.

Tekintettel arra, hogy a szabványok időnként változnak, viszont az épületeket és a villámhárítót nem lehet minden alkalommal átépíteni, a régi épületekre a korábbi előírások érvényesek. Az MSZ 274/3-81 szabvány erre vonatkozóan a következő útmutatást adja:

E szabvány hatályba lépése (1982. január 1.) után a villámvédelmi tervek csak e szabvány szerint készülhetnek. A hatályba lépés időpontja után két évig még létesíthetők villámhárító berendezések a hatályba lépés előtt készült tervek alapján is. Ha meglevő villámhárító berendezést felújítanak, akkor e szabvány előírásait kell alkalmazni.

Ennek értelmében előfordulhat, hogy a villámhárító berendezés felülvizsgálatát az MSZ 274 valamelyik korábbi kiadása alapján kell végezni, amelyek az alábbiak szerint léptek hatályba:

MSZ 274-52	1953. február 15.
MSZ 274-62	1963. július 1.
MSZ 274-72	1973. július 1.

A jelenleg érvényes szabványok hatályba lépésének időpontja:

MSZ 274/1-77	1977. október 1.
MSZ 274/2-81	1982. január 1.
MSZ 274/3-81	1982. január 1.
MSZ 274/4-77	1978. április 1.

A villámhárító berendezést első ízben az elkészülése után, átadás előtt kell ellenőrizni. Később ismételt felülvizsgálatot kell végezni az *Országos Tűzvédelmi Szabályzat* 40.§ (3) bekezdése szerint:

A és B tűzveszélyességi osztályba tartozó építményben legalább
3 évenként;

C tűzveszélyességi osztályba tartozó építményben legalább
6 évenként;

D és E tűzveszélyességi osztályba tartozó építményben legalább
9 évenként;

A 3/1980. (VIII. 30.) BM számú rendelet 59.§ (2) bekezdése, valamint 5. számú mellékletének K) pontja értelmében a villámvédelmi felülvizsgálatokat olyan villamos szakképzettségű személy végezheti, aki a témakörből sikeres vizsgát tett és érvényes szakvizsga-bizonyítványt szerzett. A felülvizsgálat elvégzésének módját az MSZ 274/4-77 szabvány határozza meg.

2 A villám

A villám a zivatarok alkalmával a felhő és a föld vagy két felhő között keletkező nagyfeszültségű villamos kisülés.

2.1 A zivatar

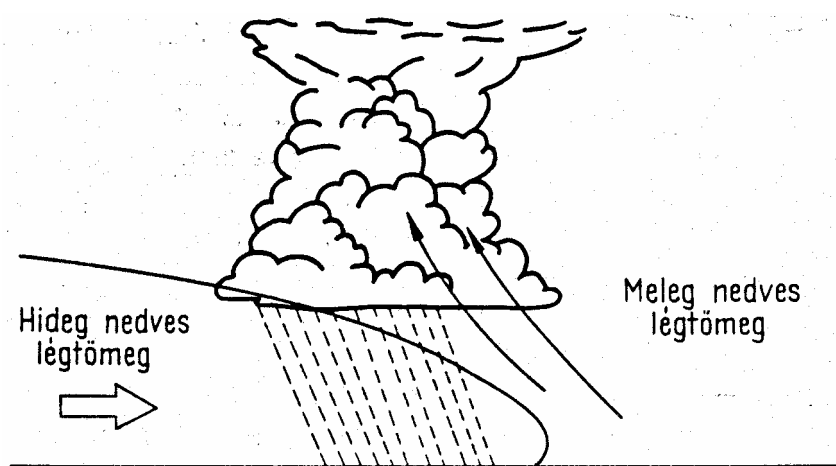
Zivatarnak nevezik azt a légköri jelenséget, amely villámok keletkezésével is jár. Zivatar idején többnyire eső vagy szél is lehet, de a villámok nélküli zápor vagy szélvihar (orkán) nem zivatar.

Zivatar esetén meleg, nedves légtömeg emelkedik gyorsan fölfelé és közben lehűl, ami párakicsapódást, felhőképződést és a villamos töltések szétválását idézi elő. *Hőzivatar* alkalmával a gyors emelkedést a napsugárzás miatt a talaj közelében felmelegedett, és ezért könnyebb, valamint a fölötte levő nehezebb, hideg légréteg labilis egyensúlyának fölborulása okozza, amitől a nedves, meleg levegő felszáll. Nyári napsütésben az Alföldön előfordulhatnak hőzivatarok, de csak ritkán. A *domborzati zivatart* a hegyek lejtőjének ütköző és ott fölfelé áramló, nedves, meleg légtömeg hozza létre. A hazai hegyek azonban nem elég magasak ahhoz, hogy más hatások nélkül is zivatart hozzanak létre. Nálunk leggyakrabban vonulati vagy *frontzivatar* képződik, ha többnyire nyugat felől hidegfront tör be. Az óceán vagy a Földközi-tenger felől nagy sebességgel érkező és az itt levőnél hidegebb légtömeg a 2.1. ábra szerint fölfelé szorítja ki az előtte levő meleg, nedves légtömegeket, és az erős felfelé áramlás hozza létre a zivatarfelhőt. A betörő hidegfrontot és így a frontzivatart is a mérsékelt égövre jellemző ciklonok alakítják ki, amelyeknek örvénye néhány nap alatt egész Európát végigsöpri, légnyomáscsökkenést és lehülést okozva.

A front egyetlen nap vagy néhány óra alatt áthalad Magyarországon, általános esőzést és zivatarokat létrehozva mindenütt, míg a hőzivatar elszórtan jelenik meg és közben másutt derült lehet az idő. A hazai hegyek a front hatását erősítik, ezért előfordul, hogy a gyengébb front a síkságon nem jár zivatarral, de a hegyvidéken igen.

A zivatarfelhő képződése ott kezdődik, ahol a felszálló levegő eléri a harmatpont hőmérsékletét, ezért a felhő alja egyenesnek látszik

és minden felhőé ugyanabban a magasságban van. A felszálló levegő állandóan hűl, és 2000...4000 m magasságban még nyári időben is eléri a 0°C szintjét. E fölött túlhűtött vízcseppek, majd jégzemcsék keletkeznek. A zivatarfelhők 8000...10 000 m magasan levő tetején apró jégkristályokból álló, ernyőszerűen szétterülő képződmény jelenik meg. Ez a zivatarfelhők messziről felismerhető ismertetőjegye, amelyet a magyar népnyelv üllőnek nevez, bár nem mindig olyan szimmetrikus, mint a 2.1. ábrán látható, mert a szél az egyik oldalra eltorzíthatja.

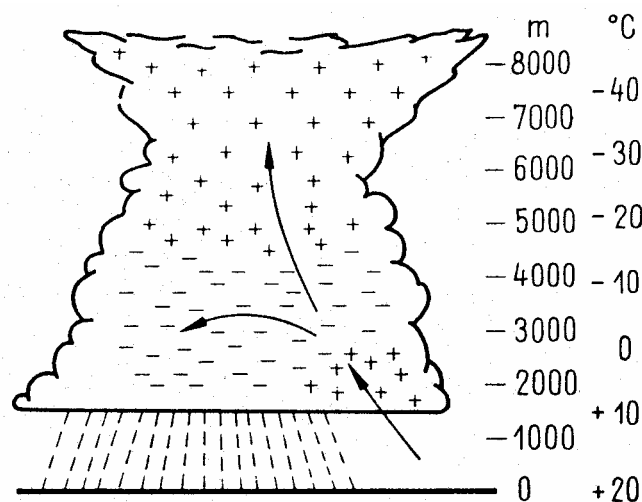


2.1. ábra
Zivatar kialakulása hidegfront betörésekor

Villamos töltések keletkezése már a zivatarfelhőnek a fagypont alatti részén megkezdődik. A töltésképződésre sok elmélet létezik, és nem tudjuk pontosan melyik folyamat játssza a legnagyobb szerepet, ezért példaként csak a legvalószínűbbeket említjük. A Lénárd–Simpson-féle vizesélmélet szerint a légáram hatására szétporladó vízcseppek nagyobb maradványai pozitív, a finomabb permet cseppjei negatív töltésűek lesznek. Ennek következtében a 2.2. ábra szerint a nagyobb vízcseppek a zivatarfelhő alsó részén pozitív töltésű gócot hoznak létre, míg a negatív töltésű vízpermetet a szél a felhő magasabb illetve távolabbi részébe ragadja magával.

A vízcseppek megfagyása is töltésmegosztást okoz, mégpedig apró, pozitív töltésű jégzilánkok pattannak le a nagyobb és negatív

töltésűvé váló jég szemcsékről. Ezek a szilánkok alkotják a felhő felső részén a 2.2. ábrán látható pozitív töltésgócot, a nagyobb jég szemcsék viszont a fagyponthoz közeli zóna környékén a negatív töltésmennyiséget növelik. Így alakul ki az ábra szerinti töltéeloszlás a zivatarfelhőben.

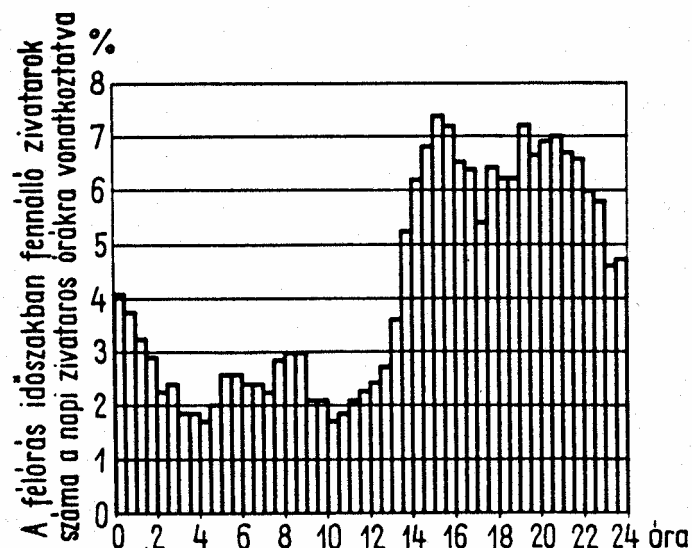


2.2. ábra
A zivatarfelhő töltései

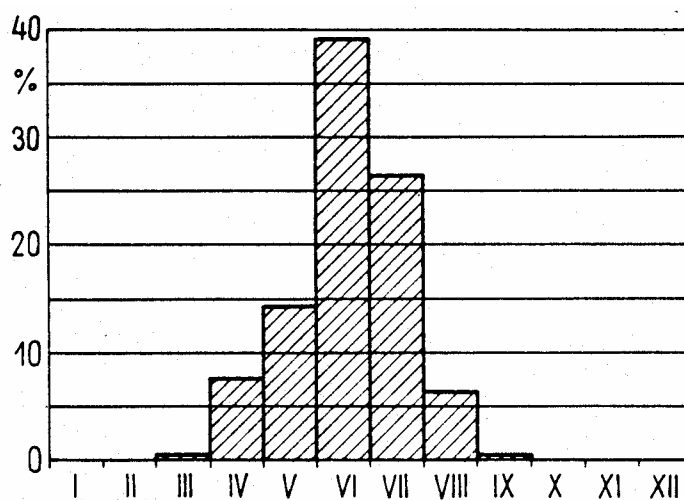
Bár a valóságos zivatarfelhő töltéeloszlása a légáramlások következtében elég változatos, a fagyponthoz közeli zónában helyezkedik el a zivatarfelhő töltéseinek nagyobb része. Az alsó pozitív góccal ehhez képest kicsi, de erősen koncentrált. Egy frontzivatarban a 2.2. ábrán bemutatott felépítésű zivatarfelhők különböző kialakulási állapotban szorosan egymás mellett helyezkednek el. A fronttal vonuló zivatar ezeket a zivatarcellák alkotják.

A zivatarok keletkezésének előbb leírt folyamata magyarázatot ad megjelenésük időbeli eloszlására is. A zivatarfelhő képződéséhez szükséges meleg, nedves levegő ugyanis főleg a kora-délutáni órákban alakul ki, ezért a legtöbb zivatar is ekkor keletkezik. A 2.3. ábrán bemutatott napi eloszlási diagram szerint nálunk hajnalban van a legkevesebb zivatar és 15...16 óra körül keletkezik a legtöbb zivatar. Időtartamuk átlagosan 1,5 óra, de különösen az este kezdődő zivatarok 8...10 óráig is eltarthatnak. A zivatarok évi eloszlását a 2.4. ábra mutatja. Ebből kitűnik, hogy a legtöbb zivart a júniusban érkező (népiesen Medárd-naphoz kapcsolt) óceáni monszun idézi elő, amely

júliusra is áthúzódik. Ritkábban, kora tavasszal és késő ősszel is lehet zivatar, sőt kivételesen télen is előfordul, ha a betörő hidegfront az itt levő melegebb, nedves levegőt heves felfelé áramlásra kényszeríti.

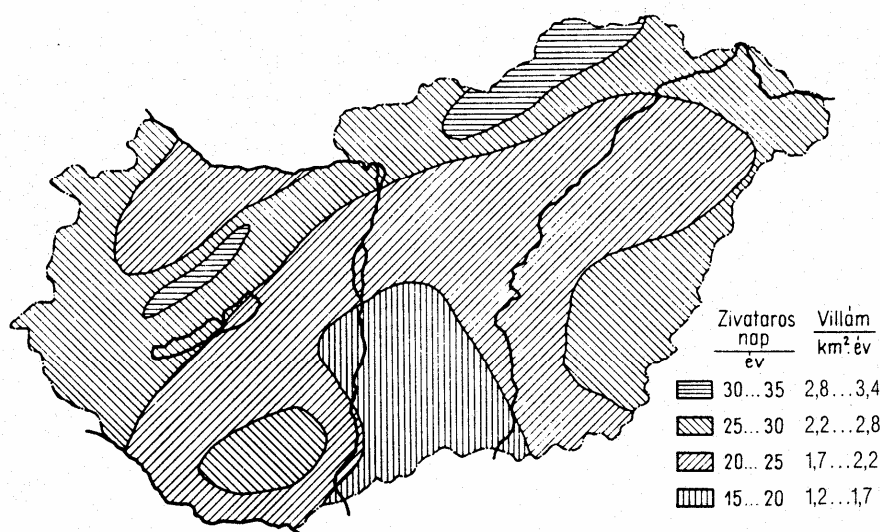


2.3. ábra
A zivatarok keletkezésének napi eloszlása



2.4. ábra
A zivatarok évi eloszlása

Bár hazánkban nincsenek nagy területi különbségek, kisebb területi eltérés mégis kimutatható a zivatarok gyakoriságában. A 2.5. ábra az évenként előforduló *zivataros napok számát* tünteti fel Magyarországon, amiből látható, hogy nálunk 20-30 zivataros nap van évenként. Trópusi területen ez a százat is meghaladja, a sarkok felé pedig egyre csökken. Zivataros napnak tekint a meteorológia minden olyan napot, amikor legalább egyszer mennydörgés hallható.

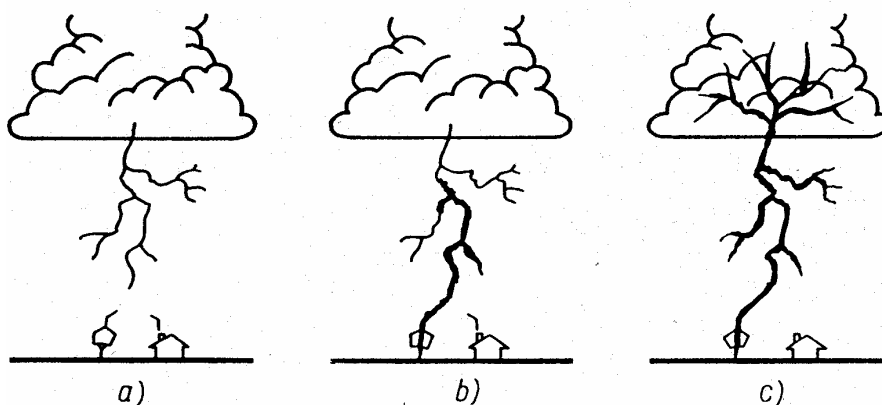


2.5. ábra
A zivataros napok számának és a villámsűrűségnek a területi eloszlása Magyarországon

Régebben kizárólag a zivataros napok számát, az ún. *izokeraunikus szintet* használták a zivatartevékenység és a villámveszély jellemzésére, noha bizonytalanságot okoz, hogy ugyanúgy egy napnak számít az is, amikor csak egyetlen villám volt és az is, amikor szinte egész nap villámlottszámításba venni. Újabban az évenként 1 km² területre lecsapó villámok számával fejezik ki a zivatar-tevékenységet, és ezt mint *villámsűrűséget* villám/(km².év) egységekben adják meg. Az ábra egyúttal a villámsűrűség területi eloszlására is tájékoztatást nyújt. Az egész ország területére átlagosan 2...2,5 villám/(km².év) villámsűrűséget lehet számításba venni.

2.2. A villám keletkezése

A zivatarfelhőben levő feltöltött vízcseppek és jégzemcsék egymás erőterében mozognak, és időnként ellenkező töltésű gócok kerülnek egymás közelébe. Ilyenkor kisülések keletkeznek közöttük, és ez a kisülés egyes esetekben továbbhalad a távolabbi töltésgócok felé. Az így keletkező előkisüléssel kezdődik a villám kialakulása. Ha az *előkisülés* kilép a felhőből és a föld felé halad, láthatóvá és fényképezhetővé válik. A megfigyelések szerint a lefelé haladó előkisülés zezugos pályán közeledik a földhöz és közben többször elágazik. A földfelszín közelébe érve a földi tárgyakból vagy esetleg magából a talajból, a 2.6. ábra szerint, *ellenkisülések* indulnak meg vele szemben. Amikor ezek közül az egyik találkozik az előkisüléssel, összefüggő kisülési csatorna alakul ki a felhő és a föld között. Ezen az ionozott csatornán alulról felfelé fényes kisülés fut végig, mégpedig az előkisülésnél sokkal nagyobb sebességgel, és az elágazásoknál az ágakat is felvillantva. Ez a villám *főkisülése*, ami az általában ismert jelenségeket, a fény- és hőhatást, a rombolásokat, a mennydörgést, valamint az élettani hatásokat előidézi.

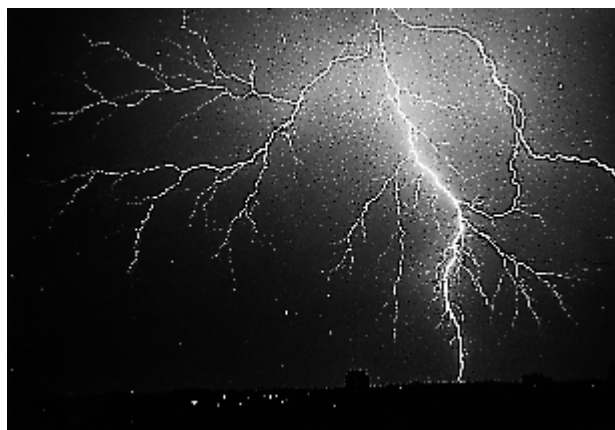


2.6. ábra
A villámcsapás kialakulásának fázisai

Negatívnak nevezzük a villámcsapást, ha az előkisülés negatív töltéseket hozott a felhőből, és a főkisülésben pozitív töltés áramlik a földből a felhő felé. Amikor ez a fölfelé áramló töltés eléri a felhőt, szétágazik és semlegesíti az előkisülés kiindulási helyének

környezetében levő ellentétes polaritású (negatív villám esetén negatív, pozitív villám esetén pozitív) töltésgócokat. Mivel ekkor a töltéseknek már végig kell futniuk a villámpálya teljes hosszát, nagyobb a villámáram útjának impedanciája (ellenállása), és ezért csökken az áramerősség is. A felhőben a kisülés a fa ágaihoz hasonlóan egyre távolabbi töltésgócokat ér el és így hosszan elhúzódó áramhullám alakul ki.

A villámcsapás sok esetben nem ér véget az első főkisüléssel, hanem megismétlődik. Ilyen *többszörös villám* keletkezik akkor, ha az első főkisülés elhalása után, a már szétoszlóban levő kisülési csatornán újabb előkisülés fut végig. Ez azonban nem szökellésekkel halad, hanem egy folyamatosan haladó, 50...100 m hosszú felvillanás. A jelenséget találóan jellemzi az angol *dart leader* (gerelykisülés) elnevezés. Ez már nem hatol be a korábbi ágakba, hanem csak a felhőt a földdel összekötő csatornán fut végig, ismét inokkal telítve azt. A földet elérve az előzőhöz hasonlóan ismét alulról fölfelé alakul ki a második főkisülés. Ez a folyamat többször ismétlődhet, és az egyes részvillámok között 0,01...0,1 s idő telik el. A felhőben levő negatív töltésgócból induló villámok esetén a részvillámok száma leggyakrabban 2...3, de észleltek már 40 részvillámot is. A pozitív villámok többnyire egyetlen részvillámból állnak, a többszörös pozitív villám nagyon ritka. A többszörös villámok időtartama a részkisülések közötti szünetekkel együtt a villámcsapás teljes időtartamát adja, ami általában néhány tizedmásodperc, de elérheti a 1 másodpercet is.



2.7. ábra

Lefelé haladó előkisülésből kifejlődött villámcsapás jellegzetes elágazásai

Nem minden villám alakul ki az előbb ismertetett folyamat szerint. A felhőből lefelé jövő előkisülés szökellései egyes esetekben lényegesen rövidebbek, és ekkor az átlagos haladási sebesség kisebb. Előfordulásának gyakorisága az összes villámok néhány százaléka.



2.8. ábra

Fölfelé haladó előkisülésből kifejlődött villám a Monte San Slavadore egyik 70 m magas acéltornyán

Magas tornyokon és hegytetőkön előfordul, hogy az előkisülés nem a felhőből indul meg, hanem egy torony csúcsából vagy egy hegytetőn álló tárgyból. Ezt az idézi elő, hogy a kiemelkedő ponton a felhőben levő töltések önmagukban is olyan nagy télerősséget hoznak létre, ami már elegendő a kisülés megindításához. Az ilyen előkisüléséből fejlődő villámcsapást nemcsak futó filmre készített Boys-féle felvételen, hanem álló fényképen is meg lehet különböztetni

a lefelé csapó villámtól. A villámpálya elágazásai ugyanis mindig a haladás irányába mutatnak, tehát pl. a 2.7. ábrán látható villám lefelé haladó előkisülésből fejlődött ki. A 2.8. ábra szerint viszont egy bokor ágaihoz hasonlóan fölfelé elágazó villám a Monte San Salvatore csúcsán álló 70 m magas acéltoronyból fölfelé haladó előkisüléssel kezdődött.

Kiemelkedő pontokon tehát fölfelé csapó villámok is keletkezhetnek, sőt a 400...500 m magas tornyokon már a villámok nagyobb része fölfelé indul. Ezzel szemben 100 m-nél alacsonyabb tárgyakon (ha nem kiemelkedő helyen állnak) nem figyeltek meg fölfelé csapó villámot.

Ha a lefelé haladó előkisülés a föld közelében ágazik el, mindegyik ágon kialakulhat főkisülés, és ekkor többágú becsapás jön létre. Ebben az esetben egyidejűleg több helyről is megindul az ellenkisülés, és közülük kis időkülönbséggel több is eléri a lefelé jövő előkisülés egy-egy ágát. Valószínűleg a fényesebb ág kezd előbb kifejlődni, de kisebb áramerősséggel a másik ágon is megindul fölfelé a főkisülés. A különbséget nemcsak időbeli eltolódás, hanem a becsapási ponton a villám útjában álló ellenállás is okozhatja, ami a talaj ellenállásán kívül attól is függ, hogy milyen anyagból álló tárgyba csapott a villám. Többágú becsapás keletkezhet többszörös villámok esetén úgy is, hogy a későbbi részvillámok legalsó szakasza nem követi pontosan az előző becsapás pályáját. Az ilyen villám álló fényképen elágazónak látszik, noha a két becsapási hely nem ugyanabban az időpontban jött létre.

A villám nemcsak a felhő és a föld között, hanem a felhőn belül, két töltésgóc között is kialakulhat. A mérsékelt égövben az összes villámnak 30...40 %-a csap a földbe, tehát gyakoribbak a felhők közötti villámok. Északi területeken, pl. Skandináviában nagyobb a lecsapó villámok aránya.

A felhők közötti villám kialakulása ugyanolyan előkisüléssel kezdődik, mint a lecsapó villámoké, de a főkisülés áramerőssége lassabban növekszik, és csúcsértéke is kisebb lesz, mert a töltésgócokból nem tud olyan gyorsan a semlegesítő töltéstömeg a kialakult csatornába áramlani, mint a jól vezető földből. A felhőben keletkező villám hatására mindig töltésátrendeződés jön létre, aminek

a hatására a szomszédos töltésgócok felé újabb előkisülés indulhat meg, és végül a villám több zivatarcellán keresztül láncszerűen nagy távolságot hidal át. Nagyon gyakran a felhőn belüli töltés-átrendeződés következtében nő meg a földön a térerősség, és indul meg az alulról fölfelé kialakuló előkisülés. Ha egy villám láncszerűen több töltésgócot süt ki, előfordul, hogy a villámáram polaritása az egyes részvillámokban átvált, tehát pozitív és negatív villámok követik egymást.

2.3. A villámcsapás fizikai tulajdonságai

A földbe lecsapó villámokat pozitív vagy negatív villámnak nevezik, attól függően, hogy milyen polaritású töltésgócot sütnek ki a felhőben. A kétféle polaritású villám között a lényeges fizikai tulajdonságokban is nagy különbségek vannak, amint pl. a többszörös villámokkal kapcsolatban már láttuk, hogy a negatív villámokra a több egymást követő részvillám, a pozitívokra viszont egyetlen főkisülés jellemző.

A tornyokon és hasonló magas építményeken végzett megfigyelések azt mutatják, hogy az összes villámcsapások között kb. 90%-a negatív villám, tehát a pozitív villámok ritkák. Vezetékeken ez az arány eltolódik, és kb. 80 % a negatív villámok aránya. Elméletileg kimutatható, hogy a tornyok erősebben vonzzák, magukhoz a negatív villámokat, a pozitív villámcsapások viszont gyakrabban érnek magas torony közelében levő alacsonyabb tárgyat. A két polaritás megfigyelt arányát tehát a megfigyelési hely geometriai viszonyai már torzították. Erre a hatásra utal a tornyokon és a vezetéken tapasztalt polaritáсарány eltérése is. A sík területre vonatkozó, torzítatlan polaritáсарányt nem ismerjük, erre csak elméleti úton lehet következtetni azon az alapon, hogy milyen felvett torzítatlan aránnyal adódik a tornyokon és a vezetékeken megfigyelt torzított érték. A számítások azt mutatják, hogy sík területen az összes villámcsapás kb. 70 %-a lehet negatív és 30 %-a pozitív villám.

A villámcsapás egyik legjellemzőbb fizikai tulajdonsága az áram-hullám csúcsértéke a becsapási pontban, amit röviden villámáramnak neveznek. A villám többi adatával együtt ez sem adható meg egyetlen értékkel (pl. a középértékkel) vagy egy szórási tartománnyal, mert különböző gyakorisággal, egymástól több nagyságrenddel eltérő

értékek is előfordulnak. Az 50% gyakorisággal előforduló mediánérték azt jelenti, hogy minden második villám árama ennél kisebb. Mivel a villám káros hatásai szempontjából a ritkán előforduló nagy villámáramok fontosak, a 2.1. táblázat a mediánérték mellett megadja a 10 %, 5% és 1 % gyakorisággal előforduló értékeket is. Példaként a legutolsó azt jelenti, hogy minden századik villám árama a megadott értékeknél nagyobb. A táblázatból látható, hogy a pozitív villámok mediánértéke nagyobb, mint a negatív villámok első áramhullámáé. A kis valószínűséggel előforduló nagy villámáramoknál ez a különbség egyre nő. Az eddig mért legnagyobb (500 kA fölötti) áramerősségű villámcsapás ugyancsak pozitív volt. A negatív villámok későbbi részkisüléseinek a mediánértéke lényegesen kisebb az első áramlökésénél.

2.1. táblázat

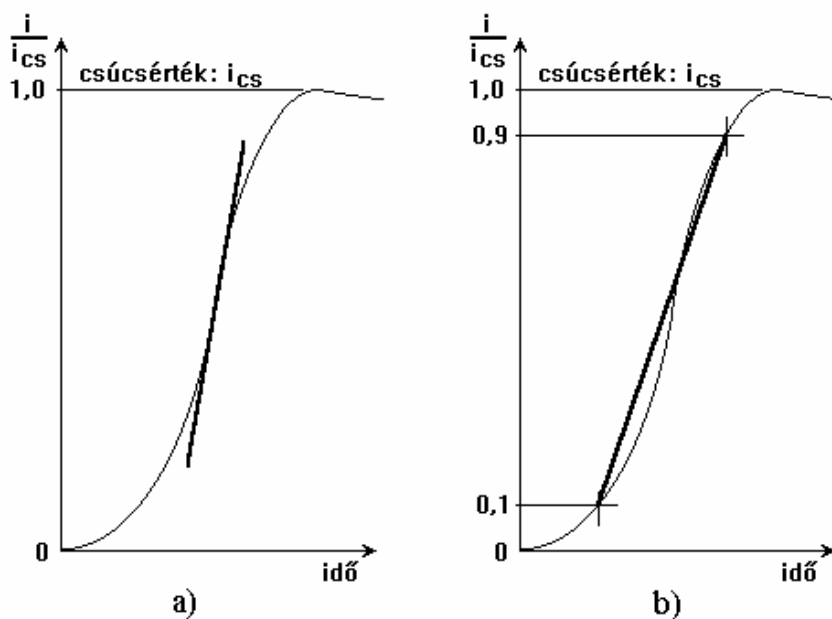
A villámáram jellemző értékeinek előfordulási gyakorisága

A jellemző érték	A villám polaritása és a kisülés, amire vonatkozik	50% medi- án	10%	5%	1% gyakorisággal nagyobb, mint
A villámáram csúcsértéke, kA	–első részvillám	33,3	72,3	90,0	135,9
	–ismételt részvillám	12,0	25,0	30,8	45,4
	+összes villám	35,0	166,0	258,0	590,0
Kiegyenlítő töltés C	–áramlökés	5,2	17,3	24,3	46,0
	–teljes villám	7,5	27,6	40,0	80,0
	+áramlökés	16,0	82,7	131,6	315,9
	+teljes villám	80,0	252,5	350,0	644,7
Merekség kA/μs maximum	–első részvillám	13,2	26,2	31,8	45,9
	–ismételt részvillám	40,0	118,4	161,0	286,7
	+összes villám	2,4	18,1	30,4	93,6
átlagos érték	–ismételt részvillám	20,0	69,1	98,3	190,0
Az áramhullám homlokideje μs	–első részvillám	5,5	13,5	17,4	28,0
	–ismételt részvillám	1,1	3,5	4,9	9,2
	+összes villám	22,0	122,9	200,2	499,8
Fajlagos energia MJ/Ω	–teljes villám	0,055	0,32	0,53	1,30
	+teljes villám	0,650	7,90	16,00	60,00

A villámcsapás másik jellemzője a becsapási ponton kiegyenlítő töltés. A 2.1. táblázatban szereplő adatok közül a teljes villám töltése magában foglalja a többszörös villámok valamennyi részvillámának töltését, valamint az áramlökést esetleg követő kis

áramerősségű, de hosszú ideig tartó utóáramokat is. Az első áramlökés töltése az utóáramok és a későbbi részvillámok töltését nem foglalja magába, csak a magasan kiugró impulzus töltését. A táblázat adataiból látható, hogy pozitív villámok esetén a kiegyenlítő töltés minden tekintetben nagyobb, mint negatív villámok esetén.

Az áramhullámnak fontos jellemzője a kezdeti felfutó szakaszon, vagyis a hullám homlokán fellépő árammeredekség, amit $\text{kA}/\mu\text{s}$ mértékegységben fejezünk ki. Ennek a 2.1. táblázatban megadott legnagyobb értéke csak nagyon rövid ideig tart, és nem elég arra, hogy bizonyos káros hatások kifejlődjének. Ezért a 2.9. ábra szerint a csúcsérték 10%-a és 90%-a közé eső, erősen emelkedő szakaszra jellemző átlagos értékek is megtalálhatók a táblázatban. Az adatokból látható, hogy a legnagyobb meredekségek a negatív villámok későbbi részvillámai alkalmával keletkeznek, ezért az átlagértékek ezekre a részvillámokra vonatkoznak. A pozitív villámok meredeksége általában olyan kicsi, hogy káros hatásaival egyáltalán nem számolnak.



2.9. ábra

Az áramhullám homlokának legnagyobb (a) és átlagos (b) meredeksége

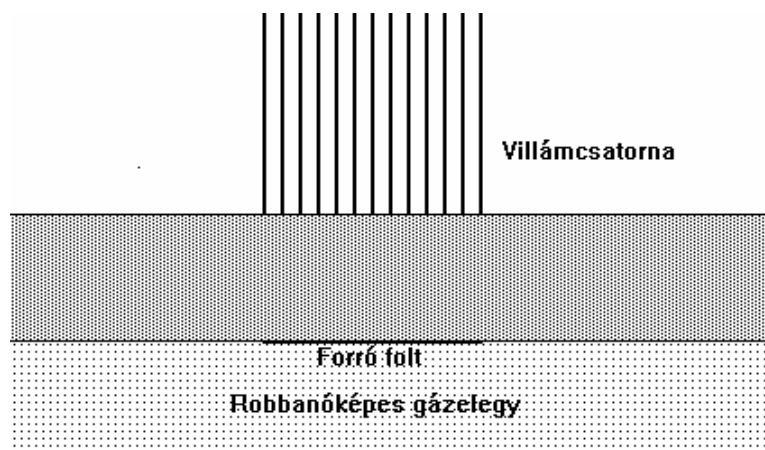
Az áramhullám csúcsértékének eléréséig eltelt idő, a hullám homokideje. A 2.1. táblázat adatai szerint ez a pozitív villámok esetén a leghosszabb. Lényegesen rövidebb ideig tart viszont az ismételt negatív részvillámok gyors felfutása.

A villámcsapás káros hatásai közül több a fajlagos energiától függ. Ez az az energia amely $1\ \Omega$ ellenálláson szabadul föl, ha a villámáram rajta folyik át. A 2.1. táblázat MJ/ Ω (megajoule/ohm) mértékegységben adja meg a különböző gyakorisággal várható értékeket. Ebből látható, hogy a pozitív villámok fajlagos energiája lényegesen nagyobb, mint a negatívoké. Ha a villámáramot egy 3 kW teljesítményű (220 V-os) villamos fűtőtesten lehetne átvezetni, az 50% gyakorisággal előforduló értéket véve figyelembe, a felszabaduló energia kb. egy óráig lenne elegendő a táplálására. A villámcsapás folyamán a föld és a felhő között felszabaduló energia sem nagy, hiszen kb. 10 liter olaj fűtőértékével egyenlő. A technikai nehézségektől eltekintve ezért sem érdemes az energetikai hasznosításával foglalkozni.

3. A villámcsapás káros hatásai

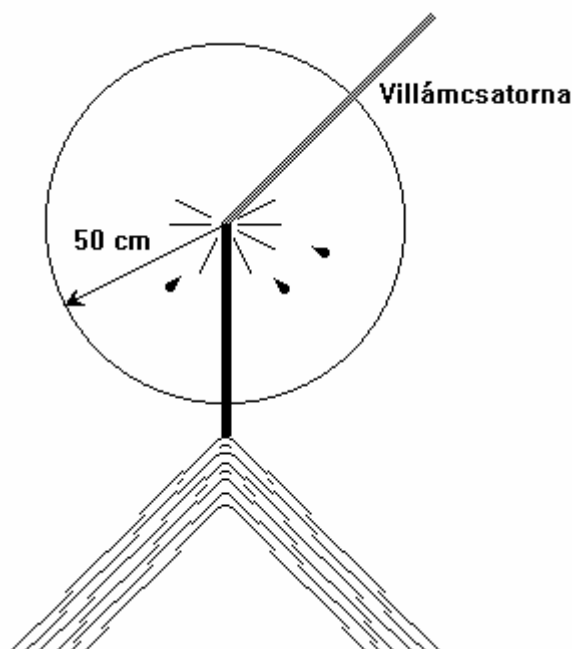
3.1. A villám gyújtóhatása

A villám főkisülése 20 000...30 000 °C hőmérsékletű plazmacsatorna, amely a vele közvetlenül érintkező tárgyakon hőhatásokat idéz elő. Fém tárgyak a villámcsatornához csak a talppontjával érintkezhetnek, de a szigetelő tárgyak ki lehetnek téve a mellettük vagy éppen rajtuk keresztül futó villámcsatorna hőhatásának is. Ha ezek a tárgyak gyúlékonyak, a felületük megpörkölődik, vagy esetleg lángra is lobbannak. A rövid ideig tartó hőhatás miatt a gyúlékony tárgyak sem mindig gyulladnak meg, mert a felületükön nem tud a továbbégéshez és a terjedéshez szükséges góc kialakulni. A gyújtóhatás nemcsak a villám áramerősségétől, hanem az időtartamától is függ. Erre utalnak azok a megfigyelések is, amelyek szerint a "hideg villám" nem gyújt, csak a "meleg villámok" vagy "tüzes villámok" lobbantják lángra a könnyen gyulladó anyagokat. A tömör fa, különösen a nedves élő fa, ritkán fog tüzet villámcsapás alkalmával. A levegővel nagy felületen érintkező laza nád vagy szalma azonban olyan gyorsan kezd égni, hogy oltására alig van lehetőség. Ha a villám valamilyen éghető szigetelőanyagon keresztül ér el olyan fémtárgyat, amely a földbe vezet, az átütött anyagban lyukat éget, és ha az nem önkioltó, meg is gyújtja.



3.1. ábra
Forró folt keletkezése a fedőlemez belső oldalán

Gyújtóhatás keletkezhet akkor is, a becsapás valamilyen fémtárgyat ér, de a forró fémmel gyúlékony anyag érintkezik. Ennek egyik jellegzetes esete a fémtartály fedelét érő villámcsapás, amely a 3.1. ábra szerint a lemez másik oldalán forró foltot hoz létre. Ha ennek a hőmérséklete eléri a tartály belsejében levő robbanóképes gázelegy gyulladáspontját, akkor robbanás keletkezhet. Ilyen gázelegy kialakulásával folyékony kőolajtermékek fölött kell számolni, amelyek gyulladáspontja 400°C körül van. A lemez belső oldalán keletkező forró folt hőmérséklete 5 mm-nél vastagabb acéllemez vagy 10 mm-nél vastagabb alumíniumlemez esetén csak elhanyagolhatóan kis valószínűséggel éri el ezt a határt, ezért a robbanásveszélyes anyagot tartalmazó tartály fedelének legalább ilyen vastagnak kell lennie.



3.2. ábra

A becsapási pontról sugárzó hő és a szétrepülő izzó fémcseppek gyújtóhatásával 50 cm távolságig kell számolni

A villámhárítót érő villámcsapás esetén a becsapási ponton a fém megolvad és izzó fémcseppek repülnek szét. Röptükben ezek gyorsan lehűlnek, de 50 cm távolságon belül még számolni kell azzal, hogy éghető héjazatú tetőn tüzet okozhatnak. A becsapási ponton a forró

villámcsatorna erős hősugárzást is hoz létre, amely meggyúlthatja a könnyen gyulladó anyagból készült tetőt. Ilyen tetőnél ezért a becsapási pontot távol kell tartani a tetőfelülettől.

3.2. A villám olvasztóhatása

A fémtárgyakat érő villámcsapás talppontján feszültségesés keletkezik közvetlenül a felület mint elektród előtt. Mesterségesen előállított villamos ív esetén – a polaritástól függően – ezt anód- vagy katódésésnek nevezik, amely laboratóriumi mérések alapján a villám talppontján 15...20 V lehet. Az ott felszabaduló hőenergia ezzel a feszültséggel és a villámcsapás alatt kiegyenlítő töltéssel (C =coulomb) arányos. Mivel a feszültség gyakorlatilag állandó, a hő hatására megolvadó fém mennyisége a töltéssel arányos. A villámhárító vagy a tetőt borító lemez anyagaként gyakrabban használt fémekre a következő számítási eredmények adódnak:

3.1. táblázat

A becsapási ponton megolvasztott fém mennyisége

Anyag	mm ³ /C	Anyag	mm ³ /C
aluminium (Al)	7,3	horgany (Zn)	10,5
réz (Cu)	3,3	ólom (Pb)	28,2
vas (Fe)	1,9	ón (Sn)	26,5

Ha a villámcsapás a tetőt borító fémlemezt éri, akkor a főkisülés csatornája kb. 50 mm átmérőjű körfelületen érintkezik a lemezzel, és ott melegíti. A lemez akkor ég át, ha a villámcsatorna alatt lévő fémtömeg megolvad, ami az előbbi lista szerint a kiegyenlítő töltés nagyságától függ. A mérésekből viszont ismerjük, hogy különböző nagyságú töltés mekkora valószínűséggel sül ki egy villámcsapás folyamán (lásd az 1. táblázatot), és ebből ki lehet számítani, hogy mekkora az átégés veszélye. Ennek alapján 1 % valószínűséggel, tehát 100 közül egy esetben várható, hogy a villám a 3.2. táblázatban megadott vastagságú lemezeket átégeti, ami már elég nagy biztonságnak felel meg. Bár ritkán, vagyis kisebb valószínűséggel, de ennél vastagabb lemezt is átolvaszthatnak a villámcsapások, különösen

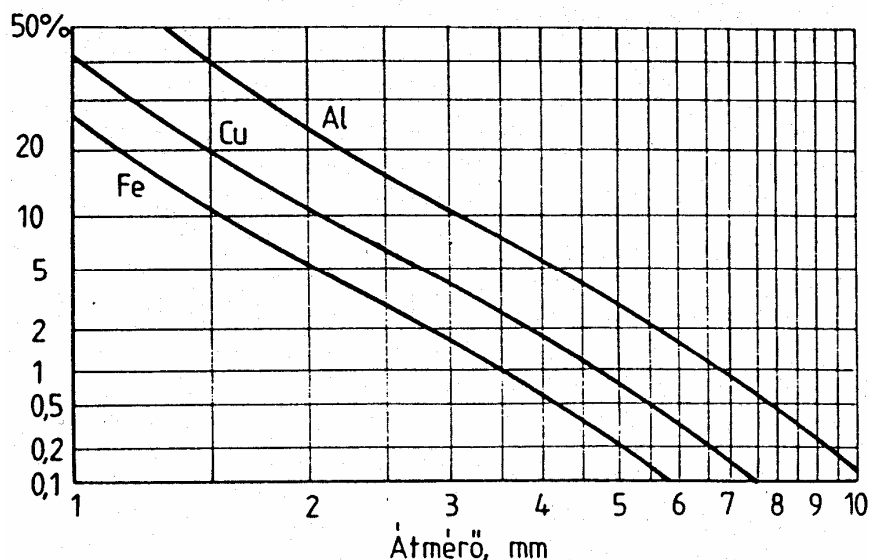
akkor, ha az áramhullámnak hosszú ideig tartó, bár kisebb áramerősségű összetevője is van.

3.2. táblázat

**A becsapási ponton 1% valószínűséggel
átégetett lemezek vastagsága**

Anyag	Vastagság, mm	Anyag	Vastagság, mm
acél	0,25	horgany	1,37
réz	0,44	ón	3,45
aluminium	0,95	ólom	3,67

A becsapási ponton keletkező hőhatás másik jellegzetes következménye a *villámhárító vezetők megolvadása* és ennek következtében szakadása. Ebben az esetben a hengeres vezető mintegy 50 mm hosszú darabja melegszik föl az olvadáspontig. A hőhatásra jellemző töltés előfordulási gyakoriságának alapján a 3.3. ábra azt mutatja, hogy a különböző anyagú és átmérőjű vezetők mekkora valószínűséggel olvadnak meg a becsapási ponton. Látható, hogy egy 3,5 mm-nél kisebb átmérőjű acélhuzal (vashuzal) megolvadásával már 100 esetben egyszer számolni kell. Ez a határ rézre 4,7 mm, alumíniumra 6,9 mm, tehát a villámhárító vezetőknek ennél feltétlenül vastagabbnak kell lenniük.



3.3. ábra

Különböző anyagú huzalok megolvadásának valószínűsége a becsapási ponton

A villámáram nemcsak a becsapási ponton melegíti a fémeket, hanem hőt fejleszt azokban a vezetőkben (huzalokban, sodronyokban) is, amelyeken átfolyik. Ez a Joule-féle hő úgy melegíti föl a vezetőket, mint a lámpákban az izzószálat. Az így keletkező hőenergia a vezető ellenállásával arányos, ezért a villámáramok mérésekor meghatározzák az $1\ \Omega$ ellenállásra eső energiát, és statisztikai adatok vannak ennek a fajlagos energiának az előfordulási gyakoriságára is. Mivel a vezető ellenállása az átmérőjének is függvénye, ki lehet számítani, hogy mekkora fajlagos villámenergia szükséges egy adott átmérőjű, kör keresztmetszetű vezető megolvadásához. Ebből a szempontból az acélvezető a legrosszabb, mert nagy a villamos ellenállása. A rajta átfolyó villámáram következtében 100 esetből egyszer számolni kell egy 5,4 mm átmérőjű acélvezető megolvadásával, mégpedig a teljes hosszában. Mivel ez az átmérő nagyobb, mint a becsapási ponton ugyanilyen valószínűséggel megolvadó acélvezető átmérője, a villámhárító méretezésekor ezt kell figyelembe venni. Rézre 3,4 mm, alumíniumra 4,4 mm adódik, és mivel ez a határ kisebb, mint a becsapási pontra vonatkozó korábbi értékek, a Joule-féle melegedés a réz- vagy alumíniumvezetőt kevésbé veszélyezteti. Fokozott

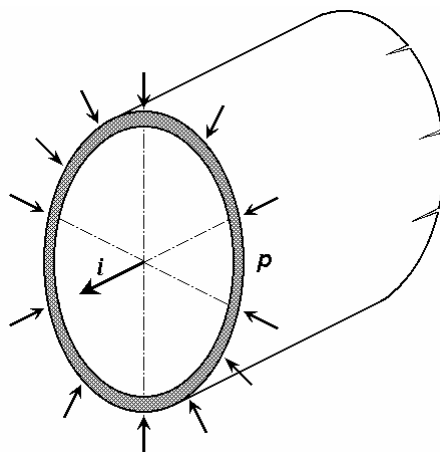
hőtermelés van viszont a kötési helyeken, ahol a rossz érintkezés miatt az ellenállás jelentősen megnőhet. Az átfolyó villámáram hatására ezért legtöbbször ott keletkezik olvadás és szakadás. Ezért különösen fontos a villámhárító vezetőkben levő kötések, csatlakozók és szorítók állapotának ellenőrzése.

Vastag, 10 mm feletti átmérőjű, rudak és vezetők hőmérséklete az átfolyó villámáram hatására 100°C -nál is kisebb mértékben emelkedik meg. Ennek következtében az ilyen villámhárító elemek közvetlenül érintkezhetnek a könnyen gyulladó anyagokkal is.

3.3. A villám dinamikus erőhatásai

A villámcsatornában vagy valamilyen vezetőkben folyó villámáram mágneses erőteret létesít maga körül, és ez erőt fejt ki minden olyan egyéb vezetőre, amelyben áram folyik. Az egyenes szakaszokon nem keletkezik erőhatás, de iránytörésnél az egyik szakasz mágneses erőtere hat a másik szakaszban folyó áramra és ennek következtében ugyanannak a vezetőknek a két szakasza között is keletkezik erő. A bonyolult és irányukat tekintve is sokszor változó erőhatások közül két jellegzetes és gyakran előforduló példát lehet kiemelni:

- a párhuzamos és egyirányú áramszálak vonzzák, az ellenkező irányúak taszítják egymást
- az áramhurkok mindig tágulni igyekeznek.

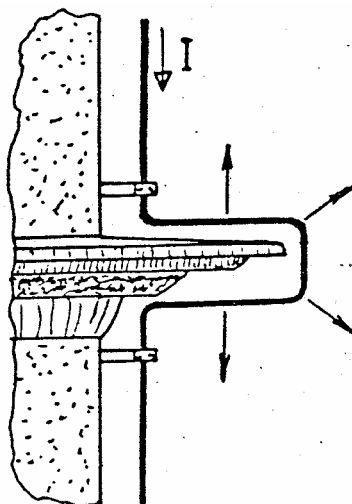


3.4. ábra.

A csövön lefutó villámáram által létrehozott külső nyomás

A *párhuzamos áramszálak* miatt keletkező erő jellegzetes példája egy olyan cső, amelynek hosszában villámáram folyik. A cső két szemben álló alkotója mentén párhuzamos és egyirányú áramok vannak és a közöttük fellépő erő eredője (3.4. ábra) a cső belseje felé irányuló nyomás lesz. Ilyen erőhatás terheli az esővizet levezető csatornacsöveket, ha villámáram folyik le rajtuk, ezért jellegzetes sérülés ezeknek az összeroppanása. Megfigyeltek olyan eseteket is ahol a nagy áramerősségű villám erőhatása vastagfalú acélcsőből készült antennatartó rudat roppantott össze.

A vezetőben folyó villámáram erőhatása következtében a hurokban fordul elő a leggyakrabban szakadás. A *hurokhatás* a legnagyobb veszélyt a kiálló épületrészek, pl. az ereszt vagy párkányt megkerülő villámhárító vezetőre jelenti. Az ilyen helyeken a 3.5. ábrán nyilakkal jelölt tágítóerő keletkezik, és ha a vezető nincs megfelelően rögzítve, az egészet letépheti. A lökésszerű erő nagy áramerősségű villám esetén 1000 newton nagyságrendű is lehet, ami megfelel egy 100 kg tömegű test által okozott súlyerőnek. A villám áramától felmelegedett és kilágyult vezető azonban ennek az erőnek a hatására már elszakadhat. A szakadás helyén keletkező villamos ív megolvasztja a vezetők végeit és úgy tűnik, mintha ez okozta volna a szakadást. Különösen veszélyes, hogy a forró ív a közelében levő könnyen égő anyagot, pl. nád- vagy szalmatetőt meggyújtja és így a következmények sokkal súlyosabbak lehetnek, mint egyedül a villámhárító vezető szakadása.



3.5. ábra

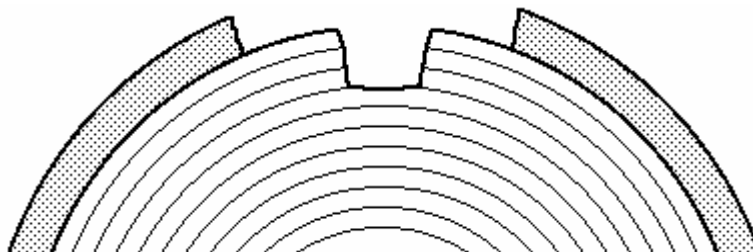
A vezetőhurokban fellépő dinamikus erőhatások iránya

Az erőhatás nagysága a villám áramerősségétől függ, mégpedig négyzetesen, tehát kétszer nagyobb áram négyszer nagyobb erőt hoz létre. A vezető elszakadása szempontjából azonban az erőhatás időtartama is fontos szerepe van, mert nagyon rövid erőhatás a tehetetlenség miatt meg sem tudja mozdítani a vezetőt és így szakadást sem idéz elő. Végeredményben a szakadás a villám fajlagos energiájától függ, mert az a szokásos MJ/Ω mértékegység mellett A^2s alakban is kifejezhető, tehát a villámáram négyzetével és az idővel arányos.

A dinamikus erőhatások közé tartozik az a repesztő, romboló hatás is, amit a villám nem vezető anyagokban pl. falakban, fákban hoz létre. Az erőt itt nem elektromágneses erőhatások, hanem lényegében hőhatás létesíti.

Nedvességet is tartalmazó anyagokból a villám elpárologtatja a vizet, és a keletkező gőznyomás olyan nagy feszültséget hozhat létre, hogy az szétreped. Ez a jelenség játszik szerepet az előfák esetében, ahol a villám a fa nedvkeringésében legnagyobb arányban részt vevő, kéreg alatti rétegekben halad. Az itt képződő gőznyomás, a 3.6. ábrán látható módon, szélesebb sávban lehántja a fa kérget, és a sáv közepén néhány cm széles és ugyanolyan mély, léchez hasonló darabot szakít

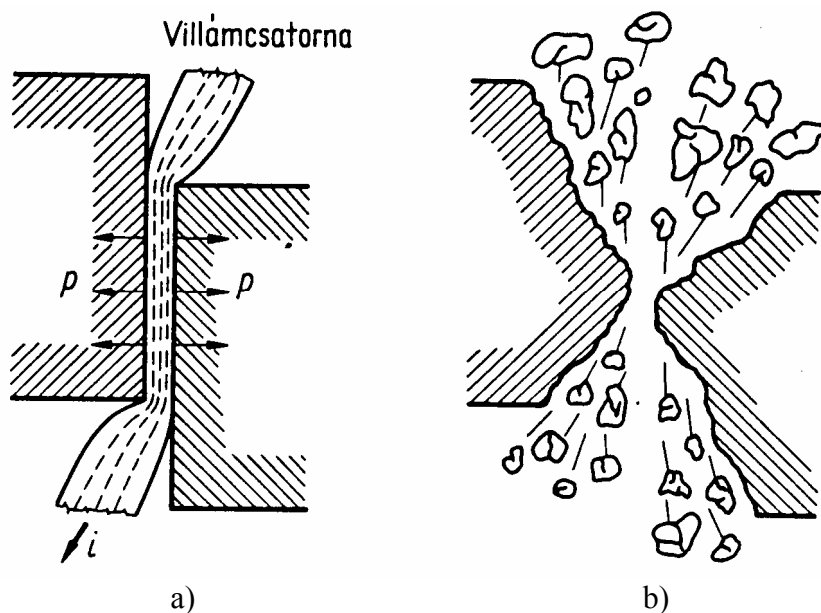
ki a fa gesztjéből. Nagyobb villámáram a teljes törzset is megrepesztí, és a kéreg nagy részét lehántja. A belső gőznyomás feszítő erejétől esetleg ágak is letörnek vagy a fa törzse is eltörik.



3.6. ábra
Élőfa törzsének jellegzetes sérülése

A szerkezeti faanyagokban szintén van víz, amit a villámáram elpárologtat és feszítő erőt hoz létre. E mellett a villamos erőter hatására megjelennek ún. elektrostriációs erők is, amelyek a cellulóz rostokat egy pillanatra összerántják és ennek következtében a fa rostos szerkezete fellazul. Már kis villámáram hatására is vékony szálkák emelkednek ki, és így a felület felborzolódik. Nagyobb áram esetén ezek egyre vastagabbak és akár 1 m körüli hosszúságúak is lehetnek, és végül az egész fa megreped vagy eltörik, a külső része pedig szilánkokra hasad szét. Ilyen sérülések gyakran keletkeznek a fából készült tetőszerkezetekben, vagy ajtó- és ablakkereteken, továbbá a vezetékoszlopokon. A szilánkos, szálkás sérülés olyan jellegzetes nyom, aminek segítségével a villámcsapás helyét vagy akár a villámáram útját is fel lehet ismerni.

A villám által érintett falakat és hasonló rideg anyagokat a *rés hatás* következtében repesztí meg a villám. Ha a villám útja szűk résen vezet keresztül, a szűkületben megnő a gáznyomás, és ennek következtében a villámcsatornában keletkező feszültségésés is. A szűkületre eső feszültség növekedése pedig megnöveli az ott felszabaduló energiát, amittől a nyomás még erősebben növekszik. Ennek az önmagát erősítő folyamatnak a következtében a rideg határoló falak megrepednek és a rés két végén az anyag a 3.7. ábra szerint krátterszerűen kirobban. Az erő olyan nagy lehet, hogy erős falakat is megrepeszt és kimozdít a helyéről.



3.7. ábra

A villámcsatorna összeszűkülésekor keletkező réshatás

a.) a keletkező nyomás iránya; b.) a rideg anyag jellegzetes, kráterszerű kirobbanása

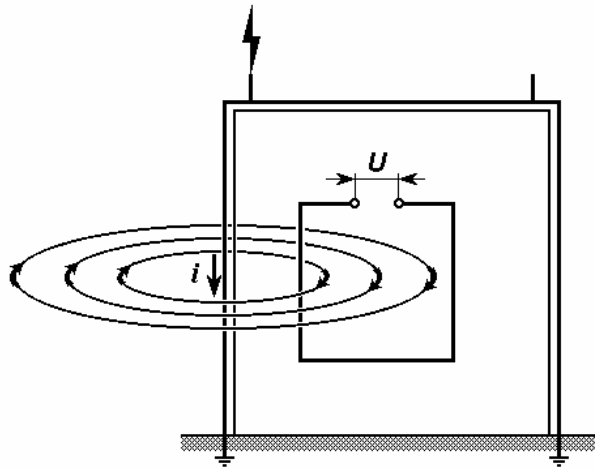
A réshatás következtében jellegzetes sérülések keletkeznek a kőből vagy téglából falazott épületekben. A repedések itt többnyire az illesztési hézagokat követik és a mellettük levő kő vagy téglapereme kicsorbul.

3.4. Indukált feszültség

A villámhárítóba becsapó villám árama gyűrű alakú mágneses erővonalakat hoz létre maga körül. Az áramhullám időbeli változását követve a mágneses indukció is gyorsan változik és a 3.8. ábra szerinti hurokban feszültséget indukál.

Nyitott hurok sokféleképpen keletkezhet egy épületben. Nem szükséges, hogy mindegyik része ugyanahhoz a vezető rendszerhez tartozzék, hanem pl. a fűtési csővezeték a villamos vezetékkel és a falban levő betonacélokkal együtt is alkothat olyan hurkot, amelyben több helyen is vannak megszakítások ott, ahol a különböző rendszerek megközelítik egymást. Az indukált feszültség nem a villámáram nagyságától, hanem a változásának gyorsaságától, vagyis az áramhullám meredekségétől függ. Néhány százalékos valószínűséggel egy

10m×10m méretű hurokban 100 kV-nál nagyobb feszültség is keletkezhet. Ha ez a feszültség eléri a hurok megszakítási helyén levő léghöz vagy szigetelés átütőfeszültségét, akkor ott kisülés jön létre és a hurok záródik. A zárt hurokban kialakuló áram már a villámáram nagyságától függ és az előbb említett 10m×10m méretű hurokban 10...20 kA-t is elérhet.



3.8. ábra

Egyenes vezetõn folyó villámáram mágneses erõterének kapcsolódása nyitott hurokkal

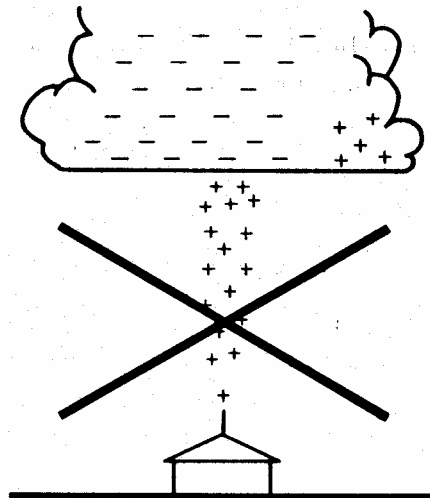
Az indukció következtében keletkező feszültség rövid ideig (néhány μs -ig) tart, ezért szilárd szigetelőanyagokban alig okoz átütést, levegőben viszont igen, és a félvezetős elektronikus berendezések vékony szigetelését is gyakran teszi tönkre. Az indukció útján létrejött áramhullám fajlagos energiája lényegesen kisebb, mint a villámáramé, de robbanásveszélyes gázelegyet meg tud gyújtani és vékony vezetőket meg tud olvasztani, illetve elektronikus berendezésekben súlyos rombolást tud előidézni. Erősáramú berendezésben az indukált feszültség átütése nyomán zárlat alakul ki és általában ez okozza a nagyobb sérüléseket.

4. A villámvédelem és az ellenőrzés alapjai

Az épületek villámvédelmének célja az, hogy az épületben tartózkodó embert, alkotásait és javait megvédje a villámcsapás káros hatásaitól. Ezt a villámhárító azáltal éri el, hogy a villámcsapást fölfogja és levezeti a földbe. A villámhárító tehát nevének jelentésével ellentétben nem gátolja meg magát a villámcsapást, vagy nem tereli el a védendő épülettől, csak a káros hatásait csökkenti olyan mértékre, ami már elviselhető.

4.1. A villámhárító felépítése és működése

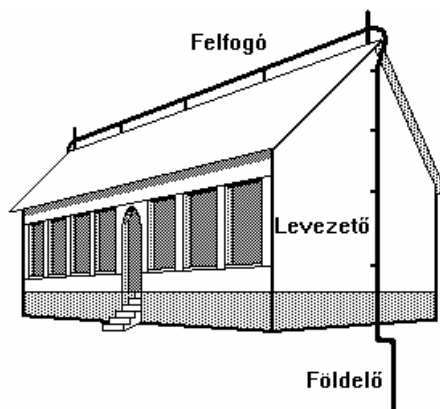
Néhány évtizeddel ezelőtt még általános volt és időnként ma is találkozunk azzal a téves felfogással, hogy a hegyes villámhárítórúdon keletkező kisülés a 4.1. ábra szerint töltéseket bocsát a levegőbe, és ezek semlegesítik a zivatarfelhő ellenkező polaritású töltéseit. Ezért készítették régen a villámhárítónak aranyozott, hegyes csúcsot. A csúcson keletkező koronakisülés áramerőssége azonban olyan kicsi (kb. 10^{-8} A), hogy csak napok alatt juttatna a levegőbe annyi töltést, ami egyetlen villámcsapásban kiegyenlítődik.



4.1. ábra

A villámhárító működésének elavult értelmezése
a zivatarfelhő töltéseit semlegesítő csúcskisülés alapján

Az épületek villámhárító berendezése, feladatát tekintve, három, jól elválasztható részből áll. Ezeket egy jellegzetes épületen a 4.2. ábra szemlélteti. Mivel ez a felosztás az egyes részek feladatán alapul, szerkezeti szempontból nem mindig különböztethető meg úgy, mint az ábrán.

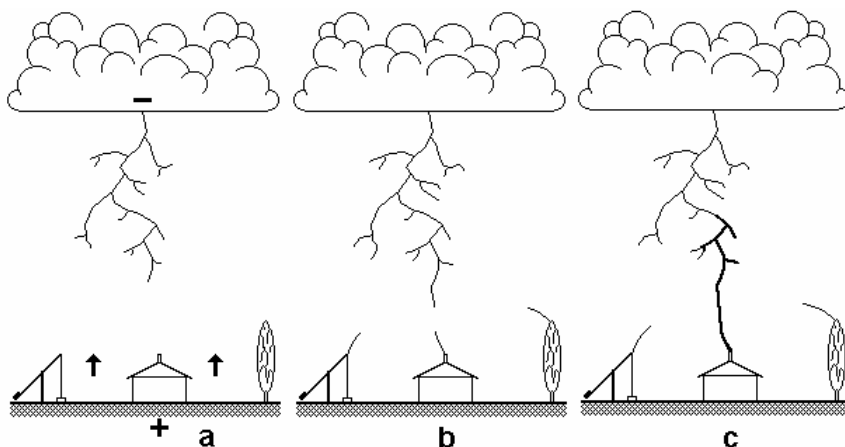


4.2. ábra
A villámhárító különböző feladatot ellátó részei

A *felfogó* a védendő épület tetején van és feladata az, hogy a villámcsapást magához vonzza, és ezáltal megóvja az épületet a közvetlen villámcsapástól. A fémről készült felfogóból az épülethez közeledő előkisülés felfelé haladó ellenkisülést indít meg (l. a 4.3. ábrát), és ha ez megelőzi a védendő épületből esetleg meginduló további ellenkisüléseket, a főkisülés a felfogóból fog kiindulni. A felfogónak ezért a védendő épületnél jobban vezető anyagból kell készülnie, vagy föléje kell emelkednie. Általában a tetőre szerelt rudat vagy vezetőkből épült hálót használnak felfogóként, de az épület más rendeltetésű fém alkatrésze is lehet felfogó, ha a követelményeknek megfelel.

A felfogó szempontjából fontos szerepe van annak, hogy a védendő épület tetejét érő közvetlen villámcsapás milyen kárt idézhet elő. Ha a tető éghető anyagsból készült, akkor a közvetlen villámcsapás meggyújthatja, és a keletkező tűztől esetleg az egész épület elpusztul, vagy legalábbis nagy kár keletkezik. Nem éghető tetőn viszont a közvetlen villámcsapás esetleg csak kicsi, és könnyen javítható sérülést okoz. Az éghető tető tehát hatásosabb felfogót igényel, mert a közvetlen villámcsapás nagyobb kárt tehet benne. Ha a tető könnyen

éghető anyagból készült, akkor a becsapó villám talppontján keletkező hő sugárzó hatása is meggyújthatja, ezért a becsapási pontot a felfogón is a tetőtől megfelelő távolságban kell tartani. A jól vezető fém ugyanis éppúgy vonzza magához a villámokat, mint a felfogó, de mivel a becsapási ponton éghető anyaggal is találkozik a villám, tüzet okozhat.



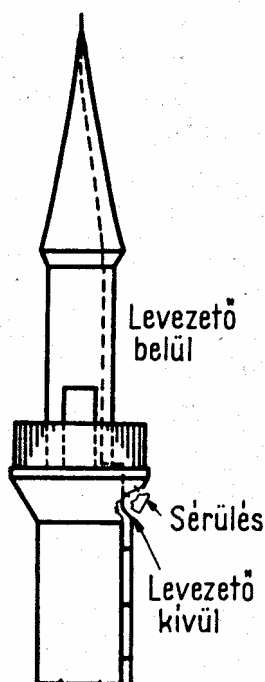
4.3. ábra

A villám becsapásának fázisai

- a) Az előkisülés közeledik a földhöz és erőteret hoz létre:
- b) ellenkisülések indulnak a villámhárítóból és a földi tárgyakból:
- c) a főkisülés ott jön létre ahol az ellenkisülés találkozik az előkisüléssel.

A felfogó védőhatását tehát azon az alapon kell meghatározni, hogy a védendő épületet mégis közvetlenül érő villámcsapás mekkora kárt okozhat, ez pedig a tető anyagától és szerkezetétől függ. A tetőnek különböző lehet a villámcsapással szembeni érzékenysége.

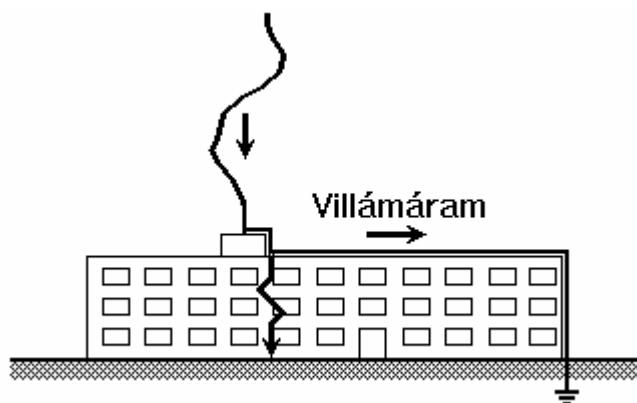
A *levezető* feladata az, hogy a felfogót érő villámcsapást levezesse a földelőhöz anélkül, hogy az közben kárt okozna. Levezetés közben a villámáram hőhatása okozhatna kárt a levezetővel közvetlenül érintkező, könnyen gyulladó anyagokban. A megfelelő keresztmetszetű vezető felmelegedése azonban olyan kicsi, hogy közvetlen érintkezés esetén sem okoz tüzet. A villámáram dinamikus erőhatása elszakíthatja a levezetőt, de sérülést okozhat az épületben is. A 4.4. ábra az egri török minaretet mutatja be példaként, amelyen az éles iránytörésekkel vezetett levezető a köerkély áttörésénél okozott sérüléseket.



4.4. ábra

A levezető iránytörése miatt keletkezett sérülések az egri minareten

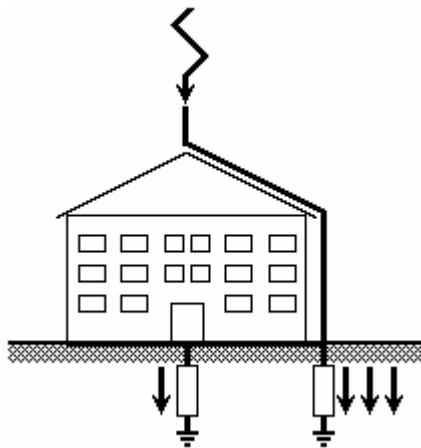
A levezetés közben előforduló leggyakoribb károk másodlagos hatásokból, indukált feszültség következtében keletkeznek. A villámáram által indukált feszültségek az épületben különböző fémtárgyak között átütést idézhetnek elő, és ennek a következményei nagyon súlyosak is lehetnek. A legveszélyesebb helyzet akkor adódik, ha a másodlagos átütés olyan térben keletkezik, ahol robbanóképes gázelegy van. Az ilyen gázelegyet a legkisebb szikra is felrobbanthatja, és az egész épület elpusztulhat, sőt a környezetben is károk keletkezhetnek. Az épület belsejében levő éghető anyagokat a másodlagos átütés hőhatása meggyújthatja, bár ehhez már nagyobb energiára van szükség, mint a gázelegy felrobbantásához. Az ilyen veszélyek elkerülése céljából csökkenteni kell azt a vízszintes áramutat (4.5. ábra), amelyen a villámáramnak végig kell haladnia, amíg eléri a levezetőt.



4.5. ábra

A hosszú vízszintes útra kényszerített villámáram belső átütést okozhat

A *földelés* feladata az, hogy a villámáramot kár okozása nélkül szétossza a földben. A talajon belül kevés kárt okozhat a villámcsapás, de ott, ahol a villámáram sűrűsége megnő, átütés keletkezik, és ennek lehetnek káros következményei, pl. a betonalapokra. A földelőnek olyannak kell lennie, hogy a villámáram nagyobb része rajta keresztül folyék a földbe, nem pedig a talajjal érintkező egyéb fémszerkezeteken át (4.6. ábra). Az áramsűrűséget főleg azzal lehet csökkenteni, hogy a földelő nagy felületen érintkezik a talajjal.



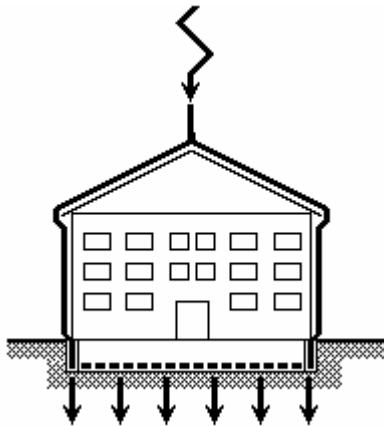
4.6. ábra

A villámáram a földelőn át, ne pedig más úton folyék a földbe

A földelő közelében lehetnek olyan fémtárgyak, amelyek szintén érintkeznek a talajjal, de nincsenek összekötve a villámhárító földelőjével. Ilyen fémtárgy lehet más célra készült (pl. villamos erősáramú vagy híradástechnikai) földelő is. A két földelő között villámáram levezetésekor olyan nagy feszültség jöhet létre, hogy a talajban átütés keletkezik közöttük, amit az összekötésükkel el kell kerülni. A potenciálkiegyenlítés tehát a földelésre is kiterjed.

A földelés elkészítésekor két szempontot kell szem előtt tartani: egyrészt a védendő épület területén és a közvetlen környezetében ne lépjenek fel nagy potenciálkülönbségek, másrészt a villám ne találjon a közelben más, de a villámhárítóval össze nem kötött, jobban földelt fémszerkezetet.

A földben levő beton az állandó talajnedvesség miatt jó vezető, ezért olyan földelőt is lehet készíteni, amelynek fémből készült vezetői betonba vannak ágyazva, és azon keresztül érintkeznek a talajjal. Ezt nevezik betonalap-földelőnek. Előnyös tulajdonsága, hogy a 4.7. ábra szerint nagy felületen osztja szét a villámáramot a földben.

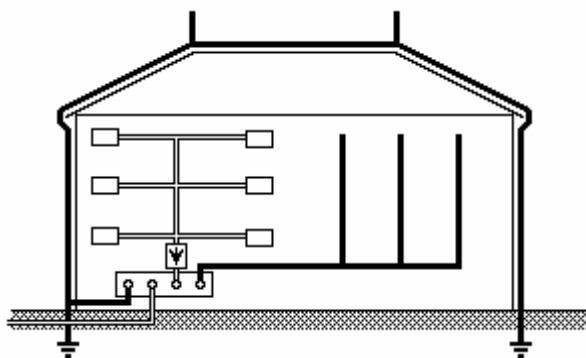


4.7. ábra

A betonalap-földelő nagy felületen osztja el a villámáramot

A *külső villámvédelem*, amely a felfogót, a levezetőket és a földelést foglalja magába, kiküszöböli a villámcsapás által közvetlenül előidézett nagyobb károkat (4.8. ábra). A másodlagos hatások következtében azonban az épületen belül, különösen a villamos berendezésekben keletkezhetnek olyan kisülések és átütések, amelyek ezeket

a berendezéseket üzemképtelenné teszik. A *belső villámvédelem* az ilyen másodlagos hatásból eredő károk ellen véd. Feladata kettős: egyrészt csökkenti a másodlagos hatások következtében keletkező feszültséget, másrészt a mégis bejutott túlfeszültségeket kár okozása nélkül levezeti, és ezáltal megvédi a berendezés érzékeny és értékesebb részeit.



4.8. ábra
Külső és belső villámvédelem

Olyan épületekben, ahol a villamos berendezés közelében emberek is tartózkodnak, vagy éppen azzal dolgoznak, a másodlagos áttetés életveszélyt is előidézhet. Tömegforgalmú helyeken pl. a világítás megszűnése pánikot okozhat.

Az indukált feszültségek különösen veszélyesek a villamos berendezésekre, mert a bennük keletkező másodlagos áttetések zárlatot okoznak, és a villamos berendezés esetleg tönkremegy. Az elektronikus berendezések, különösen a félvezetők, nagyon érzékenyek a túlfeszültségekre, ezért ezekben a legkisebb indukált feszültség is kárt tehet. Az elektronika terjedésével az ilyen sérülések következményei egyre nagyobbak és bizonyos helyeken veszélyesek is lehetnek. Ezzel a témával foglalkozik a 13. fejezet.

A másodlagos áttetések veszélyét elsősorban azzal lehet csökkenteni, hogy az épületben levő fémtárgyakat összekötik egymással, és így nem alakulhat ki közöttük potenciálkülönbség (4.8. ábra). Ezt nevezik potenciálkiegyenlítésnek, amibe a villámhárítón kívül az épület nagyobb fémrészeit (pl. a betonvasalást) és a benne levő nagyobb fémtárgyakat (különbféle csővezetékek, felvonó, tartályok stb.) kell bevonni.

A villámcsapás fizikai tulajdonságaival kapcsolatban láttuk, hogy kis gyakorisággal ugyan, de előfordulnak nagy igénybevételt okozó villámcsapások is. Ezek káros hatását esetleg egyáltalán nem, vagy csak nagy ráfordítással lehetne kivédeni, ezért céltalan lenne minden esetben teljes biztonságot nyújtó villámvédelemre törekedni. El kell tehát fogadni, hogy kis valószínűséggel a villámhárító ellenére is keletkezhet kár. A villámcsapások káros hatásai elleni védekezésnél tehát nem indokolt 100 %-os biztonságra törekedni. A várható veszélyeket és a gazdasági szempontokat mérlegelve a szabvány a statisztikailag várható veszély nagyságától teszi függővé a megvalósítandó villámvédelmi berendezés hatékonyságát, és ezen keresztül természetesen a bonyolultságát, költségességét is.

4.2. A várható veszély nagyságát kifejező csoportosítás

A várható veszély nagyságának sok összetevője van, mint pl. a villámcsapás várható gyakorisága és következményei. Ezeket a szabvány a következő szempontok szerinti csoportosítással veszi figyelembe:

- rendeltetés,
- magasság és környezet,
- a tető szerkezete és anyaga,
- a körítőfalak (az épület külső falának) anyaga,
- a környező levegő szennyezettsége.

Az épületeket és építményeket minden egyes csoportosítási szempont alapján be kell sorolni a megfelelő csoportba. Az MSZ 274/2-81 szabvány szerint a csoportoknak a csoportosítási szempontot jelölő nagybetűből és egy egyjegyű számból álló jele van. A számok növekvő sorrendben a veszély növekedését jelentik.

Az egyes szempontok szerint a következő csoportok használhatók:

Rendeltetés szerint:	R1 ...R5
Magasság és környezet szerint:	M1...M4
A tető anyaga és szerkezete szerint:	T1 ...T5
A körítőfalak anyaga szerint:	K1 ...K3
A környező levegő szennyezettsége szerint:	S1 ... S4

4.3. A villámhárító fokozatának jelölése

A villámhárító hatékonyságát az egyes részeinek (felfogó, levezető, földelő) fokozata fejezi ki. A fokozatoknak az MSZ 274/3-81 szabvány szerinti jele a villámhárító adott részére utaló nagybetűvel kezdődik a következők szerint:

A villámhárító részeinek jele:

- felfogó: **V**
- levezető: **L**
- földelő: **F**

A villámhárító részét meghatározó jel után írt **szám** az adott elemnek az általános elrendezés szerinti fokozatára utal, mégpedig minél nagyobb ez a szám, annál hatékonyabb a villámhárító megfelelő része.

A *felfogó* és *levezető* jele után írt számot követi a villámhárító és az épület közötti távolság fokozatát kifejező **o, a, b, c** vagy **d** kisbetű.

A *földelés* jele és az általános elrendezés fokozatát jelölő szám után egy törtvonal, majd pedig a földelési ellenállás nagyságára utaló **x** vagy **r** betű következik

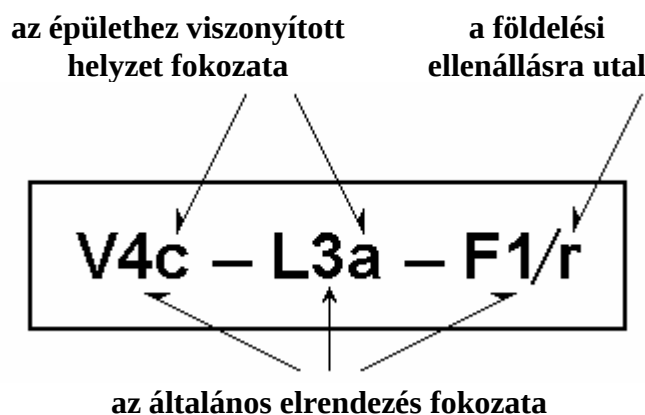
A vezetők anyagára és méretére utaló jelölések

Mivel a vezetők - mind a falban, mind pedig a levegőben - korrodálnak - és különböző mechanikai hatásoknak vannak kitéve, a szabvány rögzíti az alkalmazandó vezetők legkisebb méreteit. Az MSZ 274/3 szabványban (lásd: 1. sz. melléklet) különböző anyagokra meghatározott *méretfokozatok* a következő jelekkel adhatók meg:

- normál méret: **n**
- közepes méret: **k**
- erős méret: **e**
- erős, különleges méret: **ek**.

A teljes villámhárító berendezés fokozatának jelölése

A teljes villámhárító berendezés fokozata úgy írható fel, hogy a felfogó, a levezető és a földelő fokozatának jelét kötőjellel elválaszva egymás után leírjuk. Egy épület villámhárító berendezésének fokozatai például a következők szerint írhatók le:



Amint látható ezek a fokozatok a villámhárító részeire vonatkozóan különbözhetnek egymástól

A földelés jelölésének több megoldása is lehet. Általános esetben például:

V4c – L3a – F3/r vagy
V2c – L3b – F1/x.

Konkrét esetben viszont meg kell adni a szükséges szétterjedési ellenállás értékét is, például:

V3b – L4b – F3/18

Ez a jelölés azt fejezi ki, hogy a földelő szétterjedési ellenállása legfeljebb 18 Ω lehet.

Ha a vezetők méretfokozata a földfelszín feletti részekre egységes, ezt is fel kell tüntetni, például (az előző példát kiegészítve):

V3b – L4b – F3/18 – e

Ez azt jelenti, hogy a földfelszín felett mindenütt a szabványban meghatározott "erős" fokozatnak megfelelő méretű vezetőket kell használni.

4.4. Hogyan ellenőrizzük a villámvédelmi berendezést?

A villámvédelmi berendezés ellenőrzését a következők szerint hajtjuk végre

- 1, Az MSZ 274/2-81 szabvány alapján megállapítjuk, hogy az épület a *villámvédelmi csoportosítás* szerint melyik csoportokba tartozik (rendeltetés, magasság és környezet, a tető szerkezete és anyaga, a körítőfalak anyaga, a környező levegő szennyezettsége).
- 2, Az MSZ 274/3-81. szabvány 3.2, 3.3, 3.4 és 3.5 szakaszai szerint az 1., 2. és 3. számú táblázatok alapján meghatározzuk a villámhárító berendezés szükséges *fokozatát* (felfogó, levezető, földelő, méret).
- 3, Ellenőrizzük, hogy a meglévő villámhárító berendezés szerkezeti elemei (felfogó, levezető, földelő) *kielégítik-e a szükséges fokozatra előírt követelményeket*. (A földelők ellenőrzéséhez műszeres mérést kell végezni!)
- 4, Ellenőrizzük az (MSZ 274/3-81.) szabványban előírt *egyéb műszaki követelmények* teljesülését (belső villámvédelem, vezetők rögzítése, kialakítása, előírt összekötések megléte, műszaki állag, stb.).

5. Az épületek villámvédelmi csoportosítása

A villámvédelem szükséges fokozatának meghatározása az épület besorolásán alapul, mert ez fejezi ki a villámcsapás által okozott veszély nagyságát. A villámvédelmi csoportok helyes megállapítása ezért döntő jelentőségű a felülvizsgálatot végző szakember munkájában, hiszen ez képezi a meglévő villámhárító bíralátának és minősítésének alapját. Ezzel a kérdéssel részletesen kell tehát foglalkoznunk, mivel a fokozat megállapításához szükséges besorolás sokrétű, szerteágazó ismereteket kíván.

Az épületben villámcsapás következtében keletkező kár és veszély különböző tényezőktől függ, mint pl. az épület belsejében levő anyagok tűzveszélyessége, vagy a veszélybe kerülő emberek száma, ill. az épület tetejének és falainak a tűzveszélyessége. Ezt a magyar villámvédelmi előírások úgy veszik figyelembe, hogy az épületeket különböző szempontok szerint villámvédelmi csoportokba sorolják. A csoportosítás szempontját a veszélyesség forrása és jellege határozza meg, ezen belül pedig a veszélyesség mértékének fokozódása határozza meg a növekvő sorrendet.

A csoportosítás egyik legfontosabb szempontja az épület rendeltetése, mert a veszélyesség annál nagyobb, minél nagyobb az épületben veszélyeztetett érték, ill. minél több ember kerülhet veszélyes helyzetbe. A rendeltetés szerinti csoportosításban a veszélyességet fokozó tényező az épület belső tűz- vagy robbanásveszélyessége. Az épületet érő villámcsapások gyakorisága erősen függ a magasságtól és a környezettől, amit az ebből a szempontból kialakított villámvédelmi csoportok vesznek figyelembe. A becsapó villám elsősorban az épület tetőzetével kerül érintkezésbe, ezért a tető anyaga és szerkezete meghatározó szerepet játszik az épület veszélyességének megítélésében. A falak csak a levezetett villámmal kerülnek kapcsolatba, ezért hatásuk kisebb, de a tetőhöz hasonlóan a korítófalak anyaga és szerkezete szerint is csoportosítani kell az épületeket. A villámhárítóra vonatkozó szerkezeti követelmények figyelembe veszik a környező levegő szennyezettségét is, mert az agresszív szennyezések gyors korróziót okozhatnak, ezért az épületeket ebből a szempontból is csoportosítani kell.

5.1. Rendeltetés szerinti csoportok

Az épület rendeltetés szerinti csoportjait **R** betűjel és a veszélyesség fokozódásának sorrendjében **1-től 5-ig** növekvő szám jelöli. Mindegyik csoport meghatározása tartalmazza azt a kitételt, hogy az oda besorolt épület nem tartozik valamely magasabb sorszámú csoportba.

R1 csoport. Községes épület, ill. építmény.

Ide tartozik minden épület, ill. építmény, ha nem vonatkoznak rá az **R2...R5** csoport valamelyikének a meghatározási feltételei. Ennek megfelelően ezt a csoportot a negatívumok határozzák meg. Az ide sorolt épületek nem lehetnek tűz- és robbanásveszélyesek, nem képezhetnek különleges értéket és nem kell azzal számolni, hogy bennük nagyszámú ember kerül veszélybe. Ebbe a csoportba tartoznak általában a lakóépületek, irodaházak, üzleti és üzemi épületek, a mezőgazdasági épületek, kisebb szállodák, turistaházak, vendéglátási épületek, kilátók, víztartályok víztornyok, ha az előbb említett tényezők nem fokozzák a villámcsapás veszélyességét.

R2 csoport. Kiemelt épület, ill. építmény.

Ide tartozik a következőkben felsorolt épületek és építmények közül mindegyik, ha nem vonatkoznak rá az **R3...R5** csoport valamelyikének meghatározási feltételei:

- nagyforgalmú épület, amelynek átlagos napi személyforgalma az 1000 főt, csúcsgorgalomban óránként a 300 főt meghaladja, valamint amelynél a rendeltetésszerű használat folyamán a forgalom 5 percen belül az 50 főt eléri; (OÉSZ)
- tömegtartózkodásra szolgáló közösségi épület az, amelyben egy tűzszakasz befogadóképessége 500 főnél nagyobb; (OTSZ)
- tudományos, történelmi és művészeti értékű épület, ill. építmény;
- föld feletti közműépítmény;
- nagyüzemi állattartási épület.

Amint ebből a meghatározásból látható a magyar szabvány először azokat az épületeket sorolja ide, amelyekben a villámcsapás nagyobb számú embert veszélyeztet. A nagyforgalmú épületek jellegzetes példák: áruházak, vásárcsarnokok, orvosi rendelők, pályaudvarok és a közlekedési épületek. A tömegtartózkodásra szolgáló épületekben a pánik keletkezésének lehetősége is növeli a veszélyt, mert

villámcsapás esetén zavar támadhat a menekülésben. Az ilyen épület jellegzetes példái a színházak, a mozik, a hangversenytermek és általában a kulturális, valamint a sportlétesítmények, ahol nézőtér is van. Ide tartoznak még a nagyobb éttermek, valamint az iskolák és hasonló nagy befogadóképességű gyermekintézmények, a kórházak, szanatóriumok, fürdők, továbbá a nagyobb szállodák és hasonló célú kommunális épületek.

A tudományos, történelmi és művészeti értékű épületekre elsősorban az jellemző, hogy elpusztulásuk pótolhatatlan szellemi értékek megsemmisülésével járna. Jellegzetes példái a múzeumok, könyvtárak és műemlékek.

A közművek építményeiben és a nagyüzemi állattartási épületekben a villám főleg anyagi értékeket veszélyeztet, az előbbieknél azonban a keletkező kár következményei messzire terjedhetnek, az utóbbiaknál viszont a kár nagysága és a termelési kiesés indokolja a kiemelést.

Az **R2** csoportba tartozó épületek egy része az OTSZ szerint a **C** tűzveszélyességi osztályú, tehát tűzvédelmi szempontból tűzveszélyesnek minősül, ennek ellenére villámvédelem szempontjából a többi **C** tűzveszélyességi osztályú épülettől eltérően kell besorolni.

R3 csoport. Tűzveszélyes épület, ill. építmény.

Ide tartozik az az épület, ill. építmény, amit a belügyminiszter 35/1996(XII.29) BM számú rendeletének (OTSZ) 3.§. (3) bekezdése a benne előforduló anyagok alapján **C** tűzveszélyességi osztályúnak minősít.

Az idézett rendelet szerint *tűzveszélyes* (**C** jelű) tűzveszélyességi osztályba tartozik az a helyiség és szabadtér, ahol olyan szilárd anyagot, amelynek gyulladási hőmérséklete legfeljebb 300°C vagy olyan folyadékot, amelynek nyílttéri lobbanáspontja 50°C-nál nagyobb és 300°C-nál kisebb, előállítanak, feldolgoznak, használnak, tárolnak vagy forgalomba hoznak.

Ha az épület helyiségeinek csak egy része tartozik a **C** tűzveszélyességi osztályba, akkor a rendelet részletesen szabályozza a minősítés feltételeit. Ezeket röviden abban lehet összefoglalni, hogy

az a tűzveszélyességi osztály mértékadó az egész épületre, amelybe az összesített alapterület (a szinteket külön is számításba véve) legalább 40%-át elfoglaló helyiségek tartoznak.

A szabvány és a rendelet értelmében az **R3** csoportba tartozó épületekre jellegzetes példák a nehéz olajszármazékokkal (petróleum, gázolaj), fával, papírral, textilanyagokkal, éghető műanyagokkal foglalkozó üzemek, raktárak, árusítóhelyek. Az épületek tűzrendészeti besorolását egyébként már a létesítéskor vagy későbbi ellenőrzéskor megállapítják, tehát általában adottnak lehet tekinteni.

Bár a tűzrendészeti besorolásuk szerint a nagy befogadó képességű épületek is a **C** tűz-veszélyességi osztályba tartoznak, de a tömeges veszélyeztetés, nem pedig a tűzveszélyes anyagok miatt, ezért ezeket villámvédelmi szempontból az **R2** csoportba kell besorolni.

R4 csoport. Tűz-és robbanásveszélyes épület, ill. építmény

Ide tartozik az az épület, ill építmény, amit az **R3** csoportnál idézett rendelet **B** tűzveszélyességi osztályúnak minősít.

Az idézett rendelet szerint *tűz- és robbanásveszélyes (B jelű)* tűzveszélyességi osztályba tartozik az a helyiség, szabadtér és veszélyességi övezet, ahol olyan port, amely levegővel robbanás-veszélyes keveréket képezhet, továbbá olyan anyagot (folyadékot), amelynek zárttéri lobbanáspontja 20°C-nál nagyobb, nyílttéri lobbanáspontja pedig legfeljebb 50°C, vagy olyan anyagot (gázt), amelynek alsó éghetőségi (robbanási) határértéke a levegő térfogatához viszonyítva 10%-nál nagyobb, előállítanak, feldolgoznak, használnak, tárolnak vagy forgalomba hoznak, és e tevékenység közben ezek az anyagok olyan mennyiségben fordulnak elő, hogy belőlük robbanásveszélyes keverék, elegy vagy vegyület keletkezhet.

Az **R4** csoportba általában vegyi üzemek és raktárak tartoznak és az anyagok tűzveszélyességére vonatkozó előírások (MSZ 595/2-79) hosszú listát sorolnak fel a **B** tűzveszélyességi osztályba tartozó anyagokról, amelyeknek részletes ismertetésére nem térünk ki. A köznapi használatban gyakrabban előforduló, ide tartozó anyagok: az

etil-alkohol és 45 %-nál töményebb vizes oldata, a terpentin, továbbá a levegőben szálló szerves porok, mint pl. a liszt.

R5 csoport. Fokozottan tűz- és robbanásveszélyes épület, ill. építmény.

Ide tartozik az az épület, ill. építmény, amit az **R3** csoportnál idézett rendelet **A** tűzveszélyességi osztályúnak minősít.

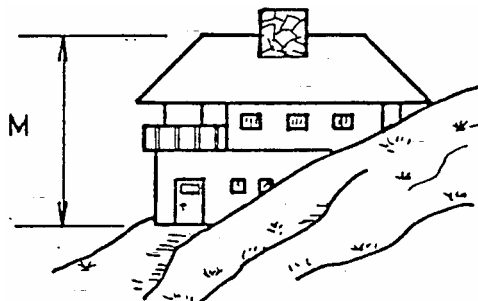
Az idézett rendelet szerint *fokozottan tűz- és robbanásveszélyes*, (**A** jelű) tűzveszélyességi osztályba tartozik az a helyiség, szabadter, veszélyességi övezet, ahol olyan anyagot, amelynek heves égése, robbanása, indító (iniciáló) gyújtásra, ill. más fizikai, kémiai hatásra bekövetkezhethet, vagy amelynek zárttéri lobbanáspontja legfeljebb 20°C, továbbá amelynek alsó éghetőségi (robbanási) határértéke a levegő térfogatához viszonyítva legfeljebb 10°C, előállítanak, feldolgoznak, használnak, tárolnak vagy forgalomba hoznak, és e tevékenység közben ezek az anyagok olyan mennyiségben fordulnak elő, hogy belőlük tűz- és robbanásveszélyes keverék, elegy, vegyület keletkezhethet.

Az **R5** csoportba tartozó épületek közül jellegzetesek a könnyű olajszármazékokkal (benzin, benzol), a szerves oldószerekkel (aceton, éter), éghető gázokkal (földgáz, hidrogén, szénhidrogének) foglalkozó üzemek és raktárak. Ide tartoznak a robbantóanyagokkal és az oxigén (levegő) nélkül pl. ütésre vagy más hatásra robbanó anyagokkal dolgozó üzemek és raktárak is.

5.2. Magasság és környezet szerinti csoportok

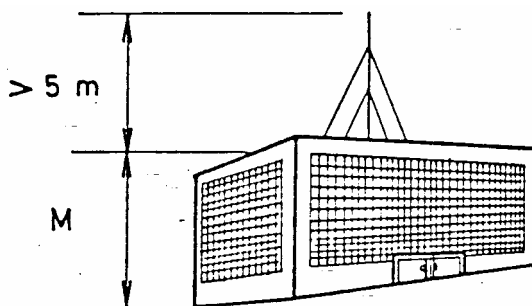
Az épületek magasság szerinti csoportosítása az épület vagy építmény saját magasságán kívül figyelembe veszi a környezetben levő épületek és egyéb tárgyak magasságát és a környezetnek a villámcsapási veszélyt növelő vagy csökkentő hatásait is. A villám-védelmi besorolás szempontjából az épület magassága (a jele: **M**) az épület, ill. építmény legmagasabb pontjának az alaprajzi körvonal mentén lévő legmélyebb terepszinttől mért magassága (5.1. ábra). A terepszintre vonatkozó meghatározás olyan lejtős helyen szükséges,

ahol az épület az egyik oldalról lényegesen (pl. egy emelettel) magasabb, mint a másiktól.



5.1. ábra
A magasság megállapítása lejtős terepen

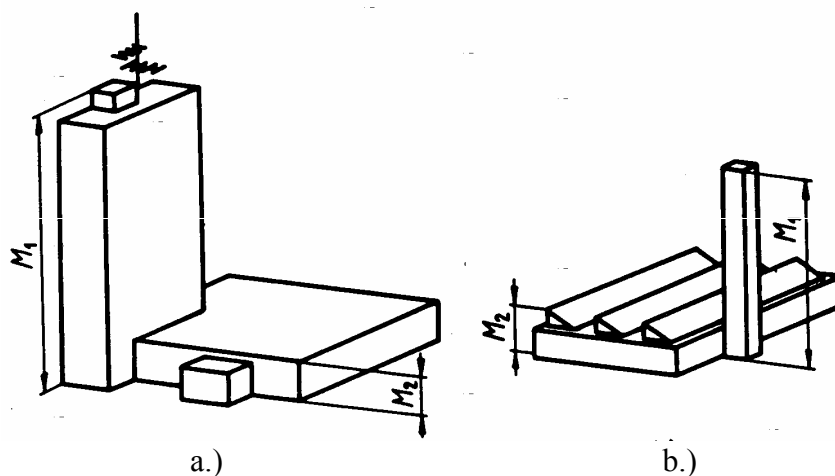
Az épületen a tetőfelület magasságát legfeljebb 5 m-rel meghaladó magasságú kiemelkedő épületrészeket vagy tárgyakat (pl. az 5.1. ábrán látható kéményt) nem kell figyelembe venni, hanem a tetőfelület (gerinc) magasságát kell az épület magasságának tekinteni. Az épületen lévő villámhárítót, illetve a villámvédelem céljára felhasznált, de egyébként az épülethez tartozó, kiemelkedő fémtárgyat akkor sem kell számításba venni, ha magassága több, mint 5 m-rel meghaladja a tető magasságát (5.2. ábra).



5.2. ábra
A villámhárító vagy a felfogóként használt fémtárgy nem számít bele az épület magasságába

A 5.3. ábrán bemutatott példákhoz hasonlóan különböző magasságú részekből álló épületek esetén a magasság szerinti besorolás szempontjából külön épületnek lehet tekinteni azokat a részeket amelyek között legalább 5 m magasságkülönbség van.

Rendeltetés szerinti besorolás (5.1. pont) szempontjából azonban az ilyen épületek egy épületnek számítanak. Az épület magasságába az előbbiek szerint nem számít bele az 5.3a. ábrán látható antenna, mert azt be kell kötni a villámhárítóba és így a felfogó részét fogja képviselni. A magasabb épületrész tehát M_1 , az alacsonyabb pedig M_2 magasságú. Az 5.3b ábrán az épület magasságának az M_2 magasságot kell tekinteni, a kéményt pedig különálló tárgynak lehet venni, aminek a védelméről a saját M_1 magasságától függően kell gondoskodni. Ha a tetőn sok ilyen kiemelkedő tárgy van, akkor ezek közül a legmagasabb határozza meg az épület magasságát.

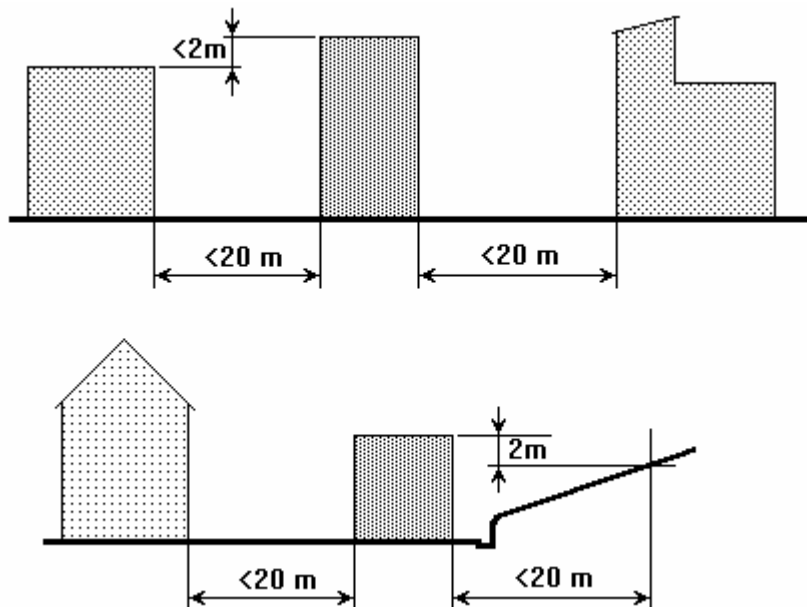


5.3. ábra

A magasság szerinti besorolás szempontjából külön kezelhető épületrészek

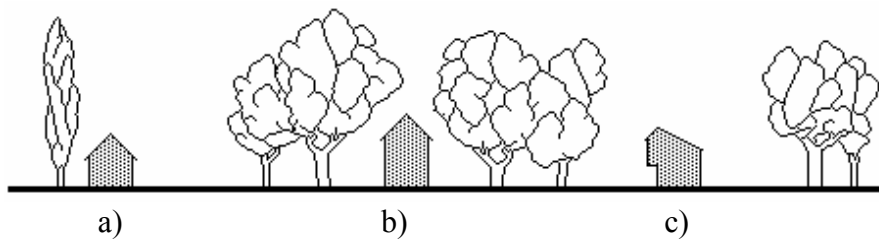
Ebből az előírásból nem következik, hogy a különböző magasságú épületrészeket mindig külön kell figyelembe venni. Erre csak lehetőség van, de akkor, ha a tetőn sok kiemelkedő tárgy pl. kémény vagy szellőzőkürtő van, ezek közül a legmagasabbat célszerű az egységes épület magasságának tekinteni.

A magas környezet csökkenti a becsapási veszélyt, ezért az épület magasság szerinti besorolásakor ezt figyelembe lehet venni. A magas környezet hatásával akkor lehet számolni, ha 20 m távolságon belül legalább két oldalról olyan épületek vagy tárgyak vannak, amelyeknek magassága legföljebb 2 m-rel kisebb, vagy az 5.4. ábra szerint a terepszint emelkedik az épület magasságával azonos szintre.

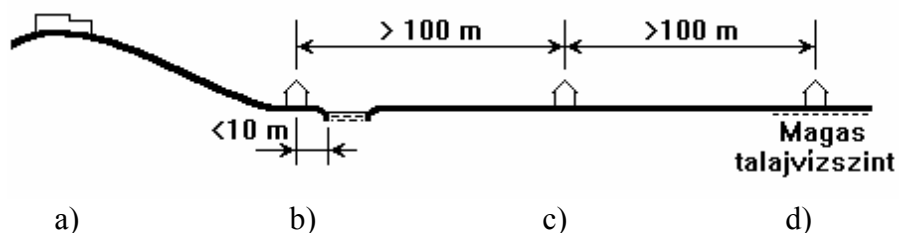


5.4. ábra. A magas környezet hatása

A fák környezeti hatása nagyon eltérő lehet. Ha az 5.5a a ábrához hasonlóan magas fák állnak közvetlenül az épület mellett, az őket érő villámcsapás könnyen átugrik az épületre és így a kiemelkedő fák növelik a becsapási veszélyt. Ugyanez az eset következik be az 5.5b ábra szerint az erdőben is, ha az épület mellett az általános koronaszintből kiemelkedő magas fa áll. Abban az esetben azonban, ha az épületet magasabb, de nem kiemelkedő fát nem tartalmazó erdő veszi körül, a becsapási veszélyt csökkentő környezeti hatással lehet számolni (5.5c ábra).



5.5. ábra Az épület mellett álló fák az a) és b) esetben növelik a becsapási veszélyt, c) esetben magas környezet hatása érvényesül



5.6. ábra A becsapási veszélyt fokozó környezeti hatások
Az épület magassága a b), c) és d) esetben legalább 10 m

A becsapási veszélyt fokozó környezet hatásával kell viszont számolni olyan épületnél, ill. építménynél, amely

- hegytetőn önmagában áll (5.6a ábra)
- száraz, sík területen, vízfolyástól 10 m-nél kisebb távolságban van és magassága legalább 10 m (5.6b ábra);
- síkságon 100 m-es körzeten belül magában áll és magassága meghaladja a 10 m-t (5.6c ábra)
- olyan területen áll, ahol a talajvíz átlagos szintje 1 m-nél közelebb van a terepszinthez és magassága legalább 10 m (5.6d ábra).

Ha az előbb felsorolt körülmények magas környezetben álló épületre vonatkoznak, akkor a becsapási veszélyt fokozó környezeti hatással nem kell számolni, viszont a magas környezet kedvező hatása figyelembe vehető. Az erdőben vagy magas sziklák között hegytetőn álló épületre pl. a magas környezet hatását kell csak számításba venni.

Az épületeket az **M1...M4** magasság szerinti csoportokba a saját magasságuk és a környezeti hatás figyelembevételével az 5.1. táblázat szerint kell besorolni (MSZ 274/2-81).

Meg kell jegyezni, hogy az Országos Építésügyi Szabályzat (lásd az MSZ 595/1-79 függelékét) az MSZ 274/2-81 szabványtól eltérően a következő csoportokat adja meg az épületek magasságára:

Középmagas épület az az épület, amelyben a legfelső használati szint padlósíkja 13,6 méternél magasabban van, de nem haladja meg a 30 métert.

Magas épület az az épület, amelyben a legfelső használati szint padlósíkjának magassága meghaladja a 30 métert.

5.1. táblázat

**Az épületek magasság szerinti csoportosítása
az MSZ 274/2-81 szerint**

Környezeti hatás	M≤20 m	20 m<M≤30 m	M>30 m
	magasságú épület, illetve egyéb építmény magasság szerinti besorolása		
Nincs	M2	M3	M4
Magas környezet	M1	M2	M3
Becsapási veszélyt fokozó környezet	M3	M3	M4

A környezeti hatások figyelembe vételéhez a következő táblázat nyújt részletesebb áttekintő adatokat.

5.2. táblázat

A környezeti hatások áttekintő adatai

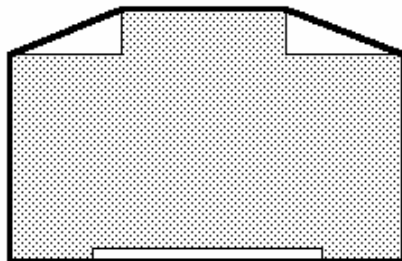
A védendő épület magassága	Az épület magasság szerinti besorolása					
	hegy- tetőn	sík területen	Vízfolyáshoz 10 m-nél közelebb vagy nedves területen		egyéb helyen	
	ha a környezetben épület nincs		ha a környezetben levő épület a védendőnél			
	seholsem	100 m-en belül	≥ 2 m-rel	nem	≥2 m-rel	nem
			alacsonyabb			
<10 m	M3	M2	M2	M1	M2	M1
10...20 m	M3	M3	M3	M1	M2	M1
20...30 m	M4	M4	M4	M2	M3	M2
>30 m	M4	M4	M4	M3	M4	M3

A magasság és környezet szerinti besorolás lényegében a villámcsapás várható gyakoriságát fejezi ki. Ezt konkrétan is ki lehet számítani a következő képlettel:

$$N_b = N_v \cdot (A + 3 \cdot k \cdot M + 9 \pi \cdot M^2) \cdot 10^{-6} \text{ villám/év}$$

ahol N_v a területre jellemző villámsűrűség villám/km².év;

- A az épület vízszintes területe a tető szintjén m^2 -ben;
 M az épület magassága m -ben;
 k az épület kerülete m -ben, amelyet beszögellések esetén úgy kell értelmezni, mint a tetőszinten az épület köré feszített zsinór hosszát (5.7. ábra).



5.7. ábra
Az épület területének és kerületének értelmezése.

5.3. Milyen csoportba soroljuk a tetőt?

A tetőzet besorolásával az MSZ 274/2-81. szabvány 4. fejezete foglalkozik. A szabvány értelmében besorolásnál a külső légtérrel közvetlenül érintkező *héjazat anyagát*, valamint az alatta levő *tetőszerkezet anyagát* kell figyelembe venni. A szerkezetek és anyagok sokfélesége miatt a 6. fejezet részletesen foglalkozik a tető villámvédelmi besorolásával.

A tetőzet villámvédelmi csoportjának meghatározásához - mint már említettük - tudnunk kell, hogy milyen éghetőségű a héjazat és milyen éghetőségű az alatta levő tetőszerkezet. Ehhez azonban meg kell ismernünk az *éghetőségi csoportokat*. Éghetőség szempontjából az építőanyagokat az MSZ 595/2-79. szabvány szerint a következő éghetőségi csoportokba sorolhatjuk:

- nem éghető,
- éghető.

Az éghető anyagok további három csoportra bonthatók, mégpedig:

- nehezen éghető,
- közepesen éghető,

- könnyen éghető.

Ez a felbontás az anyag gyulladáspontját, valamint az égés terjedését veszi figyelembe.

A tetőzet villámvédelmi besorolásának alapjait az 5.3. táblázat foglalja össze. A héjazatban leggyakrabban használt építőanyagok, illetve szokásos tetőszerkezetek figyelembe vételével az 3. sz. melléklet ad jellegzetes példákat a tető anyaga és szerkezete szerinti besorolásra.

5.3. táblázat

A tetőzet villámvédelmi besorolása

A héjazat anyaga és szerkezete	A tetőfödém vagy a tetőszerkezet anyaga		
	Nem éghető, nehezen éghető, fém nélkül	Bármilyen éghetőségű, fémmel	Közepesen éghető, könnyen éghető, fém nélkül
Nem éghető, nehezen éghető, fém nélkül	T 1	T 2	T 3
Nem éghető, nehezen éghető, fémmel Csak fém Közepesen éghető, könnyen éghető, vastag fémburkolattal	T 2	T 2	T 2
Közepesen éghető, könnyen éghető, fém nélkül	T 4	T 5	T 4
Közepesen éghető, könnyen éghető, zárt burkolatot nem képező vagy vékony fémmel	T 5	T 5	T 5

A besorolásból látható, hogy a szabvány azt az esetet minősíti a legveszélyesebbnek, amikor a tetőzetet összefüggő fémrészek és éghető (közepesen vagy könnyen éghető) anyagok olyan kombinációja alkotja, amelynél a villám - esetleg a vékony fémét átolvasztva - képes meggyújtani az éghető anyagot. Ilyen esetben

ugyanis az összefüggő fémszerkezet mintegy magához vonzza a villámot és a közvetlenül mellette (vagy alatta) lévő anyag meggyullad.

A **T2** csoportba sorolható ugyanis a fém borítású, éghető tetőszerkezetű tető is, ha vastagsága kielégíti az alábbi követelményeket:

A lemez anyaga	Vastagság, mm
acél	≥0,5
réz	≥0,5
aluminum	≥1,0
ólom, ón, horgany	≥3,0

Ezek a méretkövetelmények a szabvány 4.3.2. szakasza szerint a fémek olvadáspontjától függenek (6. sz. melléklet). Ha az előbbi méretkövetelmények nem teljesülnek, a kívülről teljesen fémborítású, de alatta könnyen vagy közepesen éghető anyagokból álló tetőt a **T5** csoportba kell sorolni.

A fa közismerten éghető anyag, viszont kísérlettel kimutatták, hogy egy órai tűzhatás után a nagyobb gerendák felülete ugyan elszenesedik, de a gerendák belseje épségben marad. A fászerkezetek égését különböző szerekkel késleltetni is lehet, amit *lángmentesítésnek* neveznek (MSZ 802). Ilyen anyagok a vízüveget tartalmazó impregnálószerek, a mész- és cementvakolatok, az azbeszt- és fémburkolatok, valamint a hevítés következtében égést távoltartó gőzt és gázt fejlesztő anyagok, mint amilyen a nátrium, a magnézium vagy a sulypát kristályvize, valamint az ammóniumklorid, ammóniumborát és a különböző magnéziumsók.

5.4. A körítőfalak anyaga szerinti csoportok

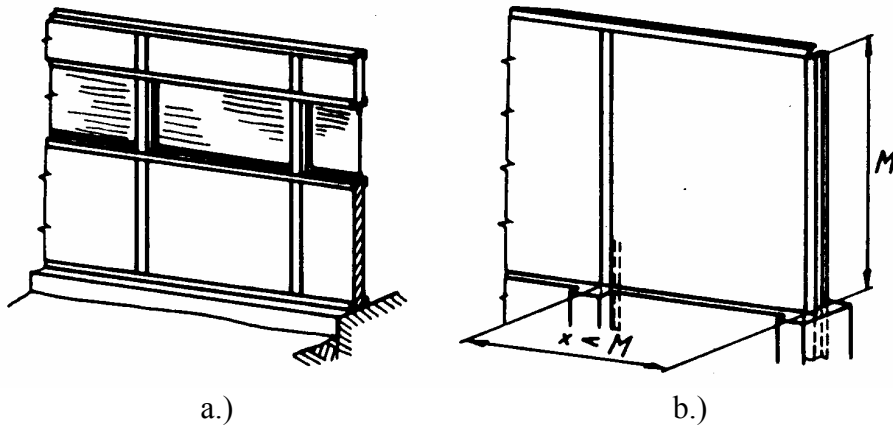
Az épület szabadterrel érintkező körítőfalainak az a villámvédelmi jelentősége, hogy kapcsolatba kerülnek a levezetett villámárammal. A csoportosítás azt veszi figyelembe, hogy mennyire érzékeny a fal a levezetett villámáram hőhatására, ill. fémalkatrészeivel alkalmas-e önmagában is a villámáram levezetésére.

K1 csoport. Nem éghető fal

Ide tartozik a nem éghető építőanyagból készült körítőfal, ha nem tartalmaz összefüggő, vagy nagyobb kiterjedésű fémrészeket és így nem tartozik bele a **K2** csoportba. Jellegzetes példái: a tégl-, kő- és betonfal, valamint a fémszerkezet nélküli üvegfal.

K2 csoport. Fémszerkezetű fal

Ide tartozik az összefüggő fémszerkezetet tartalmazó, vagy összefüggően legalább 0,5 mm vastag fémlemezzel burkolt körítőfal, amely a fémalkatrészek mellett esetleg más éghető vagy nem éghető építőanyagból is áll, továbbá a fémesen összefüggő acélbetétekkel készült vasbeton fal. A szokásos vasbetonszerelési technika szerint a huzalbandázzsal összekötött acélbetétek villámvédelmi szempontból összefüggő szerkezetet alkotnak. E csoportba a fém és egyéb anyagok kombinációjából alkotott fal több jellegzetes változata tartozik. Ilyen fal a hegesztett, szegecselt vagy összezsavarozott acélszerkezet, amire bármilyen anyagból (pl. deszkából, nádpallóból, műanyag lemezből, betonlapokból) készített burkolat van felerősítve (5.8a ábra). A **K2** csoportba tartozik az olyan fal is, amelyben a magasságuknál kisebb távolságban függőlegesen végigfutó acéloszlopok, pillérek, vagy összefüggő acélbetéttel ellátott betonpillérek vannak és ezek a fémzerkezetek legalább fölül fémesen össze vannak kötve egymással (5.8b ábra). Összefüggő fémszerkezetnek számít az olyan elemekből összeállított függőnyfal, ahol az önmagukban összefüggő elemek között legföljebb 3 mm légközök vannak pl. rugalmas közbetétek miatt.



5.8. ábra

A K2 csoportba tartozó fémszerkezetű falak

A **K2** csoport jellegzetes példája még a hegesztéssel, csavarozással, forrasztással vagy korcolással összekötött, lemezborítású fal is, függetlenül a fal egyéb építőanyagaitól. Az előbbiekből látható, hogy a nagy felületen, de bizonytalanul vagy esetleg kis hézaggal érintkező fémrészeket összefüggőnek lehet tekintetni, mert a levezetett villámáram sok párhuzamos úton oszlik meg.

K3 csoport. Éghető fal

Ide tartozik a könnyen, közepesen vagy nehezen éghető építőanyagokból álló vagy ilyen anyagokkal burkolt fal, ha nem tartalmaz összefüggő fémalkatrészeket és így nem tartozik a **K2** csoportba. Jellegzetes példa a favázú, deszkával vagy nádpallóval burkolt fal.

5.5. A környező levegő szennyezettsége szerinti csoportok

A környező levegő szennyezettségét a villámhárító fémalkatrészeinek élettartamát megrövidítő korrózió miatt kell figyelembe venni.

S1 csoport.

Tiszta levegőben lévő épület, ill. építmény az, amely a fémek korróziója szempontjából nem szennyezett településen vagy a szabad természetben áll.

S2 csoport.

Mérsékelt szennyezett levegőben lévő épület vagy építmény környezetében a levegőt legfőljebb fűtési égéstermékek szennyezik. Ilyenek az ipartelepi épületek, fűtőházak, kazánházak és a környezetükben lévő épületek, továbbá az olyan zárt, városi beépítésű területek, ahol az épületek többségében szén- vagy olajfűtés van.

S3 csoport.

Erősen szennyezett légkörben álló épület, ill. építmény környezetében a levegőt a fémek korrózióját gyorsító vegyi anyagok szennyezik, mint pl. vegyi üzemek területén vagy környezetében.

S4 csoport.

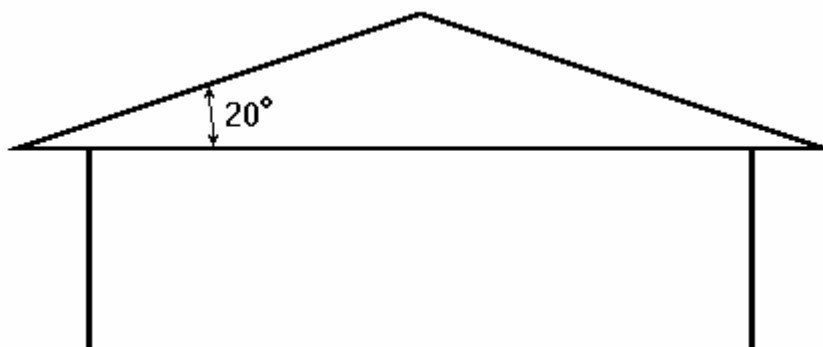
Erősen agresszív légkörben álló épület, ill. építmény
környezetében a levegőt a fémek erős korrózióját okozó, maró gázok
vagy gőzök szennyezik, mint pl. kén-dioxid, kénsav és kénessav,
nitrogén-oxidok és más maró nitrogénvegyületek, klór és sósav stb.

6. A tető szerkezete és besorolása

6.1. A tető kialakításának jellegzetes típusai

Az épületek tetejének kialakítása mind az anyagukat, mind pedig a külső megjelenési formájukat illetően sokféle. A villámvédelmi felülvizsgálat jelentésében (lásd 15.4. fejezet) viszont egyértelműen le kell írni a talált helyzetet. Szükség van tehát a tetővel kapcsolatos legalapvetőbb építészeti fogalmak tisztázására, annak ellenére, hogy az építészetben hiányzik az építészet egész területén egységesen használt, szabványosított terminológia-rendszer.

A szükséges fogalmakat az itt következő ábrák szemléltetik.

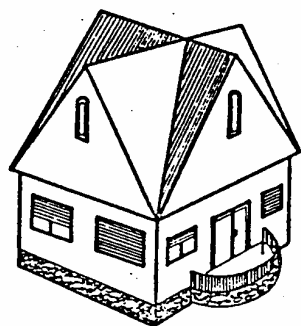


6.1. ábra

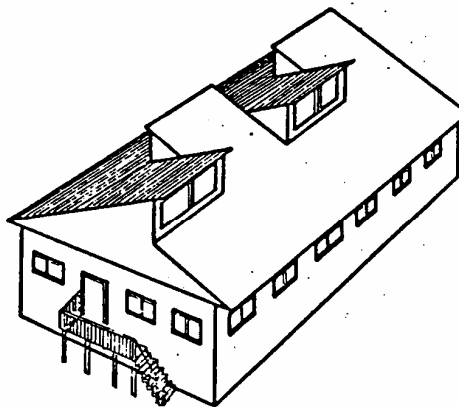
A magastető és a lapostető hajlásának határesete.

Magastető: a 20° -nál meredekebb hajlásszögű tető. Kialakításának főbb csoportjait, az építészetben használt megnevezésekkel együtt a 6.2. és a 6.3. ábrák szemléltetik

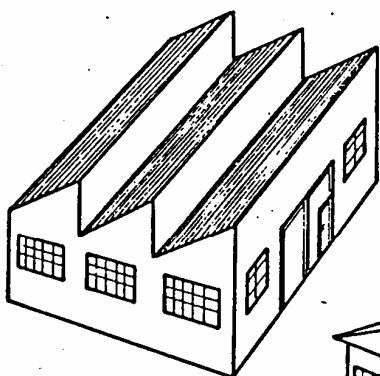
Lapostető: a 20° -nál kisebb hajlásszögű tető. Az ilyen tetők kialakítása és külső megjelenése gyakorlatilag alig különbözik egymástól, ezért itt nem alakultak ki a magastetők csoportjaihoz hasonló elnevezések.



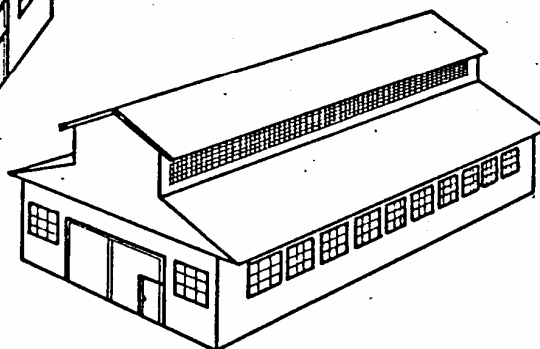
keresztfedél



váltott fűrészfogtető

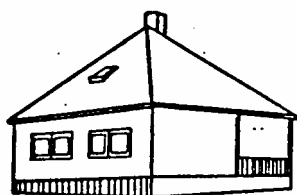


fűrészfogtető

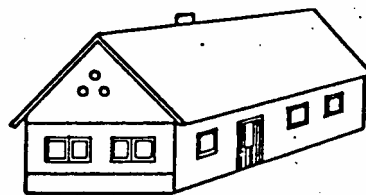


bazilikás nyeregtető

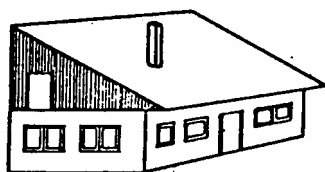
6.2. ábra
A magas tetők jellegzetes típusai



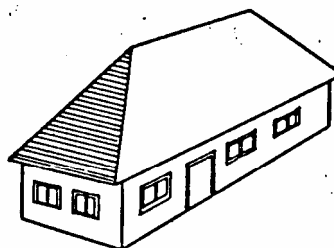
sátortető



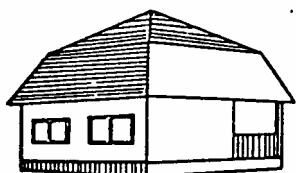
nyeregtető



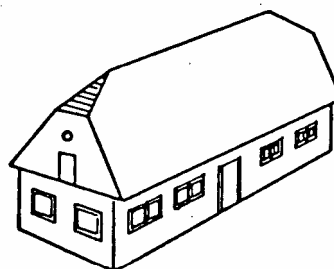
félnyeregtető



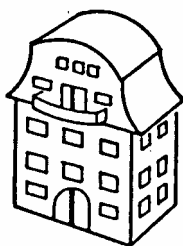
kontyolt nyeregtető



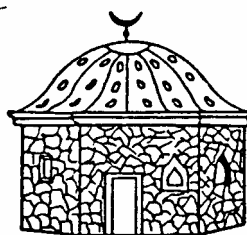
manzárdtető



csonka kontytető

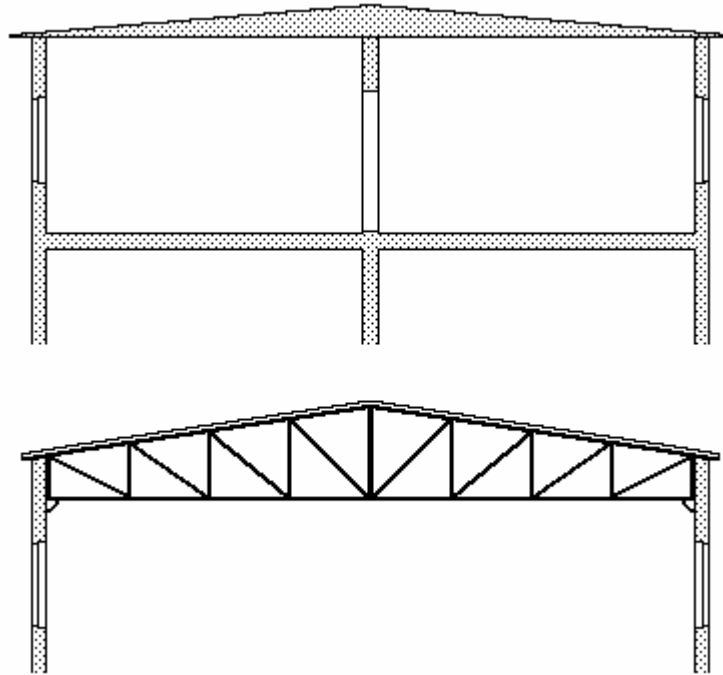


íves manzárdtető



kupolatető

6.3. ábra
A magas tetők jellegzetes típusai



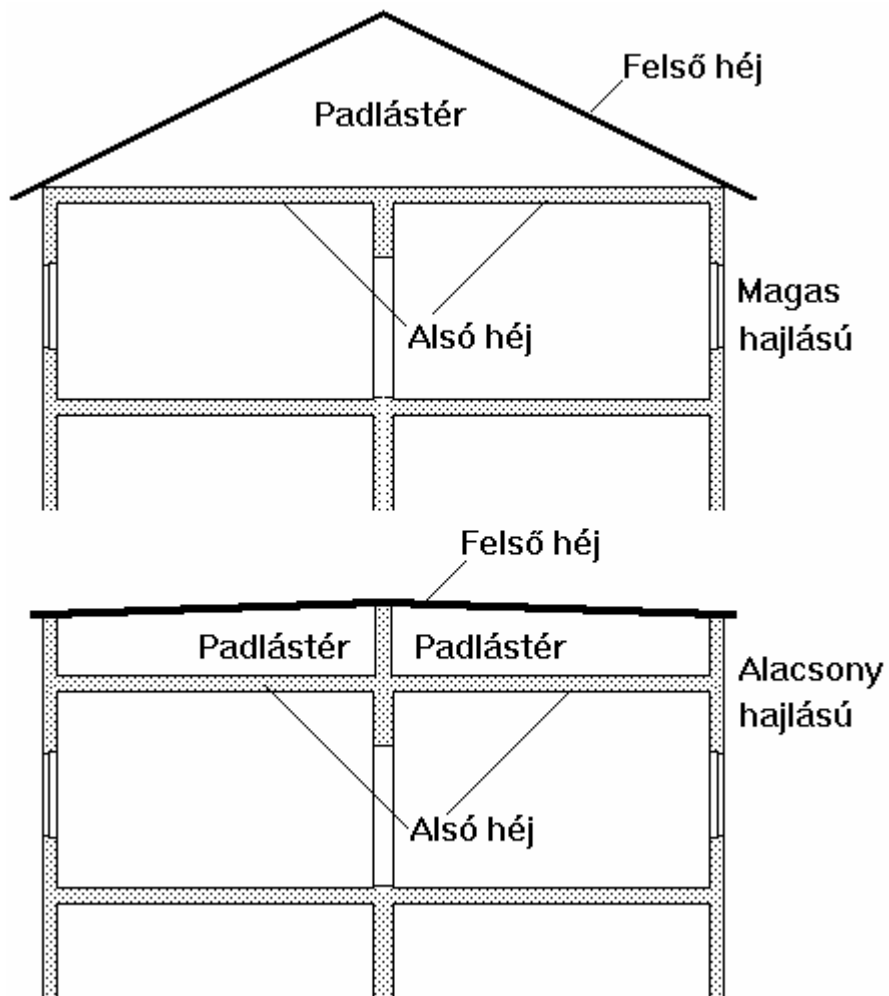
6.4. ábra
Egyhájú tetők.

Egyhájú tető: a fűtött helyiséget, a 6.4. ábrán bemutatott példákhoz hasonlóan, csak egy héj választja el a külső légtértől.

Kéthájú tető: a fűtött helyiséget, a 6.5. ábrán bemutatott példákhoz hasonlóan, két héj választja el a külső légtértől: a egyik a legfelső emeletsor feletti födém (mennyezet), ezt nevezik "alsó héj"-nak; a másik pedig a fedélhéjazat vagy "felső héj"(az ábrákon vastag vonallal jelölve). Gyakorlatilag az a kéthájú tető, ahol kisebb-nagyobb padlástér is van. Meg kell említeni, hogy építészeti szempontból "tetőszerkezet" alatt az alsó és a felső héj együttesét értjük.

Kéthájú melegtető: a padlásteret nem szellőztetik.

Kéthájú hidegtető: a padlásteret szellőztetik.

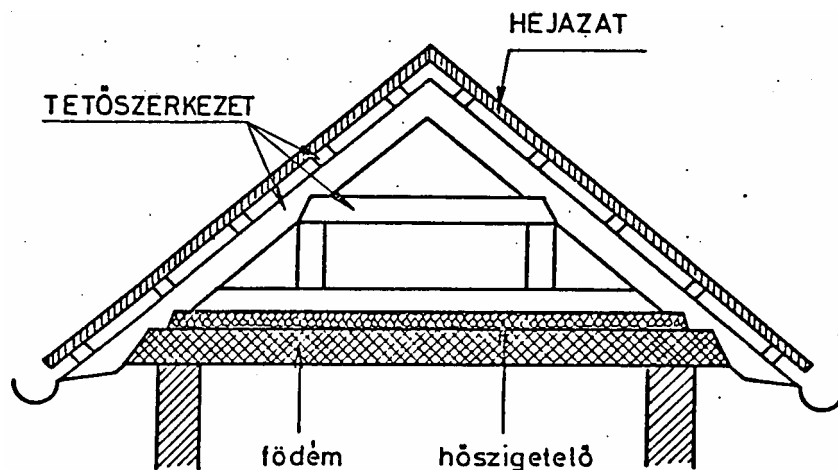


6.5. ábra
Kéthéjű tetők.

A továbbiakban rövid összefoglalást adunk a magastetők és lapostetők gyakran előforduló szerkezeti formáiról.

6.2. Magastetők szerkezeti kialakítása

A magastetők szokásos szerkezeti kialakításának általános elvi rajzát a 6.6. ábra mutatja.



6.6. ábra
Magastetők szokásos szerkezeti kialakítása

Mind a tetőszervezet, mind pedig a héjazat különféle anyagú, lehet és ennek megfelelően más-más éghetőségi csoportba tartozik.

A *cserépfedés* a hagyományos építkezés legelterjedtebb fedési módja. A *tetőszervezet* fa, amely igen ritkán lángmentesített, tehát általában *éghető*. A cserépeket mindig falécre akasztják, ezért a cserépfedés a **T3** csoportba sorolandó. Ritkán előfordul, hogy a cseréptartó léceket könnyűszerkezetes fémvázon rögzítik; ilyenkor a besorolás **T2**.

A cserépfedés faszervezetében használt szegek, valamint – főként a 45°-nál meredekebb esésű tetőkön – a cserépek rögzítésére szolgáló szegek (általában 40 mm hosszúságúak), acélhuzalok, viharkapcsok, stb. kis méreteik miatt villámvédelmi szempontból nem minősülnek fémszerkezeteknek, ezért ezekkel nem kell foglalkoznunk.

A *palafedés* villámvédelmi szempontból teljesen megegyezik a cserépfedéssel, csak a palafedésnek sokkal több változata ismeretes. A különböző méretű palalemezek nagysága a cserép nagyságrendjébe esik és megkülönböztetünk természetes és mesterséges palalemezt. A

természetes palafedés ritka. A mesterséges pala anyaga azbesztcement, más néven Eternit.

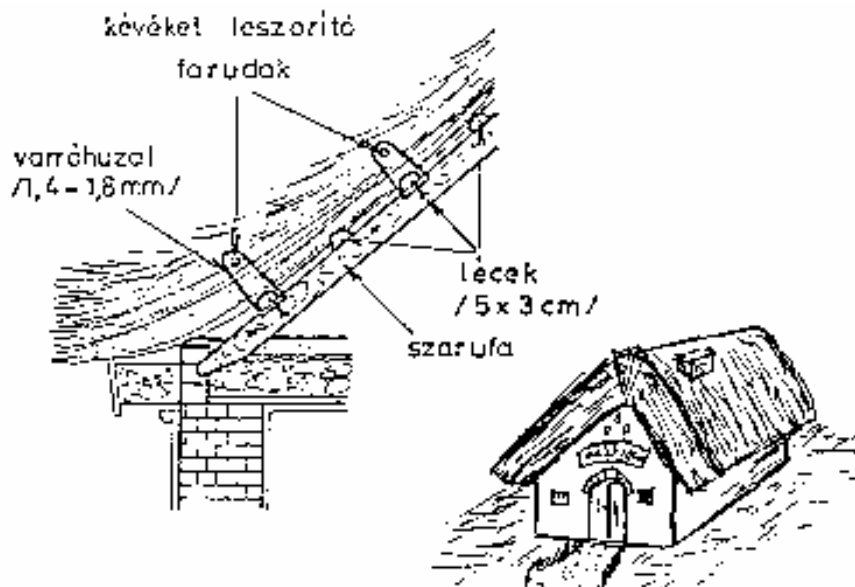
A *palalemezeket* közvetlenül falécezetre erősítik, de e léceket fémváz (többnyire könnyűszerkezetes előregyártott, kis súlyú épületszerkezet) is tarthatja. A lemezek felerősítéséhez használt szegeket (35-40 mm hosszúak), valamint a viharkapcsokat (ezek kétszeres méretű rajszegekre hasonlítanak) és a taréjkúpok rögzítésére szolgáló néhány cm hosszú acéllemezkapcsokat figyelmen kívül kell hagynunk.

A *táblás palafedés* (egy-egy tábla 1-2 m²-es) készülhet hullámos és sík tábla felhasználásával. A tetőszerkezet éppúgy lehet fém, mint fa. Ha a tetőszerkezet kizárólag fából készült, a különböző fém rögzítőelemeket itt sem vesszük figyelembe. A palafedések villámvédelmi besorolása tehát fa tetőszerkezet esetén **T3**, fém tetőszerkezet esetén pedig **T2**.

A *fafedések* közül nálunk szinte kizárólag a *zsindelyfedés* fordul elő, de ez is csak elvétve. (Fafedési mód ezen kívül a deszkafedés és a dránica-fedés.) A tetőszerkezet anyaga minden esetben fa, ehhez 50 cm hosszú szegekkel erősítik fel a 30-50 cm hosszú, 5-20 cm széles és 0,3-2 cm vastag fenyőfalapokat, amelyek összessége adja a héjazatot. A zsindelyfedés villámvédelmi besorolása **T4**.

A *kévéfedések* közül gyakorlatilag csak a *nádfedéssel* találkozhatunk. (A kévéfedés másik fajtája, a szalma- vagy zsupfedés, kihalóban van.) A nádfedést előnyös esztétikai és klimatizálási tulajdonságai miatt új épületeknél is használják (csárdák, fogadók, nyaralók, jégvermek, hordóraktárak stb.), viszont rendkívül tűzveszélyesek, ezért villámvédelmük ellenőrzésénél is különös gonddal, körültekintéssel kell eljárni. A nádfedés tetőszerkezetének anyaga gyakorlatilag kizárólag fa; és kialakítása hasonlít a cserépfedés tetőszerkezetéhez, csak itt a szarufára merőlegesen felerősített lécek nem 15-30 cm, hanem 60-80 cm távolságra futnak egymástól. A lécekre 1,4-1,8 mm átmérőjű horganyozott acélhuzallal ("rögzítőhuzal" vagy "varróhuzal") erősítik fel a 3 méternél hosszabb, vastag, töretlen nádból készült kévét (6.7. ábra). A kévék leszorítására a szarufákon futó lécekkel párhuzamosan fektetett, 2-4 cm átmérőjű farudakat is használhatnak. A faszerkezetet összefogó szegeken és a

varróhuzalokon kívül más fémtárgy nem tartozik magához a tetőhöz, esőcsatorna nem készül.



6.7. ábra.
Nádfedés

A nádfedéssel szemben támasztott követelmények nincsenek szabványosítva, sőt - a villámvédelmi szempontból megvizsgálandó - rögzítőhuzalok (varróhuzalok) elhelyezése, hossza is mesterenként változik, a 20-40 cm vastag nádfedésben való elhelyezésük pedig egyáltalán nem látható. A nádfedést végző mesterek többsége "folyamatosan varr", vagyis a kévek leszorításához összefüggő varróhuzalt használ. (A tető minden négyzetméterén kb 0.2 kg acélhuzal van, ami azt jelenti, hogy már 1 m² felületen is 10 méternél hosszabb, összefüggő fémmel kell számolnunk! A nádfedés tehát összefüggő, nagyterjedésű fémrészek és éghető anyag kombinációjaként kezelendő!

A nádfedél gerincén a nádból készült ún. "gerinc-szegés" helyett - ritkán - cserép vagy hullámpala héjazatot is szoktak alkalmazni, ez viszont nem változtat az épület tető szerinti villámvédelmi csoportosításán. A fémalkatrészeket tartalmazó nádfedés a **T5**, fémrészek nélkül viszont a **T4** csoportba tartozik.

A *lágylemez (tekercs) fedések* ("kártyapapír-fedés") igénytelenebb helyen rövid élettartamra készülnek. A tetőszerkezet fa, erre terítik rá a bitumenes lemez ("kátránypapír") héjazatot, amely szintén éghető. Villámvédelmi szempontból figyelembe veendő fémalkatrészeket nem tartalmaz ez a típusú tető. Besorolása **T4**.

A lágy bitumenes lemez az építőiparban elég gyakran, általában víz elleni szigetelésre használt alapanyag. A bitumennel telített, esetleg csak bevont nyerspapír lemez. Fajtái: csupaszlemez, különleges csupaszlemez, fedéllemez homokliszttel vagy kőporhintéssel, különleges fedéllemez zsírkőpor-kőzuzalék hintéssel és különleges szigetelőlemez. Jelzőszáma az 50 kg tömegű tekercs felületét jelzi négyzetméterben (70, 80, 90, 100, 120, 150, 200).

A *fémlemez-fedés* elsősorban a különleges kialakítású tetők (leggyakrabban tornyok) jellegzetes fedésmódja. A tetőszerkezet lehet beton, téglá, fém, de leggyakoribb a fa. Bármilyen is legyen a tetőszerkezet váza, magát a külső lemezburkolatot falécekre vagy fatuskókra erősítik. A fémlemez belső felét és a tetőszerkezetet általában egy réteg bitumenes fedéllemezből álló páragátló választja el. A fémlemez fedés tetőszerkezete tehát éghetőnek minősül.

A fedéshez használt lemezanyagok és azok szokásos vastagsága a következő:

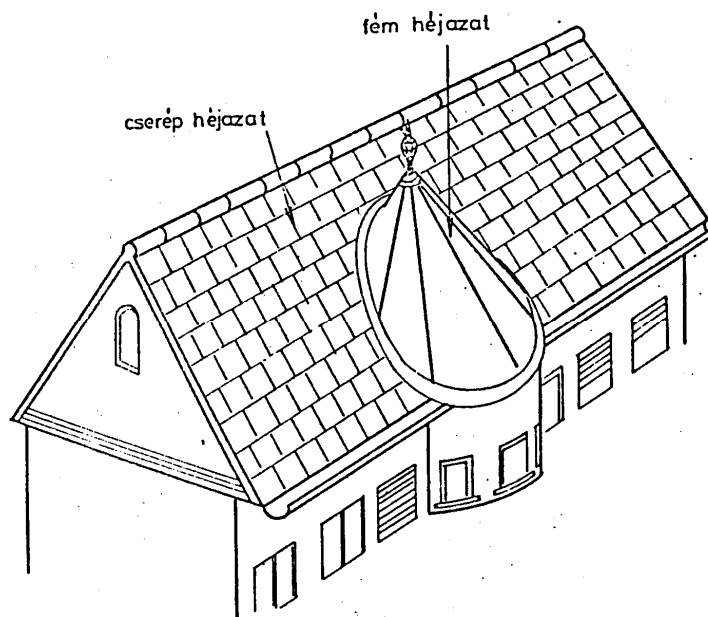
- *horganyozott acéllemez* (jele Ha). A legtöbb esetben 0,55 mm vastag síma, 0,75 mm vagy 1 mm vastag hullámos lemezt használnak;
- *horganylemez* (jele Zn-K). Elsősorban különleges geometriai kialakítású helyeken gyakran használják a könnyen alakítható és jól forrasztható 0,65-0,75 mm vastag lemezeket;
- *aluminiumlemez* (jele A), a 0,7 - 1 mm vastag lemezeket korróziós problémák miatt egyre ritkábban használják;
- *rézlemez* (jele Cu-C), a 0,5 - 0,6 mm vastag lemezeket; különösen műemlékeken és nagy értékű épületeken használják;
- *ólomlemez* (jele Pb-A vagy Pb-Kf), az 1,5 mm vastag lemezekre különösen vegyileg szennyezett (pl. savgőzzel) helyeken van szükség, másutt ritkán használják;

- *fekete acéllemez* (jele A), 0,55 mm vastag síma, 0,75 vagy 1 mm vastag hullámos; igénytelen helyen vagy ideiglenes fedésre, nagyon ritkán használják.

A lemezfedés besorolását esetenként kell megállapítani. Mivel a tetőszerkezet éghetőnek minősül, a szabvány 4.3.2. szakasza értelmében a tető **T2** csoportba sorolandó, ha az acél- vagy rézlemezborítás legalább 0,5 mm, az alumíniumborítás legalább 1,0 mm és az ólom- vagy horganyborítás legalább 3 mm vastag. Ha ezek a - vastagságra vonatkozó - követelmények nem teljesülnek, a tető **T5** csoportba tartozik. (Lásd a 3.sz. mellékletet!)

A tetőfedéshez használt fémlamezek alakja lehet síma, hullámos vagy bordás. A hullámos és bordás lemezek vastagabbak, mint a síma lemezek, és használatosak önmagukban is a belső és külső tér elválasztására. Az ilyen tetők tetőszerkezete bármilyen anyagból készülhet, besorolásukat az előbb leírt elvek alapján kell megállapítani.

Említést kell tennünk arról az esetről is, amikor a fémlemezfedés valamely más fedésfajtaival fedett tető egy részét takarja (6.8.ábra). Ilyen esetben az egyes tetőrészeknek megfelelő csoportok szerint vesszük figyelembe a felfogó fokozatát; a felfogónak ki kell elégítenie az adott tetőrészekre megállapított fokozat követelményeit.



6.8. ábra
Különböző besorolású részekből álló tető

A műanyag hullámlemez fedés ott alkalmazható célszerűen, ahol a belső és külső teret csak maga a hullámlemez választja el, e lemezek ugyanis áttetszők. Az üvegszállal erősített poliészter vagy kemény PVC tetőfedő elemek 1-2 m²-es táblákban készülnek. Építészeti szempontból nehezen éghetők, tehát villámvédelmi veszélyességük azonos a nem éghető anyagokéval. Ezek különféle fantázianeveken jelennek meg a kereskedelemben, amelyből a tényleges anyaguk nem állapítható meg, ezért pl. az éghetőségük megítéléséhez a katalógus-adatokat, vagy egyéb műszaki leírást lehet felhasználni. A lemezek bármilyen tetőszerkezetre feltehetők, így a tető besorolása ettől is függ:

- *fa tetőszerkezet* esetén **T3,**
- *acélszerkezet + fa* esetén **T3,**
- *fém tetőszerkezet* esetén **T2.**

A hullámüveg-fedésre ugyanaz érvényes, mint a előbb tárgyalt műanyag hullámlemez-fedésre. Kereskedelmi elnevezésük ugyancsak sokféle és gyakran változik, vagy újak is jelennek meg.

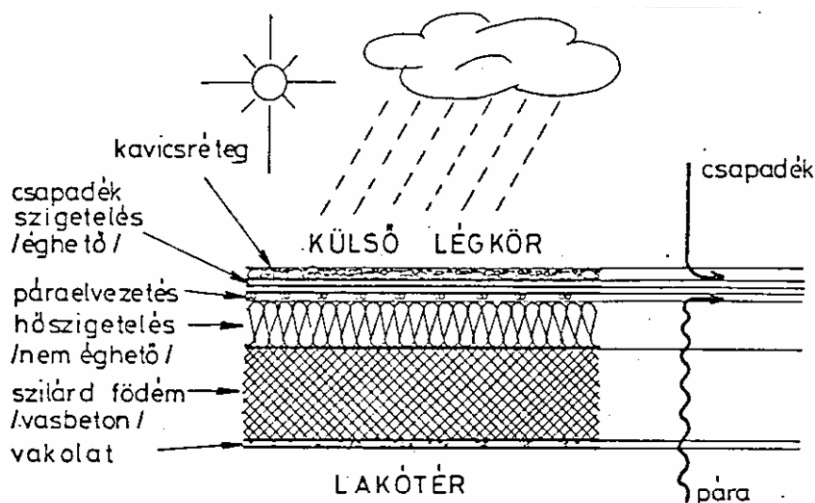
A síktáblás üvegfedés alapanyaga a 6 mm vastag, 0,45 mm átmérőjű, 10 mm lyukbőségű huzalbetéttel készült öntöttüveg. A 40-80 cm széles üvegtáblákat acél, vasbeton, esetleg fa keretbe erősítik ragacsolással (ólompir tapasszal, közismert nevén gitteléssel), vagy ragacsolás nélküli technológiával. Ezt a tetőtípust főleg nagy csarnokok tetőzetének részként szokták alkalmazni. A tető besorolása ugyanolyan, mint a hullámlemez fedése (lásd előzőekben).

Az előfeszített, nagyelemekből kialakított magastetők eléggé ritkák, kialakításuk viszont sokféle lehet. Ezért, valamint azért, mert szerkezetüket illetően villámvédelmi szempontból a lapostetőkhöz hasonlítanak, külön nem tárgyaljuk őket.

6.3. Lapostetők szerkezeti kialakítása

A 6. fejezet elején, a 6.1. ábra kapcsán láttuk, hogy lapostetőn a 20° -nál kisebb hajlásszögű tetőt értjük. A gyakorlatban az egyhéjú melegtető és a kéthéjú hidegtető a legelterjedtebb (lásd a 6.4. és 6.5. ábrákat).

Az egyhéjú melegtető szerepe: szilárd födém, hőszigetelés, csapadékvíz-szigetelés, párazárás és páraszellőzés. A 6.9. ábrán az egyhéjú melegtetők szerkezeti elemeit ábrázoltuk.

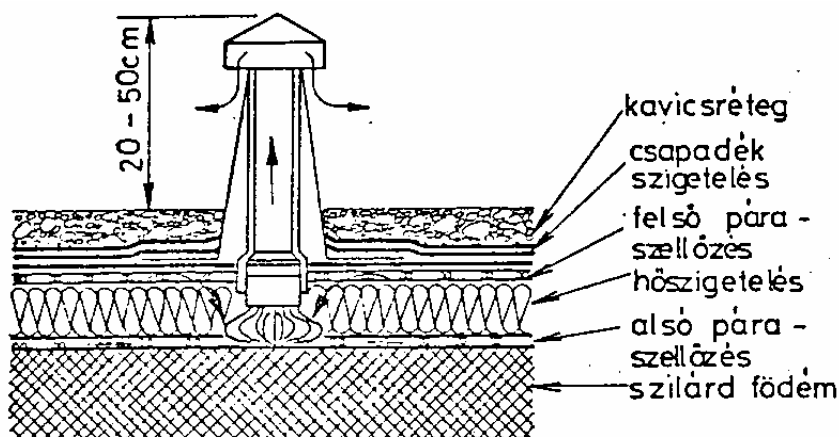


6.9. ábra
Az egyhéjú melegtetők szerkezeti elemei

A lakótérben keletkező pára áthatol a mennyezeten, a külső csapadékvíz-szigetelés viszont útját állja. A felgyülemelő nedvességet a pontonkénti páraszellőzők távolítják el. Ezek egymástól való távolsága 2-8 méter, és - amint az a 6.10.ábrából látható - nincsenek fémes kapcsolatban egymással, vagy az épület más csőrendszerével.

Az egyhéjú melegtető teherhordó anyaga elvileg bármilyen - erre a célra alkalmas - építőanyag lehet, de a gyakorlatban szinte kizárólag vasbeton, ami villámvédelmi szempontból fémszerkezetnek felel meg (MSZ 274/2-81.szabvány 4.2.2 szakasza). A hőszigetelő anyagok között vannak nem éghető anyagok, mint pl. termalittégla, cement- és mészkötésű könnyűbeton, kőszivacslap, perlit, habüveg, üveggyapot,

ásványi gyapot, salakgyapot; kazánsalak; kohósalak, habszilikát elemek, kovaföldliszt és dara. Tűzvédelmi szempontból nehezen éghetőnek, tehát villámvédelmi veszélyesség tekintetében a nem éghető anyagokkal azonos besorolásúnak minősülő hőszigetelő anyagok a polisztirolhab, hőszivacs, különféle műanyaghab lapok; hungarocell, NIKECELL, bitumenperlit. Könnyen vagy közepesen éghető viszont a nád, pozdorja, faforgács, farost, stb.



6.10. ábra
Pára- és salakszellőző

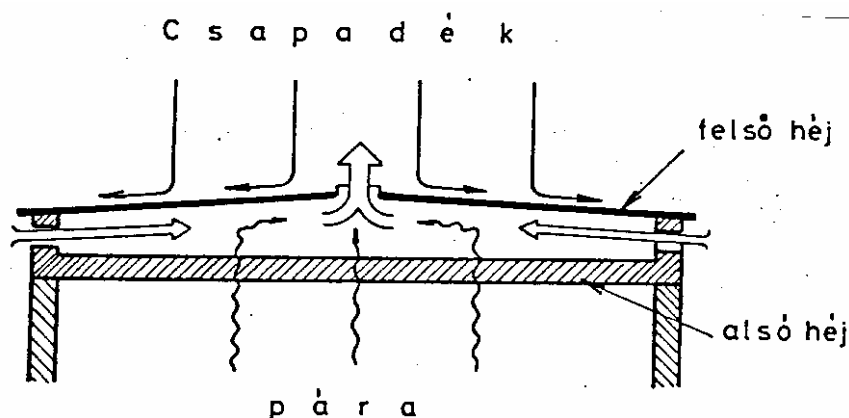
A használatos vízszigetelő anyagok a legtöbb esetben nem éghetők vagy nehezen éghetők és így villámvédelmi besorolásuk azonos. Szokásos anyagok: bitumenes lemez (3-4 réteg); HUNGISOL PVC-fólia (3, 4, 5 mm, egy réteg); NEOACID (3, 4 mm, egy réteg); újkigyósi nehézlemez-fedés (több rétegben 6-8 mm); TAURUS-W gumilemez; "PIB" összefoglaló rövidítésű poliizo-butilén alapanyagú készítmények; RHEPANOL (ez is "PIB"); LUCOBIT; HYPALON; PERBUNAN C; stb.

Az egyhéjú melegtetők besorolása szempontjából fontos, hogy a tetőhéjzat éghetőségét, valamint az alatta levő tetőszerkezetet hogyan minősítjük. Abban az esetben, ha a tetőszerkezet összefüggő fémszerkezetnek tekinthető és fölötte vékony rétegben csak nem éghető anyagok vannak, a tetőt a **T1** csoportba lehet sorolni, mert a fémszerkezetet elérő villámcsapás nem okoz jelentős károsodást és nincsenek súlyos következményei. Ha a fém tetőszerkezet fölött nem

éghető vagy nehezen éghető anyagokból álló vastagabb réteg van, ebben a fémet elérő villámcsapás már jelentős kárt okozhat, de tűzzel és súlyos következményeivel nem kell számolni. Az ilyen tetőt ezért a **T2** csoportba lehet sorolni. Ha a víz- vagy a hőszigetelés könnyen vagy közepesen éghető anyagokból áll és alatta fém tetőszerkezet van, akkor az egyhéjú melegtetőt a **T5** csoportba kell sorolni, ha viszont a tetőszerkezet nem fémből van, akkor **T4** besorolás a helyes. Abban az esetben viszont, ha az éghető anyagokat tartalmazó tető felületét olyan sűrű és olyan szemcséjű kavicsréteg fedi, hogy a tetőt merőlegesen nézve nem látszik az alatta lévő éghető anyag, vagy a tetőt összefüggő betonlapokkal fedték le, az éghető anyagot már a tetőszerkezethez tartozónak lehet tekinteni és így a besorolás **T3** csoport lesz.

A tető besorolásával kapcsolatban szükségesnek tartjuk külön felhívni a figyelmet a tulzások elkerülésére. A lapostetőt csakis akkor kell a **T4** vagy a **T5** csoportba sorolni, ha valóban reális veszély van arra, hogy a becsapó villám sugorzó hőhatása vagy a becsapási pontból elrepülő izó fémszemcsék valóban képesek a tetőfelületet meggyújtani és tüzet okozni. Ebből a szempontból tehát a légtérrel érintkező tetőfelület anyagát kell figyelembe venni, mert az éghető anyagból készült vízszigetelőn levő, nem gyúlékony anyagú réteg (pl. kavicsszórás), gyakorlatilag kizárta teszi a gyulladást vagy az égés továbbterjedését. Ebben az esetben tehát **T2** vagy **T3** besorolás indokolt.

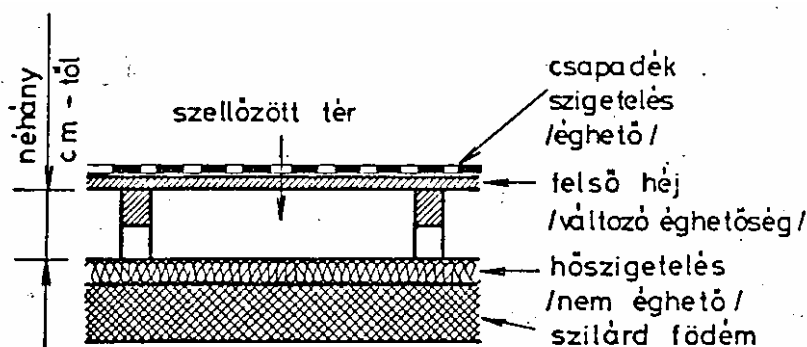
A kéthéjú hidegtető elvi rajza a 6.11. ábrán látható.



6.11. ábra

A kéthéjű hidegtető csapadék- és páraelvezetési rendszere

A kéthéjű hidegtető felső héjának vízszigetelését ugyanolyan anyaggal oldják meg, mint az egyhéjű melegtetőét, a hőszigetelés viszont az alsó héj részét képezi (6.12. ábra). Villámvédelmi besorolás szempontjából ez a felépítés abban különbözik az egyhéjű tetőtől, hogy az alsó héjat nem kell a tető részének tekinteni. Az ott levő fém szerkezet, pl. vasbeton födém, miatt tehát nem kell fém tetőszerkezettel számolni. A felső héj tetőszerkezete a legváltozatosabb anyagokból készülhet, mint pl. fából, farostlemezről, vasbetonból, sík könnyűbeton lapból, stb. A héjazat éghetőségének minősítésekor ugyanazokat a szempontokat kell figyelembe venni, mint az egyhéjű tetőnél, ezért a besorolás is hasonló lesz.



6.12. ábra

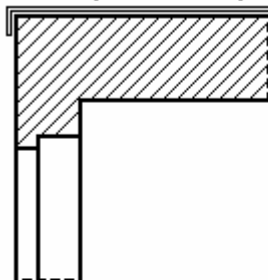
A kéthéjű hidegtető szerkezeti felépítése

Az attikafal a főpárkány feletti felfalazást jelenti és napjaink építészetiében elsősorban a lapostetőknél terjedt el, de magas tetőnél is előfordul. Magyar elnevezése a magasságától függően: térdfal, vagy mellvédfal. Kialakulása (az építészetben való megjelenése (esztétikai szempontokkal magyarázható: a többszintes épületek esetében ugyanis a legfelső emelet ablaksora felett aránylag keskeny homlokzati sáv marad, és ez indokolja a homlokzat megmagasítását. A mellvédfal az előbb említett esztétikai szempontokon túl esetleg a járható lapostető korlátját képezi. (Lásd a 6.13. ábrát is!)

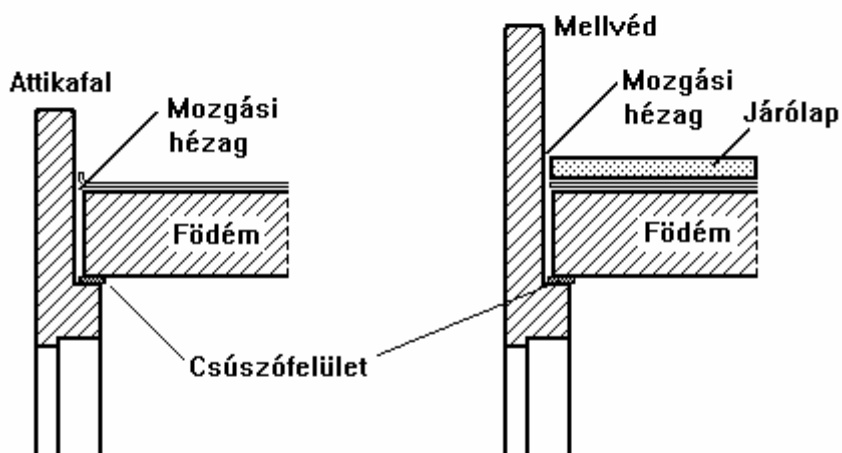
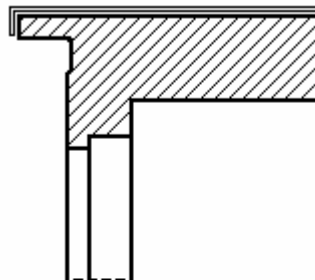
A tető vízelvezetési rendszeréhez olyan fémalkatrészek is tartozhatnak, amelyeket a villámvédelmi szempontjából figyelembe kell

venni. Lapostetők esetében a vízvezetés két jellemző megoldását a 6.14. ábra szemlélteti. Ebből látható, hogy különösen belső vízvezetés esetén olyan fémszerkezetek is lehetnek a tetőn, amelyek összeköttetésben vannak az épület belsejével.

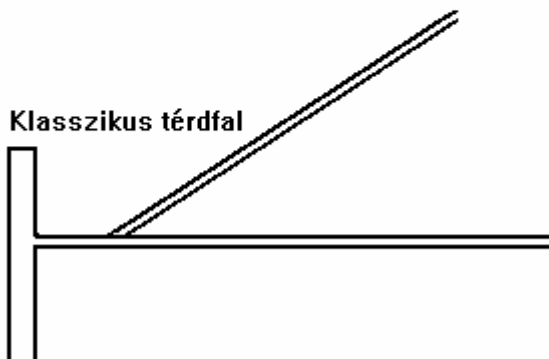
Párkány nélküli lapostető



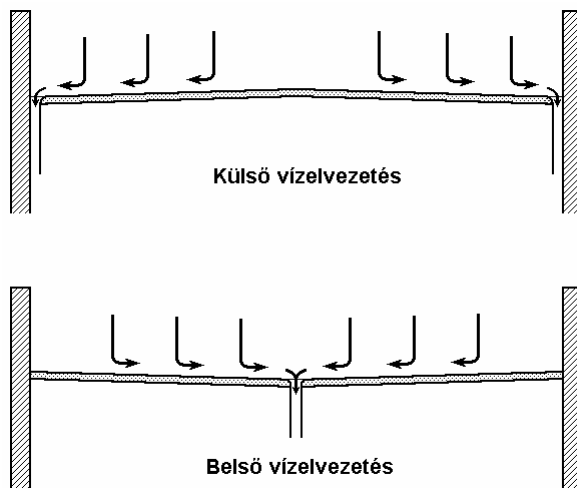
Párkányos lapostető



Klasszikus térdfal



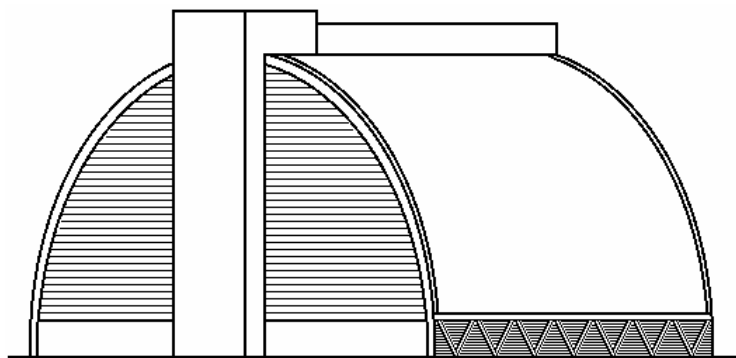
6.13. ábra
Az attikafal különböző formái



6.14. ábra
A csapadékvíz elvezetése lapostetőkön

6.4. Különleges kialakítású tetők

A magas- és lapostetők előzőekben leírt kialakítási formáin kívül a legváltozatosabb tetőformákkal is találkozhatunk. A még nem említett tetőtípusok ugyanis igen ritkán fordulnak elő, viszont legtöbbször monumentális méretük és szabványostól eltérő megjelenési formájuk miatt kitűnnek a megszokott kialakítású tetők közül. Külön-külön nem tárgyaljuk őket; besorolásukat esetenként az eddig ismerttetett alapelvek alapján kell elvégezni.



6.14. ábra **Példa íves tetőkialításra**

A legjellegzetesebb megoldások a következő főbb csoportokba sorolhatók: íves tetők (6.14. ábra), rácsos fedélszerkezetű tetők, függesztett kötélhálós tetők, vízzel elárasztott lapostetők.

Az íves tetőfelület csak geometriai különbséget jelent, a szerkezete viszont többnyire a lapostetők szokásos megoldásaihoz hasonló. Jellegzetes típusa a felfújt sátoztető, amely általában éghető anyagból készül és nincs olyan szilárd váza, amelyre a villámhárító elemeit a szokásos módon rögzíteni lehetne.

A rácsos és a függesztett kötélhálós tetőszerkezetek általában felül kiemelkedő fémszerkezeteket tartalmaznak és így a **T2** csoportba sorolhatók. Figyelní kell azonban arra, hogy ezek a fémszerkezetek összefüggő földelt rendszert alkossanak.

A vízzel elárasztott tető héjazata akkor sem tekinthető éghetőnek, ha a vízmedence éghető műanyagból készült. Ezt a vízzáró réteget a villám ugyan megsértheti, de tüzet nem okozhat ezért a **T1** csoportba tartozik. Ha számolni kell azzal, hogy az ilyen tető a villámveszélyes időszakban gyakran és tartósan szárazon marad, akkor a víz hatására nem lehet számítani és tetőt ugyanúgy kell besorolni, mintha nem lenne elárasztva.

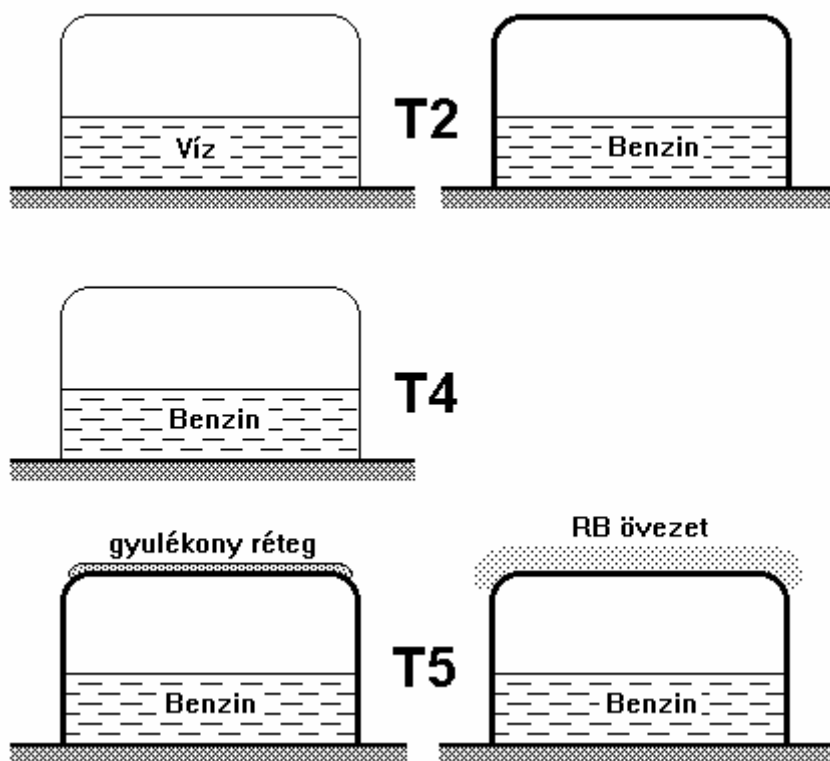
6.5. Különleges építmények

Fémtartályok

A **T2** csoportba kell sorolni

- az **R1** csoportba tartozó fémtartályokat;
- az **A**, **B**, vagy **C** tűzveszélyességi osztályba tartozó anyagot tartalmazó fémtartályt, ha teteje legalább 10 mm vastag, 500 °C feletti olvadáspontú vagy legalább 5 mm vastag, 800 °C feletti olvadáspontú fémlapból készült és rendszeresen nem alakul ki fölötte **A**, **B**, vagy **C** tűz-veszélyességi osztályú anyagból álló réteg vagy tartósan robbanásveszélyes légtér.

A megadott vastagságú fémlemez tetőt a villámcsapás már nem égeti át, tehát a belül levő veszélyes anyag nem kerülhet vele közvetlen érintkezésbe. A fém tartálytetőbe becsapó villám azonban ilyenkor is tüzet okozhat, ha a tető felületén éghető (rendszerint szennyező) anyagból álló réteg kialakulásával kell számolni. Ilyen eset csak ott szokott előfordulni, ahol a technológiai műveletek közben, főleg betöltés alkalmával rendszeresen tűzveszélyes anyag folyik ki a tetőfelületre, vagy robbanásveszélyes por rakódik rá. A tartály fölött tartósan és rendszeresen kialakuló robbanásveszélyes légtér nem mindenben azonos az MSZ 1600/8 szerinti veszélyességi övezettel, amit annak a feltételezésével állapítottak meg, hogy a nyugvó levegőben a kiáramló veszélyes gáz összegyűlhet. Zivatar idején azonban mindig van szél, ezért villámveszélyes időben a kiáramló gázok nem halmozódhatnak fel. Ez a körülmény a robbanásveszélyes légtér kiterjedését csökkenti, ezért a kiáramlás helyétől 2 m-nél nagyobb távolságban nem kell vele számolni (lásd: MSZ 274/3 9.4.1.2 szakasz).



6.15. ábra
Tartálytetők besorolási esetei

A **T4** csoportba kell sorolni azokat a fémtartályokat, amelyek azért nem sorolhatók a **T2** csoportba, mert tetejük vastagsága és anyaga nem elégíti ki az előbbi szakasz szerinti feltételeket:

Ez a szakasz mindig csak az **A**, **B** vagy **C** tűzveszélyességi osztályba tartozó anyagot tartalmazó tartályra vonatkozik.

A **T5** csoportba kell besorolni az **A**, **B**, vagy **C** tűzveszélyességi osztályba tartozó anyagot tartalmazó fémtartályt, ha fölötté rendszeresen **A**, **B**, vagy **C** tűz-veszélyességi osztályú anyagból álló réteg vagy tartósan robbanásveszélyes légtér kialakulásával kell számolni.

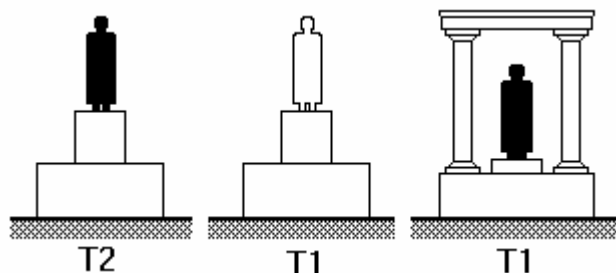
Tartósan robbanásveszélyes légtérrel kell számolni általában az MSZ 1600/8 szerinti **A-1**, **A-2**, **B-1**, **B-2** és **B-3** villamos

besorolású veszélyességi övezetben. *A robbanásveszélyes légtérre itt is érvényes az előbbi magyarázat.*

A fémtartályok besorolásának jellegzetes eseteire a 6.15. ábra mutat néhány példát.

Szobrok és emlékművek

A fémből készült szobrokat és emlékműveket a **T2** csoportba kell sorolni, mert anyaguk szinte kivétel nélkül elég vastag ahhoz, hogy közvetlen villámcsapás sem tesz bennük jelentősebb kárt, és a becsapásnak más következményeivel sem kell számolni. Ezt a besorolást nem változtatja meg a nem fémből készült talapzat sem, mert a szobor fém teste természetes villámhárítóként használható. Ugyanígy kell besorolni az olyan, nem fémből készült emlékműveket is, amelyeknek tetejét fémlemez borítja.



6.16. ábra
Fémből és kőből készült szobrok besorolása

A nem fémből készült szobrok és emlékművek a **T1** csoportba tartoznak és villámvédelmüket ennek megfelelően kell kialakítani. Az olyan emlékművet, amely fém szoborból és a fölötte kialakított, de nem fémből készült, fém tetőburkolat nélküli építményből áll ugyancsak a **T1** csoportba tartozik.

A fémből illetve kőből készült szobrok és emlékművek besorolására a 6.16. ábra mutat néhány jellegzetes példát.

7. A villámhárító előírt fokozatának megállapítása

Az 5. fejezetben leírtak alapján besorolva az építményt, illetve épületet először az MSZ 274/3-81 szabvány 3. pontja alapján meg kell határozni a villámhárító berendezés részeinek előírt fokozatát. Ezt követően azt kell ellenőrizni, hogy a meglévő villámvédelmi berendezés szerkezeti elemei (felfogó, levezető, földelő) kielégítik-e a szükséges fokozatra előírt követelményeket, valamint teljesülnek-e az egyéb előírások.

A villámhárító szükséges fokozatát a szabvány az épület besorolásának különböző tényezőitől függően határozza meg. A felfogó fokozata az épület rendeltetés szerinti (**R1...R5**), magasság és környezet szerinti (**M1...M4**) és a tető anyaga szerinti (**T1...T5**) besorolásától függ. A levezetők és a földelés fokozata ugyancsak a rendeltetés szerinti (**R1...R5**) valamint a magasság és környezet szerinti (**M1...M4**), besorolástól függ, de mellettük a körítőfalak szerinti (**K1...K3**) besorolást kell figyelembe venni. A földelés fokozata a besorolás mellett attól is függ, hogy milyen a felfogórendszer illetve az épület alapozása.

7.1. A felfogó fokozatának megállapítása

A felfogó fokozatát a 4.3. fejezet szerint **V** betű, az általános elrendezést jellemző (**0...5**) szám és az épülethez viszonyított helyzetet jellemző (**o, a...d**) betű jelöli. A szabvány ezekkel a jelölésekkel a 7.1. táblázat szerint határozza meg a felfogó szükséges fokozatát.

A felfogó elrendezésére vonatkozó fokozatok a számjelüknek megfelelő sorrendben növekvő biztonságot jelentenek a védendő épületet érő közvetlen becsapással szemben.

A **V0** fokozat azt fejezi ki, hogy sem természetes, sem mesterséges felfogórendszer nincs, vagyis az épület kis villámvédelmi érzékenysége és veszélyessége miatt semmiféle villámvédelemre nincs szükség.

A **V1** fokozat természetes felfogók rendszere, tehát a tetőfödém, a tetőszerkezet vagy a héjázat olyan fémalkatrészeit használja

felfogónak, amelyek eredetileg nem villámvédelmi célra készültek vagy kerültek a helyükre.

7.1. táblázat

A felfogó előírt fokozatai (MSZ 274/3-81)

A tető anyaga és szerkezete szerinti csoport		T1	T2	T3	T4	T5
Rendeltetés szerinti csoport	Magasság szerinti csoport	A felfogó előírt fokozata				
R1	M1	V0o	V0o	V0o	V0o	V0o
	M2	V0o	V1o	V0o	V0o	V2c
	M3	V2a	V1o	V2b	V2c	V2c
	M4	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c
R2	M1	V0o	V1o	V0o	V2c	V2c
	M2	V2a	V1o	V2b	V2c	V3c
	M3	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c
	M4	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c
R3	M1	V3a	V1o	V3b	V3c	V3c
	M2	V3a	V1o	V3b	V3c	V4c
	M3	V3a	V1o	V4b	V4c	V4c
	M4	V4a	V1o	V4b	V4c	V4c
R4	M1	V4b	V1o	V4c	V4c	V4c
	M2	V4b	V1o	V4c	V5c	V5c
	M3	V5b	V1o	V5c	V5c	V5c
	M4	V5b	V1o	V5c	V5c	V6c
R5	M1	V4b	V1o	V4c	V5c	V5c
	M2	V4b	V1o	V5c	V5c	V6c
	M3	V5b	V1o	V5c	V6c	V6c
	M4	V5b	V1o	V5c	V6c	V6c

A **V2** fokozatú egyszerűsített felfogórendszer olyan, kis költséggel megvalósítható védelmet nyújt, amely kis érzékenység és veszélyesség esetén már megfelelő, de figyelembe veszi a villámvédelem gazdasági szempontjait is.

A **V3** fokozatú normál felfogórendszer a 8.3. ábra kapcsán a 8.1 pontban ismertetett R sugarú gördülő gömbbel, d átmérőjű kör-lappal, vagy α védőszöggel szerkeszthető meg. A gömb sugarát úgy állapították meg, hogy a várható átlagos becsapásmentes idő kb. 1000 év/villám értéknél nagyobb legyen, bár ez az idő nincs mindig egyértelműen meghatározva.

- A **V4** fokozatú biztonsági felfogórendszer **V3** fokozathoz hasonló alapon szerkeszthető, de a várható átlagos becsapásmentes idő kb. 5000 év/villám.
- A **V5** fokozatú növelt biztonságú felfogórendszer szerkesztésének alapja mindig a 8.3. ábra szerinti R sugarú gömb. A várható átlagos becsapásmentes idő kb. 10000 év/villám.
- A **V6** fokozatú különleges biztonságú felfogórendszer szerkesztésének alapja mindig a 8.3. ábra szerinti R sugarú gömb. A várható átlagos becsapásmentes idő pedig kb. 20000 év/villám.

A felfogónak az épülethez viszonyított helyzetét a következő általános követelmények jellemzik:

- o Felfogóberendezés nincs vagy csak természetes felfogó van. Ez a fokozat vagy azt jelöli, hogy villámvédelemre nincs szükség, vagy azt, hogy a felfogó feladatát a tetőn lévő fémtárgyak természetes felfogóként ellátják, tehát külön felfogó építésére nincs szükség.
- a A felfogóberendezés közvetlenül a védendő felületen van, vagy a közöttük levő távolság kisebb mint 0,15 m. Az ilyen felfogót érő villámcsapás becsapási pontja környékén a védendő épület is megsérülhet, de a tető kis érzékenysége és veszélyessége miatt ez még megengedhető.
- b A felfogóvezetők, valamint a felfogórendszeren feltételezhető becsapási pontok távolsága a védendő felülettől mindenütt nagyobb mint 0,15 m. A feltételezhető becsapási pont a felfogónak minden olyan részén lehet, ami nem esik másik felfogó által védettnek tekinthető térbe. A felfogórúd oldalán pl. nem kell becsapási pontot feltételezni, mert a rúd csúcsa azt védi. A védett teret pontosan a felfogó általános elrendezésének fokozatai határozzák meg.
- c A felfogóvezetők és az épület között mindenütt legalább 0,5 m távolság van, a felfogócsúcsok legalább 0,5 m magasak, továbbá a természetes felfogókon a feltételezhető becsapási pont az épülettől legalább 0,5 m távolságra van, vagy a védendő felületnek ennél közelebb eső részét árnyékolás védi a hősugárzásától. Ennek a fokozatnak olyan felfogó felel meg, amely a becsapási pontot legalább 0,5 m távolságban tartja a tetőnek a sugárzó hőre is érzékeny védendő felületétől. Ilyen felfogóra nyilván akkor van

szükség, ha a tető héjazata könnyen vagy közepesen éghető anyagból készült. Alkalmazásának és szerkezeti megoldásainak részleteit a következő fejezetek ismertetik.

- d** A felfogórendszer az épülettől független, és a felfogórendszer elemei sehol sem közelítik meg a védendő felületet úgy, hogy a megközelítési helyen másodlagos átütés veszélye áll fenn. Az ilyen felfogórendszernek minden tekintetben távol kell tartania a villámcsapást az épülettől, tehát a legnagyobb biztonságot nyújtja. A másodlagos átütés veszélyét azzal lehet kiküszöbölni, hogy a felfogóba becsapó villám árama a megközelítési helyeken nem hoz létre akkora indukált feszültséget (lásd a 3.4. és a 12. fejezetet), ami ott átütést okozhat.

7.2. A levezető fokozatának megállapítása

A levezető fokozatát a 4.3. fejezet szerint **L** betű, az általános elrendezést jellemző **(0...5)** szám és az épülethez viszonyított helyzetet jellemző **(o, a...d)** betű jelöli. Az MSZ 274/3-81 szabvány ezekkel a jelölésekkel a 7.2. táblázat szerint határozza meg a felfogó szükséges fokozatát. Ugyanebben a táblázatban vannak a földelő előírt fokozatai is, de azzal a 7.3. fejezet foglalkozik.

A levezető általános elrendezésének fokozatai a számjelüknek megfelelően emelkedő sorrendben növekvő biztonságot fejeznek ki a másodlagos átütésekkel szemben.

Az **L0** fokozat azt jelenti, hogy sem természetes, sem mesterséges levezető nincs. Ez csak akkor fordulhat elő, ha felfogó, tehát villámhárító sincs.

Az **L1** fokozat a természetes levezetők rendszere, tehát az épület falának olyan fém alkatrészeiből áll, amelyek eredetileg nem villámvédelmi célokra készültek, vagy kerültek a helyükre, de levezetőként a méreteik miatt felhasználhatók.

Az **L2** fokozatú levezető egyetlen vezetőből áll, ami az egyetlen felfogórúdból vagy rövid gerincvezetéből álló **V2** fokozatú egyszerűsített felfogórendszert köti össze a földelővel. Kizárólag az említett felfogóval együtt használható, ezért ha az előbbi feltétel nem teljesül, a 7.2. táblázatban vagylagosan megadott másik fokozatot kell venni. Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy

V2 fokozatú felfogóhoz nem minden esetben lehet L2 fokozatú levezetőt használni.

Az L3 fokozathoz legalább két levezető kell és a felfogón bárhol feltételezhető becsapási ponttól a levezetőig terjedő áramút hossza nem lehet nagyobb egy megállapított határértéknél. A felfogók számát és elrendezését végeredményben a vízszintes áramút hosszára vonatkozó korlátozás határozza meg.

Az L4 fokozat követelményei hasonlóak az L3 fokozatéhoz, csak az áramutak hosszára vonatkozó határérték szigorúbb.

Az L5 fokozatnak megfelelő levezetőket az L4 fokozat követelményei szerint kell elhelyezni, de az indukált feszültségek csökkentésére a levezetőket egymással is össze kell kötni, esetleg több helyen is.

7.2. táblázat

A levezető és a földelés előírt fokozatai (MSZ 274/3-81)

Rendeltetés szerinti csoport	Magasság szerinti csoport	K1	K2	K3	A földelés fokozata	
		(a körítőfalak anyaga szerinti) csoport esetén a levezető fokozata				
R1	M1	L0o	L0o	L0o	F0/x	
	M2	L0o	L0o	L0o	F0/x	
		L2a	–	L2b	F2/x	F1/x
		L3a	L1o	L3b	F3/x	F1/x
	M3	L2a	–	L2b	F2/x	F1/x
		L3a	L1o	L3b	F3/x	F1/x
	M4	L4a	L1o	L4b	F3/r	F1/r
R2	M1	L0o	L0o	L0o	F0/x	
		L2a	–	L2b	F2/x	F1/x
		L3a	L1o	L3b	F3/x	F1/x
	M2	L2a	–	L2b	F2/x	F1/x
			L3a	L1o	L3b	F3/r
	M3	L4a	L1o	L4b	F3/r	F1/r
	M4	L5a	L1o	L5b	F3/r	F1/r
R3	M1	L3a	L1o	L3b	F3/r	F1/r
	M2	L3a	L1o	L3b	F3/r	F1/r
	M3	L4a	L1o	L4b	F4/r	F1/r
	M4	L5a	L1o	L5b	F4/r	F1/r
R4	M1	L4b	L1o	L4b	F4/r	
	M2	L4b	L1o	L4b	F4/r	

	M3	L5b	L1o	L5b	F4/r	
	M4	L5b	L1o	L5b	F4/r	
R5	M1	L4b	L1o	L4c	F4/r	
	M2	L4b	L1o	L4c	F4/r	
	M3	L5b	L1o	L5c	F4/r	
	M4	L5b	L1o	L5c	F4/r	

A levezető épülethez viszonyított helyzetének fokozatait a felfogó hasonló fokozataival összhangban **o**, **a...d** betűk jelölik és a követelmények lényegében azonosak a felfogóra vonatkozókkal.

- o** Levezető nincs vagy csak természetes levezető van. Ez a fokozat azt jelenti, hogy felfogó sincs, tehát levezetőre sincs szükség, vagy a falat alkotó, rajta, ill. benne levő összefüggő fémszerkezetek a levezető szerepét természetes levezetőként ellátják.
- a** A levezető közvetlenül az épület falának felületén vagy attól legfeljebb 0,15 m távolságban van, vagy az épület falába van beépítve. Abban az esetben, amikor a fal anyaga nem érzékeny a levezetőnek a villámáram következtében keletkező felmelegedésére, semmilyen távolságot nem kell tartani.
- b** A levezető és az épület között legalább 0,15 m távolság van. Ebben az esetben a felmelegedett levezető közvetlenül nem érintkezik ugyan az épület falával, de különösen nagy távolságot sem kell tőle tartani.
- c** A levezető és az épület között legalább 0,5 m távolság van. Az ilyen levezető nemcsak a hőhatástól óvja a nagy érzékenységgű falat, hanem a másodlagos átütések keletkezésének valószínűségét is csökkenti. Ilyen fokozatú levezetőre csak kivételesen van szükség.
- d** A levezetőrendszer az épülettől független, és egy levezető sem közelíti meg az épületet úgy, hogy a megközelítési helyen másodlagos átütés veszélye állhat fenn. Az ilyen fokozatú levezető mindig **d** fokozatú felfogóhoz kapcsolódik és célja az, hogy a villámot levezetés közben is teljesen távol tartsa az épülettől. A másodlagos átütés veszélyét azzal lehet kiküszöbölni, hogy a lefutó villámáram a megközelítési helyeken nem hoz létre átütést okozó indukált feszültséget (lásd a 3.4. és a 12. fejezetet).

7.3. A földelés fokozatának megállapítása

A földelés fokozatát a 4.3. fejezet szerint **F** betű, az általános elrendezést jellemző **(0...4)** szám és a földelés ellenállásra jellemző **x** vagy **r** betű jelöli. A szabvány ezekkel a jelölésekkel a 7.2. táblázat szerint határozza meg a földelés szükséges fokozatát. Ugyanebben a táblázatban vannak a levezető előírt fokozatai is, de azzal a 7.2. fejezet foglalkozott.

A földelés általános elrendezésének fokozatai a számjelüknek megfelelően emelkedő sorrendben a talajban egyre jobb árameloszlást és ezáltal kisebb feszültségemelkedést, valamint növekvő biztonságot fejeznek ki.

Az **F0** fokozat azt jelenti, hogy sem természetes, sem mesterséges földelő nincs, mert földelhető villámhárító berendezés sincs. Ebből következik, hogy a földelő **F0** fokozata csak **V0o** fokozatú felfogóval és **L0o** fokozatú levezetővel együtt fordulhat elő.

Az **F1** fokozat azt fejezi ki, hogy

vagy csak természetes földelő van, amely lehet:

- az épületnek, építménynek vagy különleges tárgynak a talajjal közvetlenül érintkező fémrésze;
- az épülethez, építményhez vagy különleges tárgyhoz csatlakozó, szigetelés nélkül a talajba ágyazott nagy kiterjedésű fémtárgy;
- az épület ill. építmény acélbetétekkel ellátott betonalapja;

vagy mesterséges földelő van, amely

- az épület ill. építmény e célra készített betonalap földelője.

Az **F1** fokozatú földelő a legtöbb esetben betonalap földelő, amelynek részletes leírásával a 10.3. fejezet külön foglalkozik.

Az **F2** fokozat egyetlen földelőt jelent, ezért csak abban az esetben használható, ha az **L2** fokozatnak megfelelően csak egyetlen levezető van. Ehhez viszont az szükséges, hogy a felfogó is **V2** fokozatú legyen, ezért a **V2-L2-F2** fokozatú villámhárító az egyszerű, kisméretű épületekre jellemző.

Az **F3** fokozat legalább két földelőből áll, amelyek egymástól függetlenek is lehetnek, de összekötött földelőcsoportot vagy összefüggő földelőrendszert is alkothatnak.

Az **F4** fokozat az épületet körülvevő keret-, vagy az egész alapterületét fedő hálóföldelő, amelyhez egyedi földelők is csatlakozhatnak. Erre a fokozatra általánosan jellemző, hogy a földben vagy a talajszint közelében olyan vízszintes összekötések vannak, amelyek korlátozzák a föld közelében kialakuló potenciálkülönbséget.

A 7.2. táblázat szerint az **F2...F4** fokozatú földelőt sok esetben helyettesítheti **F1** fokozatú természetes földelő, amely rendszerint az épület vagy építmény földelésre használható betonalapja.

A **földelési ellenállás fokozatát** a 7.2. táblázatban **x** vagy **r** betű jelöli. Ezek általános jelölések, amelyek csak azt határozzák meg, hogy a földelési ellenállásra van-e konkrét előírás, vagy nincs. Ha van ilyen, akkor az **r** betű helyett az ellenállás értékét kellene szabvány szerint megadni, de ez a gyakorlatban alig terjedt el, mert az ellenállás változik és így a megadandó számérték bizonytalan. Erre való tekintettel el lehet fogadni a betűjelölést is a számérték helyett.

x fokozat esetén a földelési ellenállásra nincs előírás. Ez a jelölés állhat **F0** fokozat mellett is, ami azt jelenti, hogy földelés nincs, tehát a földelési ellenállásra sincs követelmény. Ha **F1...F3** fokozat mellett áll, akkor a földelési ellenállás ugyan nincs meghatározva, de be kell tartani a földelő méreteire vonatkozó követelményeket.

r fokozat esetén a földelési ellenállásnak

- vagy kisebbnek kell lennie, mint 2Ω ,
- vagy ki kell elégítenie a talaj fajlagos ellenállásától és az épület alapterületétől függő követelményeket, amelyeket a 10. fejezet ír le részletesen.

8. A felfogó követelményei

A felfogó a villámhárítónak az a része, amelynek feladata, hogy a védendő tárgy helyett becsapási pontot képezzen a villám számára.

A felfogó lehet:

- felfogóvezető (a felfogóhoz tartozó olyan vezető, amely közvetlen villámcsapásnak is ki van téve);
- felfogórúd (legalább 2 méter magas függőleges fémrúd);
- felfogócsúcs (a védendő tárgy felületéből 0,3...2,0 m-re kiemelkedő fémrúd);
- természetes felfogó (nem a villámvédelem céljára készített, de arra alkalmas és arra használt szerkezeti elem).

8.1. A felfogó általános elrendezésének fokozatai

V0 fokozat

az épületnek sem természetes, sem mesterséges felfogó rendszere nincs. Ha a szabványos követelmények szerint ez a fokozat adódik, felfogó létesítése nincs előírva, de lehetséges. Az utóbbi esetben a felfogó általános elrendezésére vonatkozó követelmény nincs, tehát lehet pl. egyetlen felfogórúd az épület méretétől függetlenül, vagy megfelelően földelt antenna és ezek a tetőn bárhol lehetnek, pl. az egyik sarkán is. Ha nem kötelező, de mégis készítenek felfogót, akkor az épülethez viszonyított helyzet tekintetében annak is meg kell felelnie a tető besorolásából adódó fokozatnak. Ez a 7.1. táblázatban az eredeti besorolásnak megfelelő **V0o** fokozatnál egy-két sorral lejjebb a **V2** elrendezésű felfogóhoz tartozó (**a...c**) fokozat. A nem kötelező felfogónak ki kell elégítenie a szabvány szerinti méret-követelményeket is.

V1 fokozat

természetes felfogók rendszere, amely

- az épület, ill. építmény fémből készült teteje, amelynek anyaga és vastagsága megfelel a fémalkatrészek minimális méreteinek.
- a tetőfödém vagy tetőszerkezet fémalkatrészeinek vagy a tetőfelületen lévő egyéb fémalkatrészeknek egymással összekötött

olyan rendszere, hogy a tető egyik pontja sincs tőle 5 m-nél távolabb.

A **V1** fokozatú felfogórendszer jellegzetes példája a fémlemezzel teljesen beborított tető, toronysisak vagy kupola. Ha a lemez vastagsága megfelel a szabvány által meghatározott fokozatnak, akkor természetes felfogóként használható annak ellenére, hogy alatta legtöbbször fából készült tetőszerkezet van. A felülvizsgáló feladata ebben az esetben a lemez vastagságának, fémes összefüggésének és állapotának ellenőrzése. A természetes felfogóként használt lemezek összekötésére korcolás vagy lágy forrasztás is megfelelő. A levezetők és a lemezburkolat csatlakoztatására szintén használhatók ezek a módszerek. Figyelni kell azonban arra, hogy rézlemezhez alumínium nem csatlakoztatható.

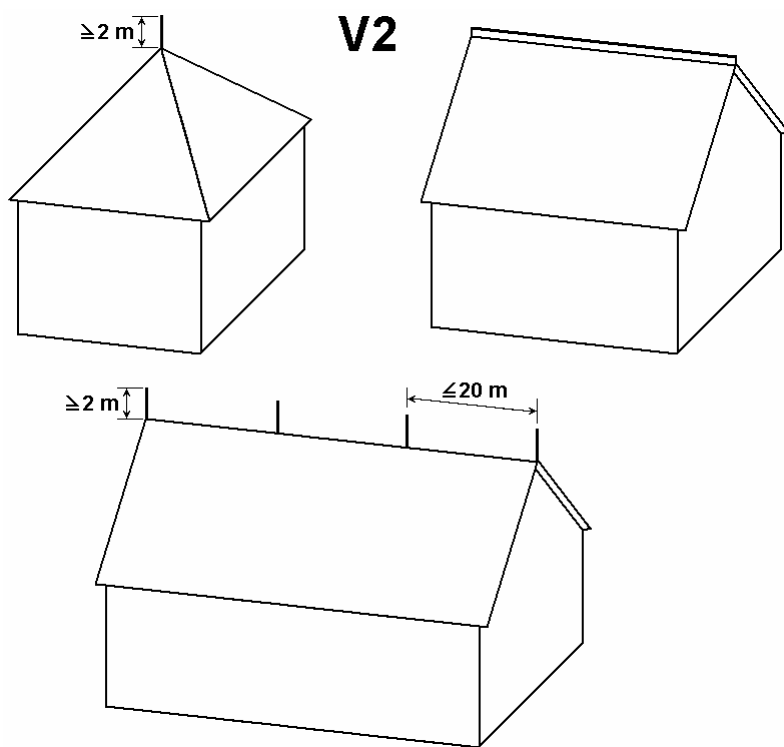
V2 fokozat

egyszerűsített felfogórendszer

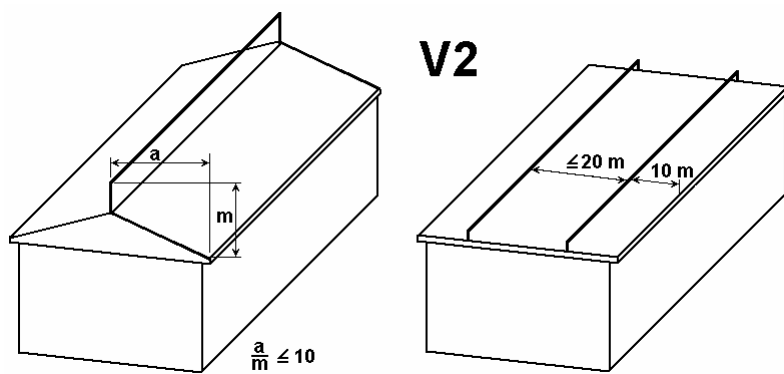
- egyetlen felfogórúd a 20°-nál meredekebb lejtésű sátoztető (gúla, kúp) legmagasabb pontján:
- több felfogórúd a 20°-nál meredekebb lejtésű nyeregtető gerincén egymástól legfőljebb 20 m távolságra:
- felfogórúdak rendszere a 20°-nál laposabb tetőn, úgy elrendezve, hogy a tető egyetlen pontja sem esik (vízszintesen) távolabb valamelyik felfogórúdtól, mint a rúd csúcsához viszonyított magasság különbségének tízszerese:
- egyetlen felfogóvezető a 20°-nál meredekebb lejtésű tető legmagasabb élén (a tető gerincén):
- felfogóvezetők olyan rendszere, hogy a tetőfelület egyetlen pontja sem esik (vízszintes irányban) 10 m-nél távolabb a felfogótól.

A **V2** fokozat leginkább a sátoztető vagy nyeregtető, kis méretű családi házak jellegzetes felfogója, amely a 8.1. ábra szerint egyetlen felfogórúdból vagy gerincvezetőből áll. A szabványban meghatározott követelményeknek megfelel a 8.1. ábra szerint a nyeregtető gerincén elhelyezett felfogók sora, de nem célszerű használni, mert mindegyik felfogórúdhoz külön levezetőt és földelőt kell készíteni. A 20°-nál kisebb meredekségű (lásd a 6.1. ábrát) tetőn a 8.2. ábrán látható **V2** fokozatú felfogókat szokták használni. Bár ezek a szabvány követelményeit formailag kielégítik, nem terjedtek el és nem is felelnek meg

a felfogóra vonatkozó korszerű ismereteinknek sem, ezért inkább kerülendő megoldások.



8.1. ábra
V2 fokozatú felfogók 20°-nál meredekebb tetőkön

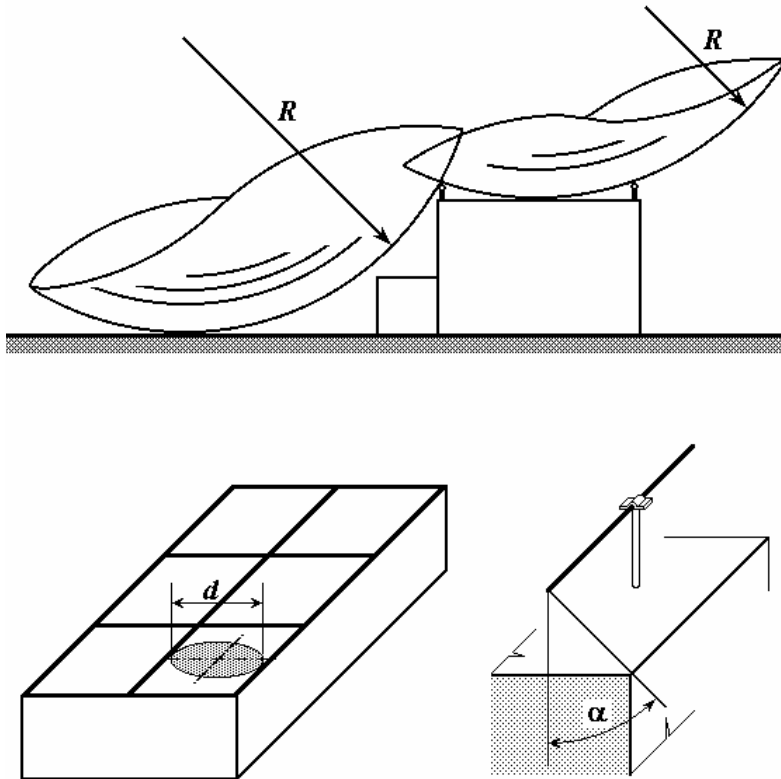


8.2. ábra
V2 fokozatú felfogók 20°-nál kisebb meredekségű tetőkön

V3 fokozat

normál felfogórendszer a felfogók olyan rendszere, amelynél

- nem lehet egy $R = 100$ m sugarú képzeletbeli gömböt a védendő felülettel érintkezésbe hozni a felfogók érintése nélkül:
- nem lehet a védendő felületre egy $d = 20$ m átmérőjű körlapot ráhelyezni a felfogók érintése nélkül:
- az épület (legfeljebb 40 m magasságban lévő) bármely pontjától a felfogóhoz húzott egyenesnek a függőlegeshez viszonyított hajlásszöge (az α védőszög) 45° -nál kisebb.



8.3. ábra

V3 és V4 fokozatú felfogók elrendezésének szerkesztési módszerei

A V3 (és V4) fokozatú felfogók elrendezésének szerkesztésére használható eljárásokat a 8.3. ábra szemlélteti

V4 fokozat

biztonsági felfogórendszer felfogóinak elrendezése olyan, mint a V3 fokozat esetén, de

- a gömb sugara: $R = 80 \text{ m}$
- a körlap átmérője $d = 15 \text{ m}$
- a védőszög: $\alpha = 30^\circ$

A V4 (és V3) fokozatú felfogók elrendezésének szerkesztésére használható eljárásokat a 8.3. ábra szemlélteti.

V5 fokozat

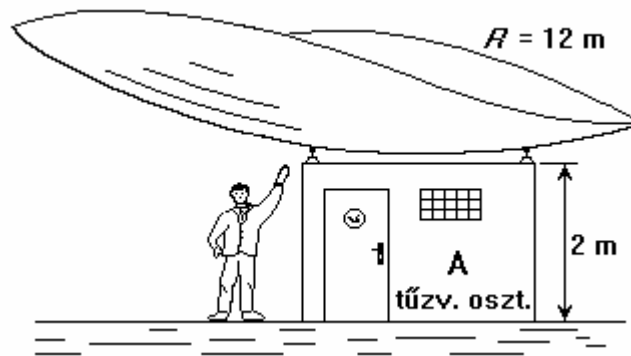
növelt biztonságú felfogórendszer a felfogók olyan rendszere, ahol az R sugarú gömböt nem lehet – felülről közelítve – a védendő felülethez érinteni a felfogók érintése nélkül. A gömb R sugara ebben az esetben függ az épület M magasságától, mégpedig

ha	$M \leq 20 \text{ m}$	$R = 40 \text{ m}$
	$20 < M < 50 \text{ m}$	$R = M + 20 \text{ m}$
	$50 \leq M$	$R = 70 \text{ m}$

V6 fokozat

különleges biztonságú felfogórendszerben a felfogók elrendezése olyan, mint a V5 fokozat felfogói, de

ha	$M \leq 50 \text{ m}$	$R = M + 10 \text{ m}$
	$M > 50 \text{ m}$	$R = 60 \text{ m}$



8.4. ábra

A gördülő gömb méretarányai kisméretű épületnél

Bár a **V5** és a **V6** fokozat esetén a **V3** vagy a **V4** fokozathoz képest kisebb göombsugarak adódnak, egy kis méretű épülethez viszonyítva így is nagy a görbületi sugár, és a fokozat követelményeit alacsony felfogók is kielégítik. Ezt szemlélteti a 8.4. ábra.

A **V1** fokozatú felfogórendszer elrendezésére vonatkozó követelmények alapvetően különböznek a többiektől, mert a természetes felfogók sokfélesége miatt csak általános elveket lehet megfogalmazni. A **V2** fokozatú felfogórendszer viszont csak néhány gyakori esetre ad konkrét megoldást. A **V3...V6** fokozatú felfogórendszer szerkesztése ezzel szemben általános geometriai szabályokon alapul, amelyek mindegyik fokozatnál használhatók, de más adatokkal. A 8.1. táblázat ezekről az adatokról ad áttekintő képet.

8.1. táblázat

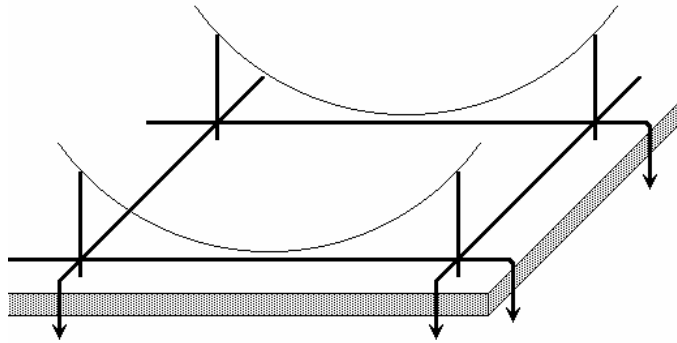
A V3...V6 fokozatú felfogórendszer szerkesztési adatai

A felfogó fokozata	Az épület M magassága	A gördülő gömb R sugara	A körlap d átmérője	A védőszög, α
	m	m	m	°
V3	$M \leq 40$ m	100	20	45
	$M > 40$ m	100	20	–
V4	$M \leq 40$ m	80	15	30
	$M > 40$ m	80	15	–
V5	$M \leq 20$ m	40	–	–
	$20 \text{ m} < M < 50 \text{ m}$	$M + 20$		
	$M \geq 50$ m	70		
V6	$M \leq 50$ m	$M + 10$	–	–
	$M > 50$ m	60		

8.2. A felfogó szerkezete

A 7.1. fejezet szerint meg kellett állapítani a felfogó fokozatát az épülethez viszonyított helyzete szempontjából, amit **a...d** betűjel fejez ki. Mivel ez meghatározza a felfogó és az épület közötti távolságot, a szerkezeti kialakítás is főleg ettől függ. Az előírt távolság azonban nem a felfogó minden részére vonatkozik, hanem csak a **feltételezhető becsapási pontra**, tehát nem kell becsapási pontot feltételezni a felfogónak olyan részén, amely a szerkesztés szerinti védett térrészbe esik. Ilyen például a tartószerkezetek, vagy a felfogórudak szára. Ezt

ki is lehet használni ott, ahol a feltételezhető becsapási pontnak a **c** fokozat szerint legalább 50 cm távolságban kell lennie. Ebben az esetben ugyanis technikai okokból kedvezőbb olyan felfogórudakat használni, amelyeket a védett térrészbe eső vezetők kötnek össze egymással és a levezetőkkel, amint 8.5. ábrán is látható.

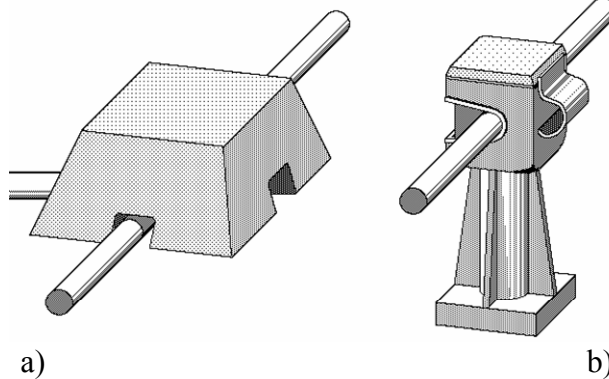


8.5. ábra

A felfogórudakat összekötő vezetők védett térrészben vannak

A felfogórendszer szerkezeti kialakítására vonatkozó követelményeket az alábbiakban foglaljuk össze.

Az **a** fokozatú felfogóvezetőt 10 méterenként rögzíteni kell a tetőhöz. Ha a vezetőt közvetlenül a tetőre fektetik, a 8.6a ábrán látható súlyos betongúllával is rögzíthető. A követelményeket kielégítik, a főleg külföldről behozott, 8...10 cm magas, fémből vagy műanyagból készült tartószerkezetek is (8.6b ábra).



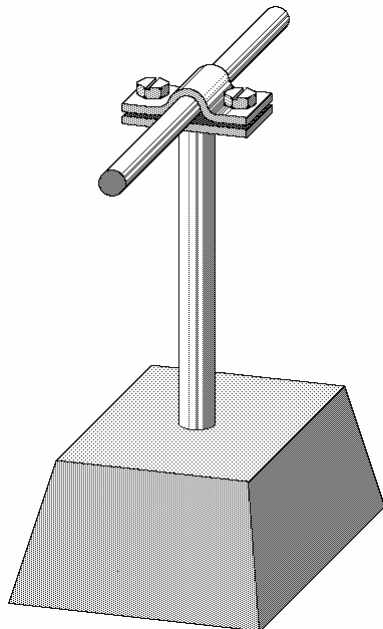
a)

b)

8.6. ábra

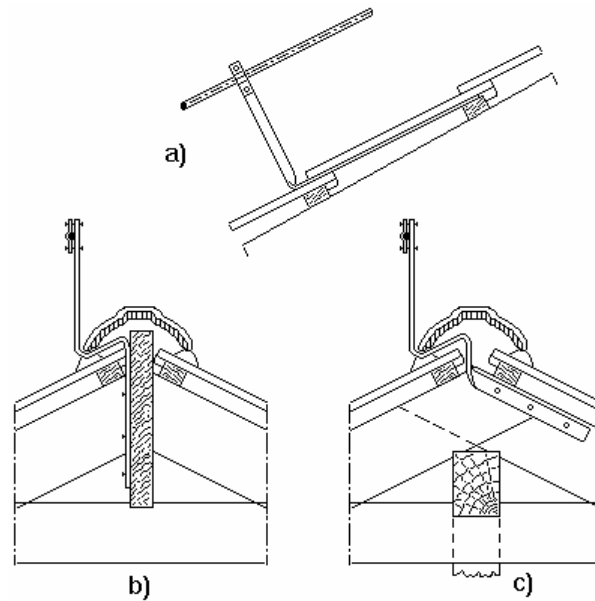
Az a fokozatú felfogók rögzítési eszközei

a) rögzítő súly; b) műanyag tartó



8.7. ábra

Betongulás b fokozatú tartó

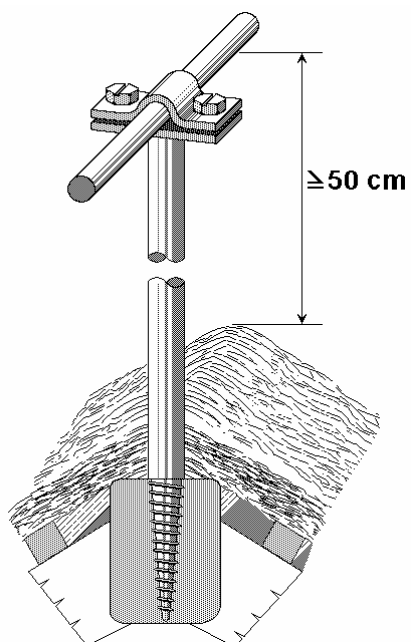


8.8. ábra

Laposacélból készült tartók b fokozatú felfogóhoz

A **b** fokozatú felfogóvezető rögzítő tartója bármilyen anyagból készülhet. Nálunk lapostetőn a 8.7. ábrán látható betongulás tartót használják a leggyakrabban. Magastetőn a tetőszerkezethez erősített, és a cserép- vagy palafedésen kibúvó, laposacélból készült tartószerkezetek váltak be (8.8. ábra), de használnak a tetőhéjazatot áttörő egyszerű tartórudat is.

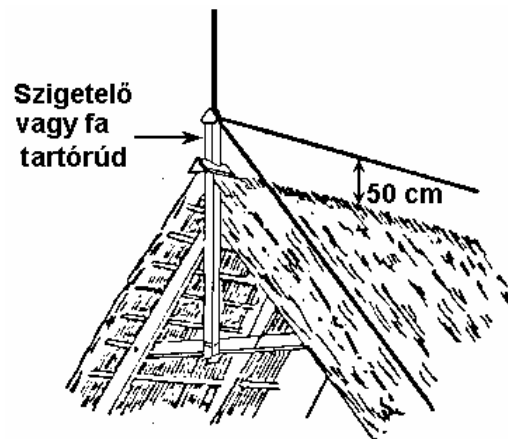
A **c** fokozatú felfogóvezető rögzítő tartója általában fémből készülhet, és a gyulékony (lággy) tetőhéjazatot áttörve a tetőszerkezethez van erősítve, amint azt a 8.9. ábrán látható példa is mutatja. Kemény anyagból készült lapos tetőn 50 cm magas betongulás tartót (8.7. ábra) is használnak, de ehhez nagyobb betontömbre van szükség.



8.9. ábra

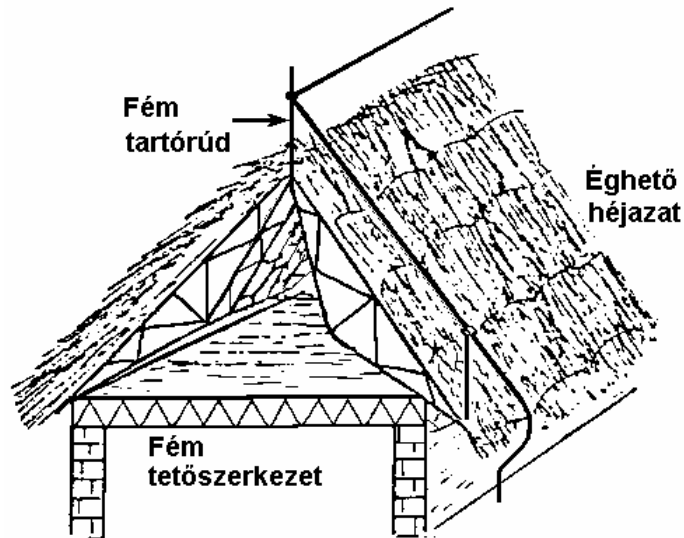
A gyúlékony tetőhéjazatot áttörő tartó c fokozatú felfogóhoz

Abban az esetben azonban, ha a tartó közelében nagyobb kiterjedésű fémtárgyak vannak a tetőn és azokat nem lehet összekötni (mert pl. nem bírják el a villámáramot) akkor szigetelő tartóra is szükség lehet. A szigetelő tartót a legcélszerűbb fából készíteni és mivel általában lágy héjazatú tetőn kell elhelyezni, a tetőszerkezethez lehet erősíteni. Ilyen megoldásra mutat példát a 8.10. ábra.



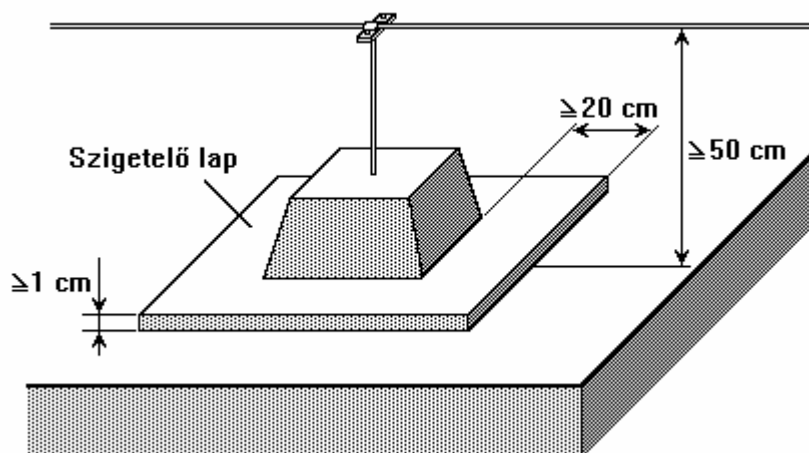
8.10. ábra
Szigetelő tartórúd éghető héjazatú tetőn

Ha az éghető héjazat alatt fémből készült tetőszerkezet van, a villámhárító és a tetőhöz tartozó fémalkatrészek között keletkező másodlagos átütéseket azáltal is ki lehet küszöbölni, hogy a felfogó-vezetők fém tartói a héjazatot áttörve közvetlenül a tetőszerkezetre vannak rögzítve, amint a 8.11. ábra szemlélteti.



8.11. ábra.
A fém tetőszerkezettel összekötött tartó éghető héjazatú tetőn

Ha lapos tetőn a héjazatot éghető műanyaglap alkotja, alatta pedig fém szerkezet van, a 8.12. ábra szerint a betongúla alá rakott szigetelőlappal meg lehet növelni az átütési szilárdságot. Az alátét lapot legegyszerűbben a tetőhéjazatot alkotó műanyagból lehet készíteni úgy, hogy egy vagy több réteket tesznek a gúla alá. A szabványban megkövetelt 100 kV átütőfeszültséget a felülvizsgálónak nincs módjában ellenőrizni, hanem bízni kell abban, hogy a kivitelező ennek megfelelő anyagot használt. Az ábrán megadott vastagság viszont a legtöbb szigetelő műanyag esetén kielégíti ezt a feltételt. A szigetelőanyagok átütésére vonatkozóan részletesebb adatokat lehet találni a 4.sz. mellékletben.

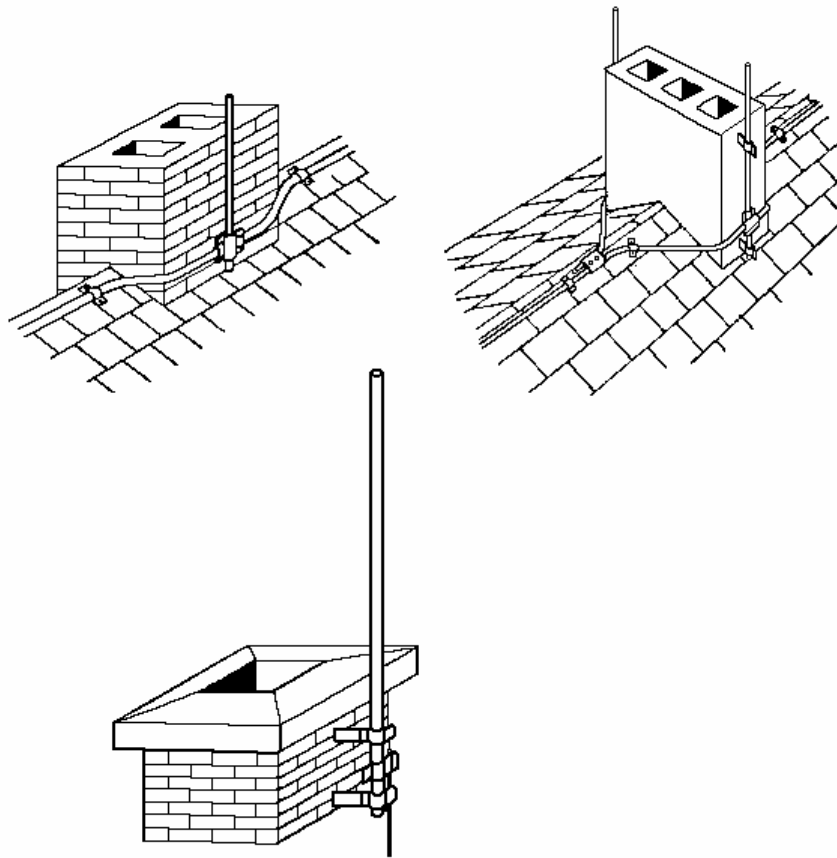


8.12. ábra
Betongúla alá helyezett szigetelőlap T5 besorolású tetőn

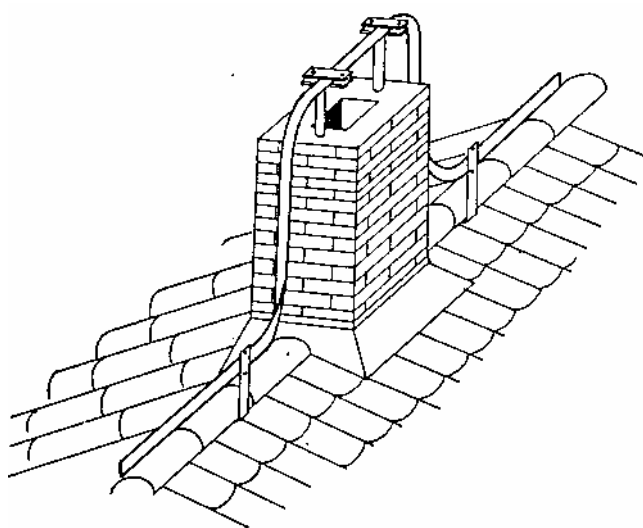
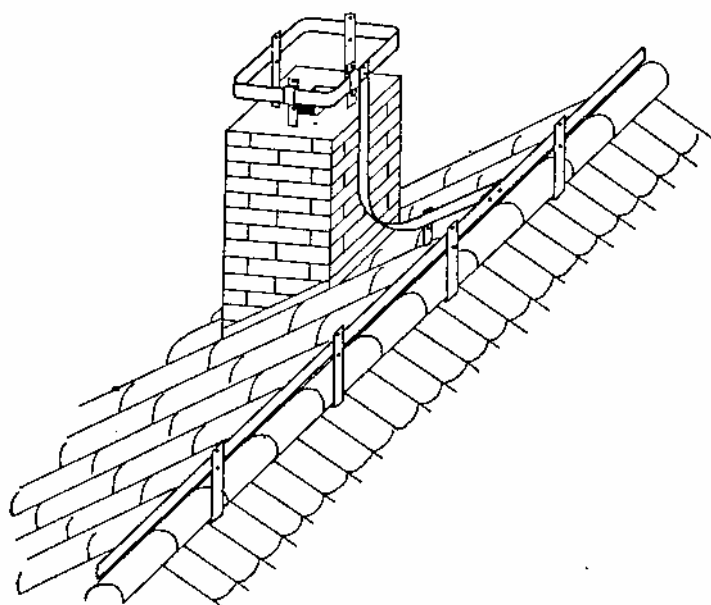
A **d** fokozatú felfogó rendszer az épülettől független, és sehol sem közelíti meg azt annyira, hogy fennálljon a másodlagos kisülés veszélye. Ezt részletesen a 12. fejezet tárgyalja. Bár elvben az ilyen felfogó a védendő épület fölött átfeszített felfogóvezetőkől is állhat, nálunk szinte kizárólag az épület mellett felállított oszlopokat használják, amelyek vagy teljesen fémből készülnek, vagy a tetejükön levő felfogórúdát levezető köti össze a földeléssel.

A felfogórudak hossza legalább 2 méter legyen. Az összekötő vezetőkét V2 fokozat esetén a 7.2. táblázat szerinti fokozatnak megfelelő távolságban kell elhelyezni, a többi fokozatnál azonban csak akkor, ha nem esnek a 8.5. ábra szerinti védett térrészbe.

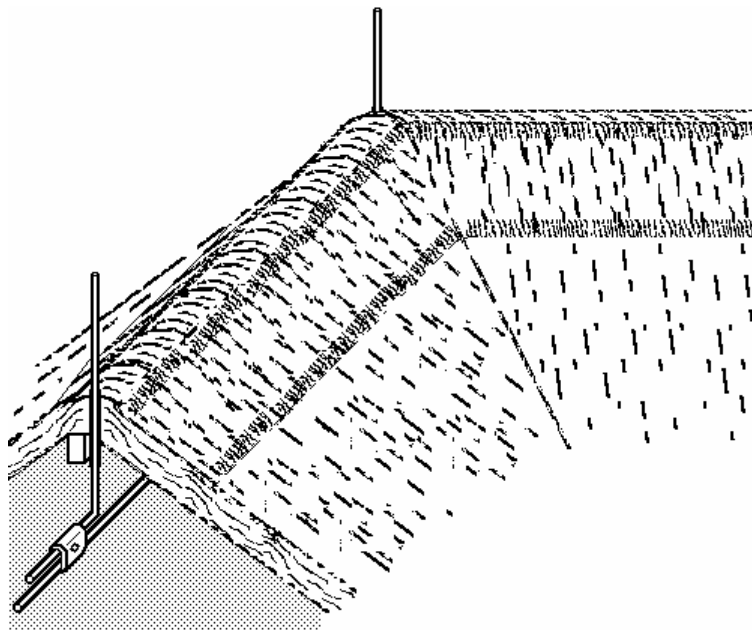
A felfogórudakat általában a héjazat áttörésével a tetőszerkezethez erősítik. Ez a tető kialakításától függően esetenként változó. Gyakori eset, hogy a felfogórudakat a kéményre lehet rögzíteni, amire a 8.13. ábra mutat néhány jellegzetes példát. A kéményeken egyébként akár kör keresztmetszetű, akár lapos acélból szoktak a 8.14. ábrán láthatóhoz hasonló felfogót kialakítani.



8.13. ábra
A kéményre szerelt felfogórudak



8.14. ábra
Kémények acélszalagból kialakított felfogói

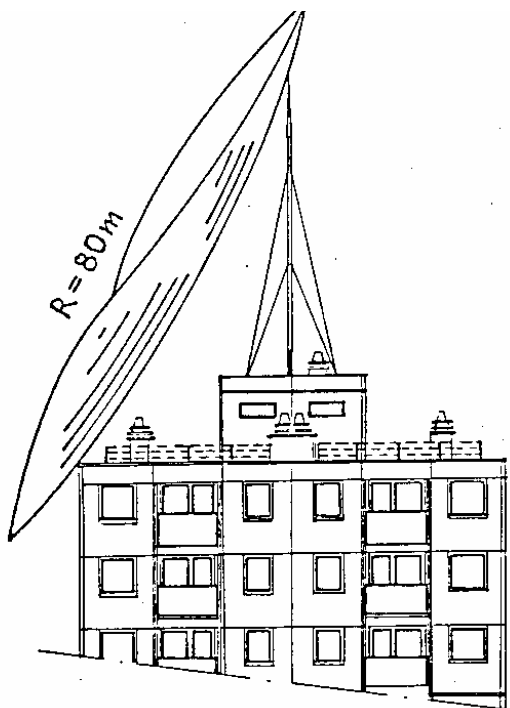


8.15. ábra

Az éghető tetőt áttörő felfogórudak, a padlástérben kifeszített sodronnyal

Az éghető héjazatú tetők c fokozatú felfogóinak gyakori problémája, hogy az 50 cm-nél magasabban futó felfogóvezetők tartóit nem lehet megfelelően rögzíteni, ezért azok elhajlanak, a vezető össze-vissza görbül és villámcsapás esetén nem tud ellenállni a villámáram dinamikus erőhatásainak. Ilyen esetben célszerűbb felfogórudakat használni, amelyek a 8.15. ábrán látható módon, a padlástérben a tető alatt kifeszített sodronyra vannak erősítve. Ezzel a megoldással készültek a szentedrei falumúzeum nád- és zsupfedelű épületeinek a villámhárítói.

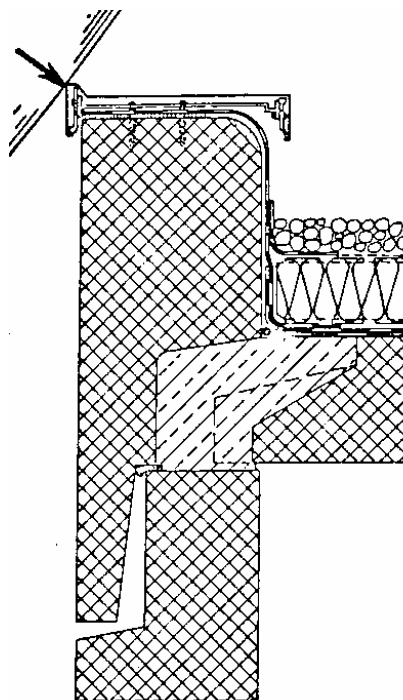
A gyakorlatban igen sokszor merül fel a tetőhöz tartozó fémkatrészek bekötésének kérdése. Mivel a tetőszerkezetek geometriai kialakítása és a számba jöhető fémkatrészek változatossága végtelen sok – egymástól sokszor merőben eltérő – kombinációhoz vezet, nincs lehetőség arra, hogy minden lehetséges változatot külön tárgyaljunk. Meg lehet adni azonban néhány olyan alapelvet, amelyek segítségével a villámvédelemmel foglalkozó szakember a legtöbb felmerülő kérdésre megnyugtató választ tud találni.



8.16. ábra
Az attikafalat és az antennát érintő gördülő gömb

Ennél a kérdésnél élesen el kell határolni azt, hogy az adott fémtárgyat természetes felfogóként használták fel, vagy az a felfogók védett terében van (mint pl. a 8.16. ábrán a tetőn levő korlát, szellőzők, stb.) és csupán az adott fokozatra előírt egyenpotenciálrahozást valósították meg. Az első esetben ugyanis (természetes felfogó) a fémtárgy ki kell hogy elégítsen bizonyos követelményeket. Ilyen természetes felfogó lehet a fémkorlát, hófogórács, szellőzőkürtő, antenna, stb. Használható a tető fémborítása, ha a szélessége legalább 200 mm, a vastagsága acél- vagy rézlemez esetén legalább 0,5 mm, alumíniumlemez esetén legalább 1 mm, egyéb fémlemez esetén pedig legalább 3 mm (6. sz. melléklet). *Várható becsapási pont*-nak a legjobban kiemelkedő csúcsot vagy élt kell tekinteni, amelynek **c** fokozat esetén a héjazattól legalább 50 cm távolságban kell lennie, viszont **a** és **b** fokozatnál egyáltalán nem kötelező a tetőtől való távolságtartás. A második esetben viszont (egyenpotenciálrahozás)

csupán az összekötés módját és a másodlagos kisülések lehetőségét kell vizsgálnunk. Mindkét esetben alapvető követelmény a csatlakozások megbízhatósága. A megfelelő összekötés elérése céljából a vékony fémborításoknál minél nagyobb érintkező felületeket kell kialakítani. A csavaros kötések (pl. huzalvezető lemezhez való csatlakozásánál) elfordulás elleni biztosítani kell, vagy kétszaváros csatlakozót kell alkalmazni.



8.17. ábra

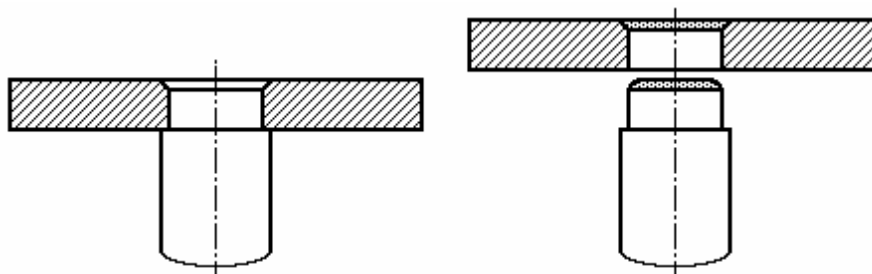
Az attikafal éghető műanyag borítását fedő szegélylemez

A modern építkezés jellegzetes építészeti kialakítása a mellvédfal, vagy más néven attika (kialakításukkal a 6.3. szakasz foglalkozott). Az ezt szegélyező fémborítás – gyakorlatilag majdnem minden esetben – felhasználható természetes felfogóként, annak ellenére, hogy az éghető vízszigetelő héjazatot legtöbbször az attikafal fémborítása alá is bevezetik. A 8.16. ábrán látható esetben a gördülő gömb az attika külső szegélyét érinti a belső pereme viszont a védett térrészben van. Ez részben a liftgépházon elhelyezett antennának köszönhető.

Hasonló eredményt lehet elérni az attikafal mögött, a tetőn elhelyezett felfogóvezetővel vagy egy sor felfogórúddal. Az attikafal metszetét mutató 8.17. ábrán látszik, hogy a várható becsapási pont (az ábrán nyíllal jelezve) az attika fémborításának külső szélére esik, és ettől a tető éghető vízszigetelése az attikafal másik oldalán nagy távolságban van. Ezek a természetes felfogók (központi antenna és a fémborítás) tehát kielégítik a **c** fokozatra előírt 50 cm távolság követelményét, még abban az esetben is, ha a tetőt nem fedi kavicsréteg.

Az előbbi példához kapcsolódóan célszerű lehet az előírt **V2c** fokozatú, 50 cm magasan futó, felfogóvezető helyett **V3c**, esetleg **V4c** fokozatnak megfelelő, felfogórudakból és természetes felfogókból álló felfogót készíteni, mert így a gördülő gömb módszerrel ($R=100$ m, ill. $R=80$ m) adódó védett terrészben nem kell tartani az 50 cm-es távolságot. Ez a lehetőség értelemszerűen a felfogórendszer elemeit összekötő vezetőkre is vonatkozik.

A felfogó kialakításával kapcsolatban emlékeztetni kell arra, hogy az MSZ 274/1-77 szabvány 3.7 szakasza értelmében nemcsak a tetőfelület tartozik a védendő felület fogalmába, hanem a terepszint felett 30 méternél magasabban lévő oldalfelület is. Ezért a felfogónak erre a felületre is teljesítenie kell azokat a feltételeket, amelyek az adott fokozatra vonatkoznak.



8.18. ábra

A vezetőtartó fejének leválása korrózió következtében

Felülvizsgálat alkalmával ellenőrizni kell a felfogó állapotát. A leggyakrabban előforduló hibahelyek a kötéseknél, csatlakozóknál illetve a tartóknál vannak. Mivel a tetőn levő felfogót nehéz közvetlenül megvizsgálni a rossz csatlakozások megtalálásához jól

felhasználható a földelési ellenállás mérésére (10.4. fejezet) használt műszer. Az ellenőrző mérés vázlatát a 10.6. ábra mutatja. Gyakori hiba, hogy *a tartók feje leválik* és nem rögzíti a felfogóvezetőt, különösen akkor, ha a 8.18. ábra szerint a fejet sajtolással vagy a tartószár tetejének zömítésével (nitteléssel) erősítették fel. A vékony hézagba beszivárgó víz hatására a korrózió az érintkező felületeket elroncsolja és ezzel a rögzítés megszűnik. Hasonló hiba keletkezik akkor, ha a tartófejen a vezetőt leszorító *kengyel* (ilyen látható a 8.7. és a 8.9. ábrán) a korrózió következtében elvékonyodik és eltörik. Különösen gyakran fordul elő ilyen hiba, ha könnyebb hajlíthatóság miatt a kengyelt vékony lemezből készítik, amelyet az időjárás gyorsan tönkretesz. A leszorító *csavarok* meglazulására is kell számítani, ezért a szabvány 8.2.1.2. pontja szerint legalább M6 méretű csavarokat kell használni (a meglevő berendezésekben M4 méretű csavarok is találhatók!). Befűrt menet helyett célszerűbb anyáscsavarokat alkalmazni, mert könnyebben cserélhetők.

A felfogó különböző fokozatainak megfelelő távolságokról a tető besorolásának függvényében a 8.2. táblázat ad áttekintést.

8.2. táblázat.

A felfogóvezetők távolságára vonatkozó előírások

A tető besorolása	Rendeltetés szerinti besorolás				
	R1	R2	R3	R4	R5
T1	a fokozat. Távolság ≤ 15 cm vagy vezetők a tetőfelületen			b fokozat. Távolság > 15 cm	
T2	o fokozat. Természetes felfogók				
T3	b fokozat. Távolság > 15 cm				
T4 T5	c fokozat. Távolság > 50 cm				

9. A levezető követelményei

A levezető a villámhárítónak az a része, amely a felfogót összeköti a földeléssel.

A levezetők lehetnek

- *mesterséges levezetők*, amelyek a villámhárító céljára készült, rendszerint az épületen kívül lefutó vezetők (huzal, sodrony, szalag, stb.);
- *természetes levezetők*, amelyek az épületnek nem villámvédelem céljára készült, de a villámhárító berendezés elemeként felhasznált, fémrészei, ha kielégítik az MSZ 274/3-81 szabvány 8. fejezetében meghatározott méretkövetelményeket, és ezért a mesterséges levezetőkkel egyenértékűek. Ezeket kivonatosan a 9.1. táblázat foglalja össze. Ahol a táblázatban a méretfokozathoz nem tartozik méret, ott az adott anyag nem használható.

9.1. táblázat

A természetes levezető legkisebb méretei

A fém alkatrész anyaga	Méret	Előírt méretfokozat			
		n	k	e	ek
acél	keresztmetszet, mm ²	30	60	100	100
	vastagság, mm	3	3	4	5
aluminium	keresztmetszet, mm ²	80	100	–	–
	vastagság, mm	4	4	–	–
réz	keresztmetszet, mm ²	30	60	80	80
	vastagság, mm	3	3	4	4

- *kisegítő természetes levezetők* olyan fémtárgyak, amelyek nem elégítik ki a teljes értékű természetes levezetőre előírt méretkövetelményeket, de megfelelnek a 9.2. táblázat szerint rájuk vonatkozó szabványos követelményeknek. Az acél és a réz olvadáspontja 800 °C felett, az aluminiumé az 500...800 °C közötti van. Az 500 °C alatti olvadáspontú fémek közül az ón (cin) és a horgany fordul elő gyakrabban az épületszerkezetek anyagai között.

9.2. táblázat

A kisegítő természetes levezető legkisebb méretei

A fém alkatrész olvadáspontja	Méretek	Előírt méretfokozat			
		n	k	e	ek
800 °C felett	keresztmetszet, mm ²	100	100	150	150
	vastagság, mm	0,5	0,5	0,8	0,8
500...800 °C	keresztmetszet, mm ²	100	100	150	150
	vastagság, mm	1,0	1,0	2,0	2,0
500 °C alatt	keresztmetszet, mm ²	200	200	200	200
	vastagság, mm	2,0	2,0	3,0	3,0

9.1. A levezető általános elrendezésének fokozatai

A levezető általános elrendezésének fokozatai **L0...L5** sorrendben növekedő biztonságot fejeznek ki a lefutó villámáram másodlagos hatásaival szemben.

L0 fokozat

sem természetes, sem mesterséges levezető nincs. Ez csak akkor fordulhat elő, ha semmilyen felfogó sincs, tehát az épületen nincs villámhárító.

L1 fokozat

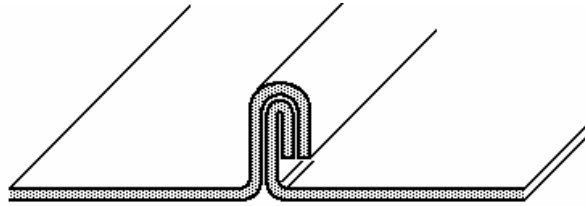
természetes levezetők rendszere, amely

- az épület vagy egyéb építmény fémből készült vagy fémmel burkolt fala;
- olyan fémből készült épületszerkezet, amelynek függőlegesen végigfutó elemei (pl. oszlopok, pillérek, függőleges vázszerkezeti elemek) között a magasságuknál kisebb távolság van (5.8. ábra);
- vasbeton épületszerkezet fémesen összefüggő acélbetétje.

A természetes levezetőrendszer tehát az épület falának fémalkatrészeiből áll, amelyek eredetileg nem villámvédelmi célra készültek vagy kerültek a helyükre. Összekötésre hegesztés, kemény vagy lágy forrasztás, szegecselt vagy csavaros kötés alkalmas. Lemeztárgyaknál (pl. függönyfal) a korcolással (9.1. ábra) vagy nagy felületű átlapolással kialakított érintkezés is megfelelő. A falat alkotó elemek közt nem kell folyamatos fémes összekötésnek lennie, hanem legfeljebb

1 cm-es hézag megengedhető közöttük. A természetes levezetőt alkotó fémszerkezet az épület belsejében is lehet, de ebben az esetben hézag nem engedhető meg és alul a földeléshez vezető megfelelő összeköttetésnek kell lennie.

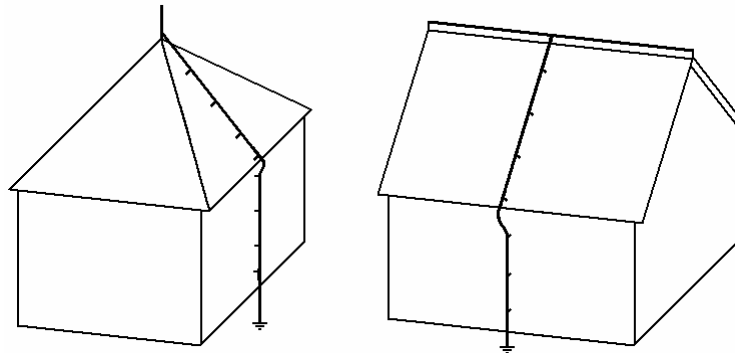
Az **L1** fokozatú levezetőrendszert nem szabad összetéveszteni a magasabb fokozatú levezetőrendszer részét képező egyedi természetes levezetőkkel. Ezekkel a 9.3. fejezet foglalkozik. Kisegítő természetes levezető ebben a fokozatban nem vehető figyelembe.



9.1. ábra
Fémlemezek összekötése korcolással

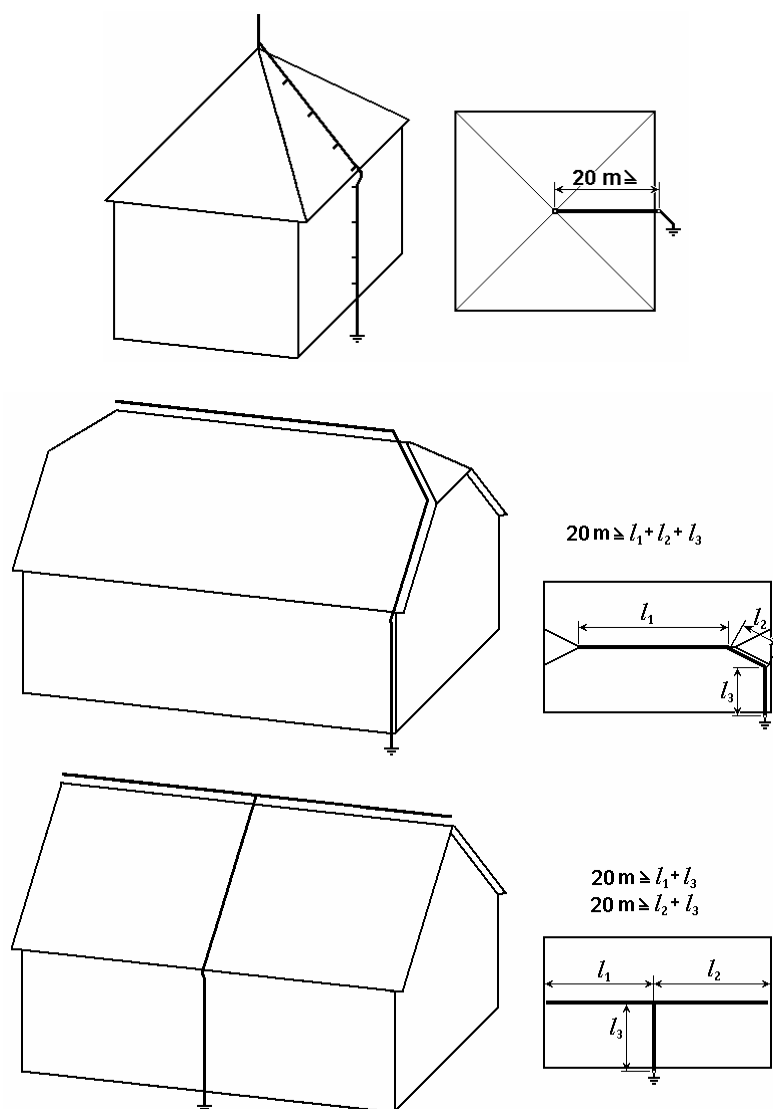
L2 fokozat

egyetlen levezető olyan helyen, ahol a felfogónak bármelyik pontjától a levezetőig mért áramút vízszintes vetülete a vezetők mentén 20 m-nél nem hosszabb. Ezt a fokozatot csak kivételesen lehet használni, ha a **V2** fokozatú felfogó a 9.2. ábra szerint egyetlen felfogórúdból, vagy rövid gerincvezetőből áll. Abban az esetben, ha a védendő épület méretei miatt az áramútra vonatkozó követelmény egyetlen levezetővel nem teljesíthető, **L3** fokozatú levezetőt kell alkalmazni. Kisegítő természetes levezető nem használható.



9.2. ábra.
L2 fokozatú levezetők

Az áramút hosszával kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy rövidebb áramút adódik, ha a levezető nem a sátoztető élén, hanem a 9.2. ábrán látható módon a tetőszék közepén fut le. Gerincvezető esetén a levezetőt közepén nem pedig a tetőgerinc végén célszerű elhelyezni. Az áramút vízszintes vetületének meghatározásához ad néhány jellegzetes példát a 9.3. ábra.



9.3. ábra

Az áramút hosszára vonatkozó korlátok L2 fokozat esetén

L3 fokozat

amely legalább két levezetőből áll olyan elrendezésben, hogy felfogó bármely pontjától

- a legközelebbi levezetőig a vezető mentén az áramút vízszintes vetülete, vagy
- a levezetőig mért (több) áramút vízszintes vetületének eredője

legfeljebb 15 m. Több áramút eredő hosszának meghatározásával a 9.2. fejezet foglalkozik részletesen.

L3a és **L3b** fokozat esetén az összes levezetők közül legfeljebb a fele kisegítő természetes levezető lehet. **L3c** fokozat esetén kisegítő természetes levezető nem használható.

L4 fokozat

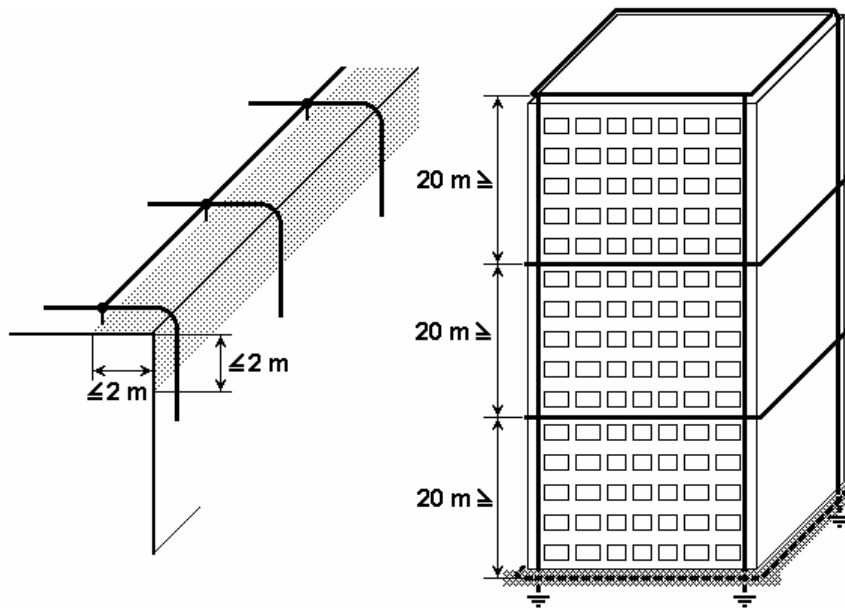
amely legalább két levezetőből áll, az **L3** fokozatnak megfelelő feltételekkel, de a leghosszabb áramútnak vagy az eredő áramútnak a vízszintes vetülete legfeljebb 10 m. Több áramút eredő hosszának meghatározásával a 9.2. fejezet foglalkozik részletesen.

L4a és **L4b** fokozat esetén az összes levezetők közül legfeljebb a fele kisegítő természetes levezető lehet. **L4c** fokozat esetén kisegítő természetes levezető nem használható, de az eredő áramút kiszámításakor semmilyen természetes levezető sem vehető figyelembe.

L5 fokozat

amely az **L4** fokozatnak megfelelően elrendezett levezetők közül áll, de minden levezető felül (vízszintesen) össze van kötve egymással, a felfogóhoz való csatlakozástól legfeljebb 2 m távolságban (9.4.ábra). A 20 m-nél hosszabb levezetők közben is (vízszintesen) össze vannak kötve egymással úgy, hogy az összekötések között a levezető mentén mért távolság legfeljebb 20 m. A levezetők összekötő vezetői elhelyezhetők az épület külső falán, de lehetnek az földemekben is. Mivel az összekötő vezetők nem vezetnek nagy villámáramot, hanem csak potenciálkülönbséget egyenlítene ki, a levezetőnek az épülethez viszonyított helyzetére vonatkozó követelményeket nem kell betartani.

L5a fokozat esetén az összes levezetők közül legfeljebb a fele lehet kisegítő természetes levezető. **L5b** és **L5c** fokozat esetén kisegítő természetes levezető nem használható. Az eredő áramút kiszámításakor viszont a fokozattól függetlenül semmilyen természetes levezető sem vehető figyelembe.



9.4. ábra
L5 fokozatú levezetők összekötési helyei

Az épülettől független **d fokozatú levezető** szükséges bármilyen más előírt fokozatú levezető helyett, ha a felfogó is d fokozatú. Ebben az esetben azonban a levezetők számára és elhelyezésére nem vonatkoznak az áramutak eredő hosszát korlátozó követelmények. Ha a felfogót oszlopok, illetve oszlopok tetején elhelyezett felfogórudak alkotják, ezeken levezetőnek is kell lennie, tehát a levezetők helyét ez már meghatározza. Az oszlopok között kifeszített egyedi vagy hálót alkotó felfogóvezetőknek mindkét végükön levezetőhöz kell csatlakozniuk.

9.2. Az eredő áramút kiszámítása

Az áramút vízszintes vetületét a felfogón bárhol feltételezhető becsapási ponttól addig a pontig kell mérni, ahol a levezető függőlegessé válik, vagy eléri a földelési csatlakozást. Mivel a 6.14. ábrán bemutatott esethez hasonlóan előfordulhat, hogy a levezető sehol sem függőleges, vagy több ferde szakasza is van, az áramút végpontja az a pont lesz, ahol a levezető eléri a talajszintet.

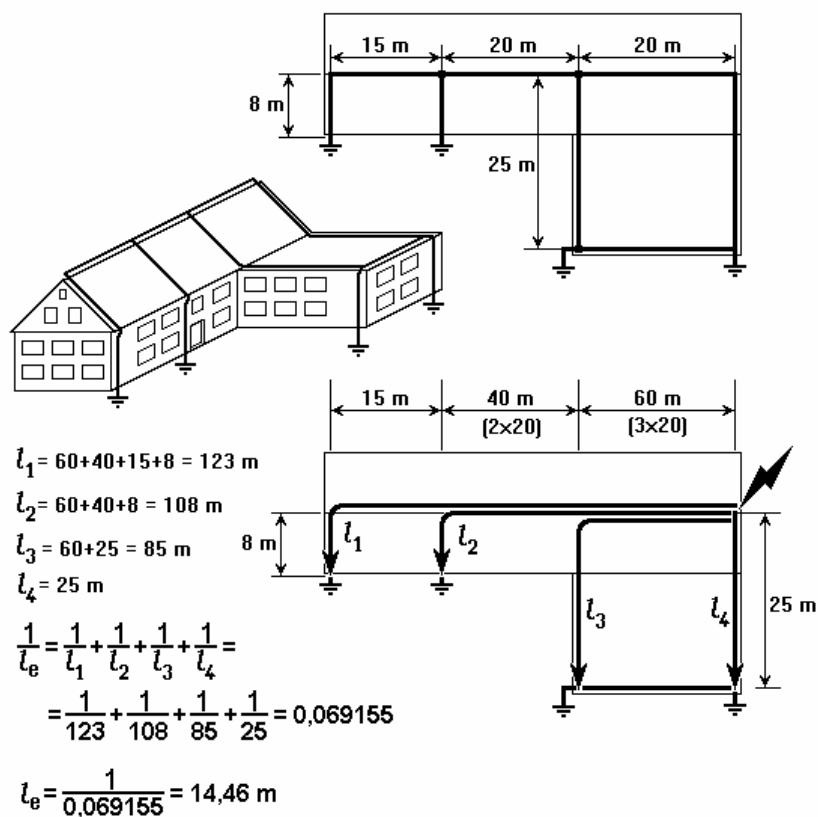
Több levezető esetén az eredő áramutat úgy kell kiszámítani, mintha a vízszintes vezetőszakaszok ellenállások lennének. Mivel az egyes vezetőszakaszok többnyire ugyanabból az anyagból készülnek és keresztmetszetük is azonos, az ellenállásuk a hosszukkal arányos. A számítás alkalmával ezért a hosszakat ugyanúgy kezelhetjük, mintha ellenállások lennének és az eredőt elvileg az ellenállások soros illetve párhuzamos kapcsolására vonatkozó szabályok szerint lehet kiszámítani. Az MSZ 274/3-81 szabvány az eredő pontos számítása helyett egyszerűbb módszert ad meg, de ettől függetlenül a pontosan kiszámított érték is elfogadható. A szabványban leírt eljárást a 9.5. ábrán látható példa felhasználásával mutatjuk be, ahol a legtöbb jellegzetes probléma megjelenik. A fontosabb lépések a következők:

1. Ki kell választani a legkedvezőtlenebbnek vélt becsapási pontot, ahonnan a villámáramnak a leghosszabb utat kell megtennie a levezetőkig. Ez általában nem a csomópontokban van, mert onnan több áramút is adódik, hanem egy vezető végén, ahol az áramnak csak egyetlen útja van, vagy olyan vezetőszakaszon, ahonnan csak kétfelé folyhat. A 9.5. ábrán is egy vezetőszakaszon belül vettük fel a becsapási pontot. Az is előfordulhat, hogy több becsapási ponttal kell próbálkoznunk.
2. A kiválasztott becsapási pontból kiindulva mindegyik levezetőhöz a felfogóvezetők vízszintes vetülete mentén (felülnézetből) meghúzzuk az áramutat. (a 9.5. ábrán l_1 , l_2 , l_3 és l_4). A levezetőt elérve egyik áramút sem folytatódhat tovább egy másik levezető felé. Ennek következtében előfordulhat, hogy a tetőn levő vezetők közül egyesek kimaradnak.
3. A egyes vezetőszakaszokon több áramút is haladhat, ami nagyobb átfolyó áramnak felel meg. Ilyenkor a szakasz hosszát meg kell szorozni az átmenő árampályák számával, amint a 9.5. ábrán egyes méretvonalak alatt (zárójelben) látható.
4. Az előbbieket szerint meghatározott szakaszhosszak figyelembe vételével egyszerű összeadással kapjuk meg az egyes áramutak hosszát. Ezek a 9.5. ábrán ezek baloldalon vannak felsorolva.

5. A párhuzamosan kapcsolódó áramutak eredőjét a párhuzamos ellenállásokra érvényes számítási módszerrel határozhatjuk meg, amelynek általános kifejezése:

$$\frac{1}{l_e} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{l_i}$$

Ezt a kifejezést a 9.5. ábra a négy párhuzamos áramút hosszának figyelembe vételével mutatja.



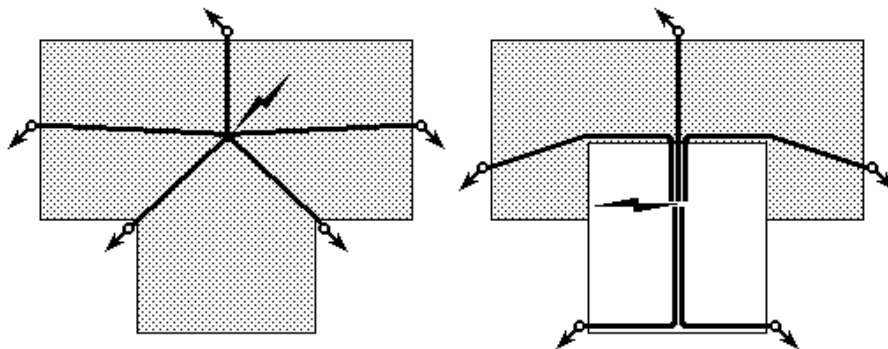
9.5. ábra

Példa az áramutak eredő hosszának meghatározására

A 9.5. ábra egyébként a példaként választott épület nézeti képét, felülnézetét és az áramutakat mutatja. A felvett adatokkal a számítás szerint 14,46 m, tehát az **L3** fokozatra vonatkozó 15 m-nél kisebb, de az **L4** fokozatra előírt 10 m-nél hosszabb áramút adódott. A levezetők

elrendezése az **L3** fokozatnak megfelel, de az **L4** fokozatnak már nem.

V10 fokozatú felfogórendszer esetén, ha a természetes felfogó zárt lemez, vagy sűrű háló, az áramutak a legkedvezőtlenebb becsapási pontot a levezetőkkel összekötő egyenesek (9.6. ábra). Ha a tetőnek csak részlegesen van fémborítása, ezek az egyenesek onnan indulnak, ahol a másik részből érkező áramutak elérik a fémborítást. Ezen áramutakat egymástól függetlennek tekintve, az eredő áramút hosszának kiszámítására a párhuzamos ellenállásokra vonatkozó előbbi képlet használható.



9.6. ábra

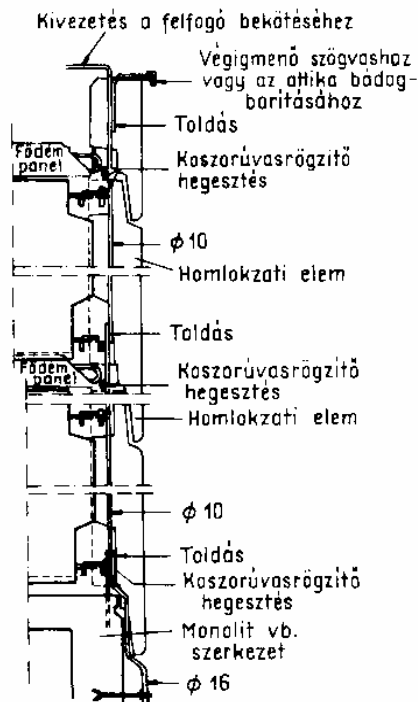
Az áramutak kijelölése teljesen és részlegesen fémmel borított tetőn

Egyszerűsítés céljából először figyelmen kívül lehet hagyni azokat a vezetékszakaszokat, amelyek nyilvánvalóan csökkentik az eredő áramút hosszát, de bonyolultabbá teszik a számítást. Ha az így egyszerűsített hálózattal is teljesül a szabványban előírt követelmény, nincs szükség további számításra, hiszen a levezetők elrendezése ebből a szempontból biztosan megfelelő. Ha viszont az egyszerűsített számítás nem hozott megfelelő eredményt, további vezetők figyelembevételével meg kell ismételni az ellenőrzést. Olyan eset is előfordulhat, hogy újabb párhuzamos áramutak számításba vételével az eredő nem csökken, hanem növekedik. Ez a szabványban leírt egyszerűsített eljárás hibája, ezért ilyen esetben az eredmény növelő áramutat figyelmen kívül kell hagyni. Erre a hibára különösen akkor lehet számítani, ha az első alkalommal számításba vett áramutak mellé

egy azoknál lényegesen hosszabb további áramutat veszünk figyelembe. Az eredő hosszak pontos számításakor ilyen hiba nem lép fel.

9.3. A levezető szerkezete

A 7.2. fejezet szerint meg kellett állapítani a levezető fokozatát az épülethez viszonyított helyzete szempontjából, amit az **a...d** betűjel fejez ki. Mivel ez meghatározza a levezető és az épület között betartandó távolságot, a szerkezeti kialakítás is ettől függ. Noha a fokozatra vonatkozó követelmények azonos a felfogóéval, veszélyesség szempontjából lényeges különbség, hogy míg a felfogónál a forró villámcsatornát kellett a becsapási ponton megfelelő távolságban tartani, itt csak azt a vezetőt kell, amelyben a villámáram folyik. A szabványos követelményeknek megfelelő vezetők viszont legfeljebb néhány 100 °C-ra melegednek fel és így a tűz keletkezésének veszélye sokkal kisebb. Ez az oka annak, hogy levezetőnél **c** fokozat csak kivételesen van előírva, olyan esetekben, amelyek gyakorlatilag elő sem fordulnak. Másik különbség, hogy a levezetők a falban is elhelyezhetők, ami felfogó esetén nyilván ki van zárva.

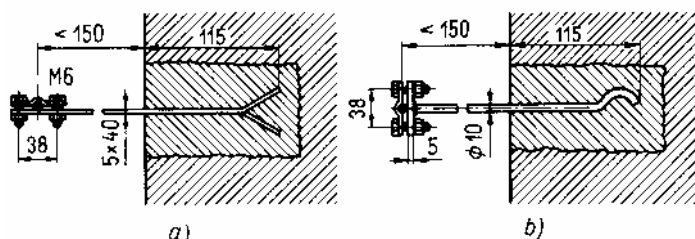


9.7. ábra

Előre gyártott elemekből készült épület bebetonozott levezetőjének szerkezete

A felfogórendszer szerkezeti kialakítására vonatkozó követelményeket az alábbiakban foglaljuk össze.

Az **a** fokozatú levezető közvetlenül az épület falának felületén, vagy attól legfeljebb 15 cm távolságban van, vagy az épület falába van beépítve. Abban az esetben, amikor a fal anyaga nem érzékeny a levezetőben folyó villámáram hőhatására, semmilyen távolságot nem kell tartani. Ez a feltétel még olyan anyagokkal is teljesül, mint a síma felületű fa gerenda, vagy deszka, különösen akkor, ha bemeszelték vagy vakolták. Ennek a fokozatnak tökéletesen megfelelnek azok a fémből vagy műanyagból készült, 8...10 cm magas (pl. a 8.6b ábrához hasonló) tartószerkezetek is, amelyeket főleg külföldről hoznak be az utóbbi időben. A falba beépített levezetők különösen a panel épületekben szokásosak (9.7. ábra), de esztétikai okból is indokolt az alkalmazásuk. A falban jól rögzített levezető mindig biztonságosabb, mint a nem eléggé szilárd tartón a falon kívül elhelyezett levezető, amelyet a villám dinamikus erőhatása könnyen leszakíthat.



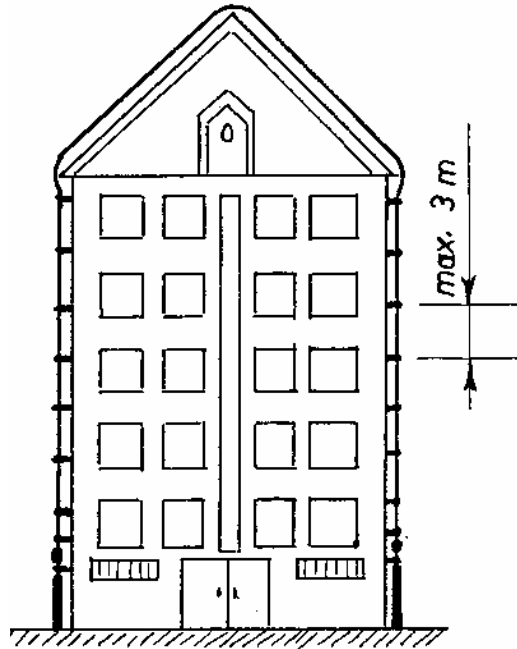
9.8. ábra

Falba erősített tartók b fokozatú levezetőkhez

a) Laposacélból; b) Kör keresztmetszetű rúdból

A **b** fokozatú levezető és az épület között legalább 15 cm távolság van. Ilyen fokozat csak könnyen éghető anyagból készült falnál, vagy tűz- és robbanásveszélyes épületnél van előírva, de különösen nagy távolságot nem kell tartani, mert a levezetőben folyó villámáram hőhatása nem terjed messzire. A levezetőt a falba vagy a falra erősített tartók rögzítik amelyek szokásos megoldására a 9.8. ábra mutat két példát. Ezek között legfeljebb 3 m távolság lehet (9.9. ábra). Felülvizsgálat alkalmával különleges figyelmet kell fordítani

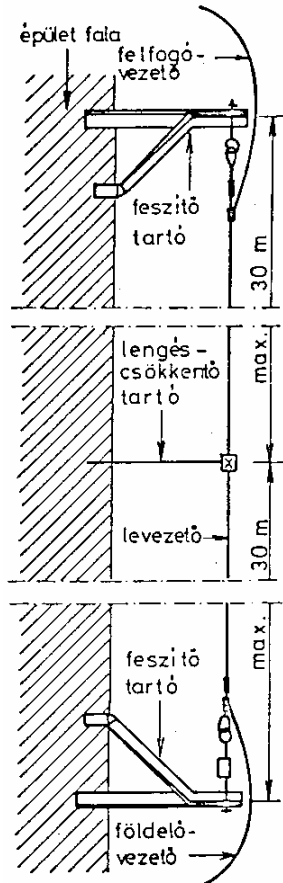
arra, hogy a levezető tartói nem lazultak-e meg, vagy nem estek-e ki a falból. Ezeknél a tartóknál is számítani lehet a fejnek a 8.18. ábrán látható leválására.



9.9. ábra
A levezető rögzítési helyei b fokozat esetén

Nálunk jól bevált, de külföldön is használják a feszített levezetőket, amelyek egymástól távol elhelyezett tartószerkezetek rögzítenek. Szerkezeti felépítésük vázlatát a 9.10. ábra mutatja. A feszített levezető általában 20...50 cm távolságban van a faltól, de **b** fokozatnak felel meg, noha többnyire olyan épületeken is használják, ahol csak **a** fokozat lenne szükséges. A hosszú feszített levezetőt a szél lengésbe hozhatja, ami a fal sérüléséhez vagy a levezető leszakadásához vezethet, ezért a 30 m-nél hosszabb levezetőt közben is meg kell támasztani. Ez a kiegészítő tartószerkezet az ábrán is fel van tüntetve. A feszített levezető alsó végét az ábrához hasonlóan egyenesen kell csatlakoztatni a földelőhöz. Gyakori hiba az, hogy ezen a helyen a vezetőlétről hurkot alakítanak ki. A levezetőbe valamilyen feszítőszerkezetet iktatnak be, amelynek túlzott

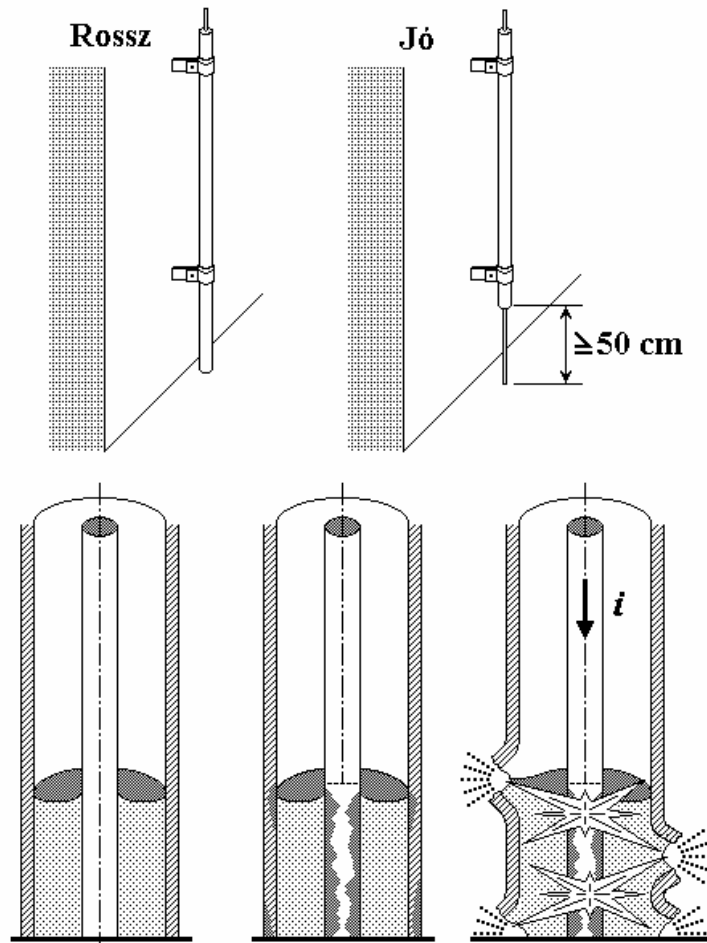
meghúzása, (különösen akkor, ha melegen húzzák meg és lehül az idő) a tartószerkezet leszakadását okozhatja.



9.10. ábra
Feszített levezető szerkezete

A c fokozatú levezető és az épület között legalább 50 cm távolság van. Az ilyen levezető nemcsak a hőhatástól óvja a falat, hanem a másodlagos átütések valószínűségét is csökkenti. Az MSZ 274/3-81 szabvány csak fokozottan tűz és robbanásveszélyes épületnél ír elő ilyen fokozatot akkor, ha a falat könnyen éghetőnek kell minősíteni (K3 besorolás). Ez a gyakorlatban csak akkor adódhat, ha egy fémtartály falán lecsorgó tűzveszélyes anyag rendszeresen előforduló jelenlétével kell számolni.

A **d** fokozatú levezetőrendszer az épülettől független és egyik levezető sem közelíti meg az épületet úgy, hogy a megközelítési helyen másodlagos átütés veszélye áll fenn. Az ilyen levezető mindig **d** fokozatú felfogóhoz kapcsolódik és általában különálló oszlopokon van elhelyezve. Az előírt távolságot ebben az esetben az épülettől, nem pedig az oszloptól kell tartani és így a levezető lehet pl. a betonoszlop belsejében, vagy a faoszlopon rövid tartókkal rögzítve.



9.11. ábra
Védőcső robbanása a levezető korróziója miatt

A levezető mechanikai behatásnak kitett szakaszát külön védeni kell. A szabvány előírása szerint a mechanikai védelem a földtől

számított 1,5 méter magasságig szükséges, de közterületen és egyéb olyan helyen, ahol a szándékos rongálás veszélye fennáll, ez a határ már 3 méter. A mechanikai védelem céljára legmegfelelőbb az **L**-vas, de cső is elfogadható. Az utóbbi esetben viszont a levezetőt össze kell kötni a cső alsó és felső peremével. A gyakorlatban többször előfordult, hogy a levezetőt védő cső villámcsapás alkalmával felrobbant. Ezt tévesen a csőben indukált örvényáramoknak szokták tulajdonítani, ezzel szemben az oka a 9.11. ábrán szemléltetett belső korrózió. A csőben ugyanis nedves szennyeződés gyűlik össze és elroncsolja a belül levő levezetőt valamint a cső falát is. Villámáram levezetésekor az elvékonyodott részek megolvadnak és a keletkező ív a cső belső terébe szorul be. A fejlődő gőz és a réshatás (3.3. fejezet) következtében keletkező nyomás ezután szétfeszíti a korrózió miatt elvékonyodott csövet. Az ilyen esetek elkerülhetők, ha a védőcső alul nyitott, tehát nem megy le a talajszintig, hanem az ábra szerint legalább 50 mm magasságban végződik.

A levezető földtől számított 1,5...2 méter magasságig terjedő szakaszában mérési helyet kell kialakítani. Ez általában vizsgáló összekötő, amelyet mérés céljából meg lehet bontani. Helyette vizsgáló csatlakozót lehet és indokolt alkalmazni akkor, ha a levezető bontási lehetőségének nincs értelme, mert pl. a bontási hely alatt valamennyi földelő egymással össze van kötve, vagy a villámhárító a természetes alkotóelemek vagy **L5** levezető miatt megbonthatatlanul összefüggő rendszert alkot. A levezetőbe iktatott mérési helytől 0,5 m-en belül a levezetőt (mindkét irányban) rögzíteni kell.

Nem szabad vizsgáló összekötőt alkalmazni **A-1**, **A-2**, **B-1**, **B-2** és **B-3** villamos besorolású helyen, mert villámcsapás alkalmával az összekötő meglazulása vagy rossz érintkezés miatt ív keletkezhet a robbanásveszélyes térben. Mivel azonban a villámhárító levezetők többnyire szabadtéren vannak, a gyakorlatban ritkán fordul elő olyan eset, amikor nem szabad vizsgáló összekötőt használni. A vizsgáló összekötő hiányának hátránya, hogy az időszakos felülvizsgálatok során nem lehet ellenőrizni az egyes földelők szétterjedési ellenállását, és így nem tudunk megnyugtató véleményt mondani a földelés állapotáról. Hacsak lehet, ezért vizsgáló összekötőt kell létesíteni. Ha a levezető az épület falában van, a mérési hely a falba süllyesztett dobozban is kialakítható.

10. A földelő követelményei

A villámhárító földelő az e célra készített, a talajba süllyesztett vezető test vagy betonba ágyazott vezetők összessége, amelyek a betonon keresztül nagy felületen érintkeznek a talajjal. (Földelő vezető: a levezetőt a földelővel összekötő vezető: lásd 10.7. ábra).

10.1. A földelő általános elrendezésének fokozatai

A földelő általános elrendezésének fokozatai **F0...F4** sorrendben növekedő biztonságot fejeznek ki a villám levezetések a földben keletkező feszültségkülönbségek ellen.

F0 fokozat

sem természetes, sem mesterséges földelő nincs, mert villámhárító berendezés sincs, amelyet földelni kellene. Abban az esetben, ha a 7.1. és 7.2. táblázat szerint a **V0o–L0o–F0/x** fokozat van előírva, tehát nem kell villámhárítót létesíteni, de mégis készítenek, földelésre is szükség van. Ezen túlmenően földelésre szükség lehet akkor is, ha nincs villámhárító berendezés, de az épülethez tartozó valamilyen fémtárgyat, pl. antennát földelnek. Ebben az esetben a földelés sem lehet **F0** fokozatú, de arra nincs követelmény, hogy milyen legyen.

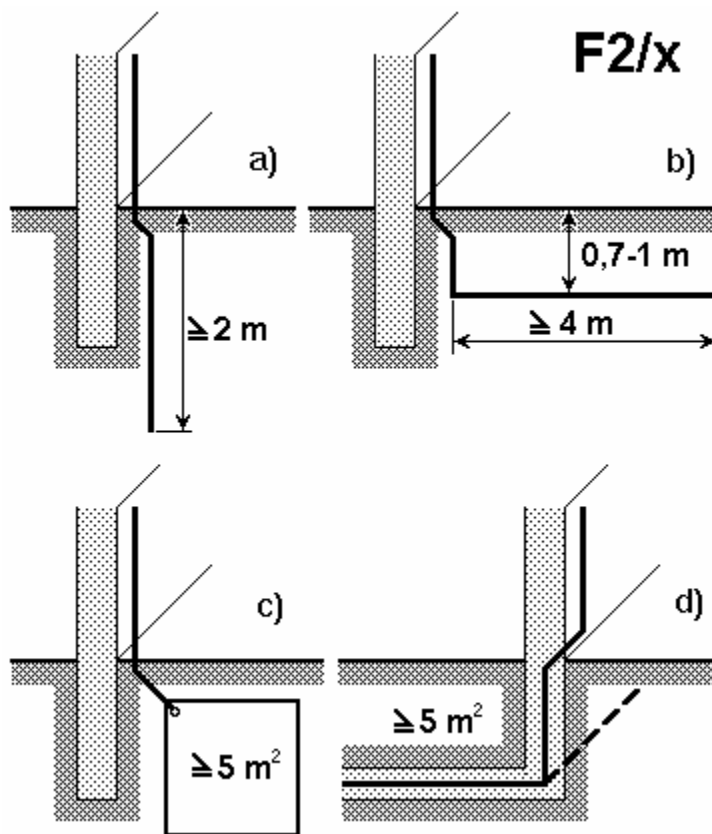
F1 fokozat

olyan földelő, amely a talajjal nagy felületen akár közvetlenül, akár a talajban levő betonon keresztül érintkező fémtárgy. A szabvány ugyan megkülönbözteti az épület részét képező, de nem földelés céljára készített természetes földelőt a földelés céljára készült betonalap földelőtől, amely formálisan mesterséges földelő, de ezek között fizikai különbség nincs.

Ha a 7.2. táblázat szerint a földelés szükséges fokozata **F1/x**, a földelőnek legalább 5 m² felületen érintkeznie kell a talajjal. Betonalap esetén ez a talajjal érintkező betonfelületet jelenti (10.1d ábra).

F2 fokozat

egyetlen földelő alkotja, ezért ez a fokozat csak akkor használható, ha egyetlen **L2** fokozatú levezető van., Az **F2** fokozatú földelés főleg a 9.2. ábrán látható kisméretű épületekre jellemző.



10.1. ábra
F2/x fokozatú földelők

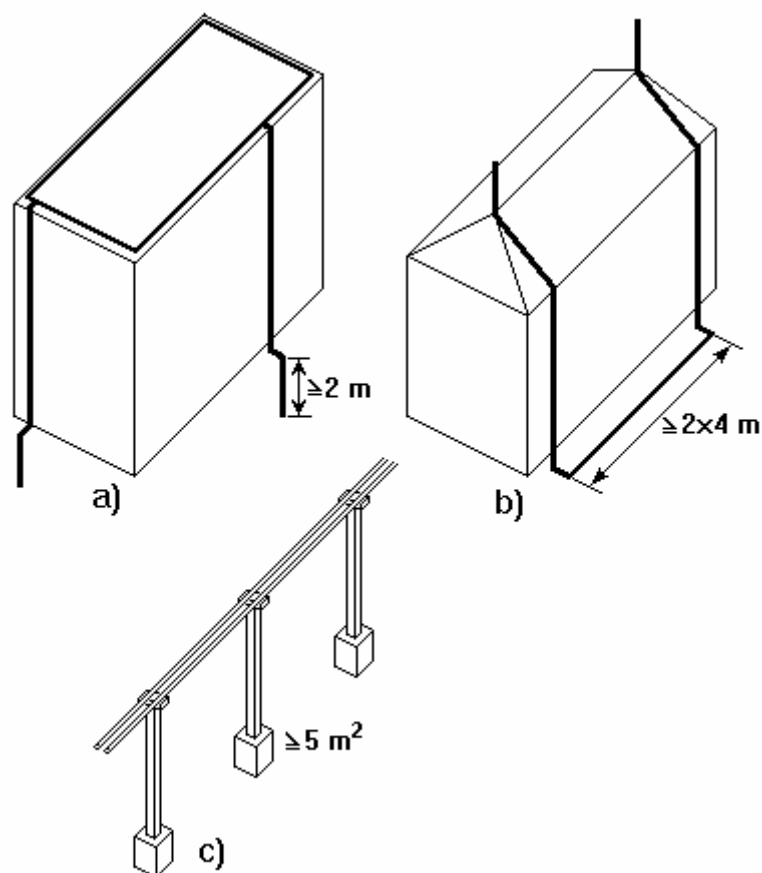
A 7.2. táblázatban ez a fokozat mindig **F2/x** jelzéssel szerepel, ami azt jelenti, hogy az MSZ 274/3-81 szabvány a földelési ellenállás helyett a földelő kialakítására és méreteire határoz meg követelményeket, amelyek a 10.1. ábrán néhány jellegzetes példán láthatók.

A 10.1a ábra szerinti rúd földelőre és a b) ábra szerinti vízszintes földelőre megadott méretek a földelőnek a talajjal érintkező hosszára vonatkoznak. A 10.1c ábrán megadott méret pedig a lemez földelő kétoldali felületét jelenti, amit egy kb. 1,5 m oldalhosszúságú, négyzet alakú lemezzel meg lehet valósítani. Beton alap földelő esetén a 10.1d

ábrán megadott 5 m^2 terület a talajjal érintkező betonfelület nagyságát jelenti.

F3 fokozat

legalább két földelő van, amelyek különállóak, vagy csoportosan egymással összekötöttek egyaránt lehetnek. A két földelő azt jelenti, hogy a villámhárító berendezés föld feletti része két helyen csatlakozik a földeléshez, amely azonban a föld alatt összekötött egységes földelőrendszert is alkothat.



10.2. ábra
Példák F3/x fokozatú földelőkre

Ha a földelő fokozata **F3/x**, akkor vagy legalább két egymástól független földelőnek kell lennie, amelyek külön-külön megfelelnek a 10.1. ábrán feltüntetett méretkövetelményeknek. Abban az esetben, ha a talajjal érintkező hossz vagy felület mindegyik földelési csatlakozásnál eléri az előző méreteket, a föld alatt összekötött földelőrendszer kielégíti az **F3/x** fokozat követelményeit. A 10.2. ábrán látható példák közül az a) esetben a földelők mérete egyenként megfelel az előírásnak. A b) esetben a vízszintes földelő hossza mindegyik levezető csatlakozásánál kielégíti az **F2/x** fokozat méretkövetelményét. Ilyen fokozatú földelés része lehet a talajjal legalább 5 m^2 felületen érintkező betonlap is, amint a 10.2c ábra mutatja.

F4 fokozat

olyan földelőrendszert jelöl, amelyet az épület alapját körülvevő gyűrűs földelő, keretföldelő, vagy az alap területét fedő földelőháló alkot és esetleg egyedi földelők (pl. rúd földelők) is kapcsolódnak hozzá. Ennek a földelési fokozatnak az a lényege, hogy az épület egész területén érintkezést létesít a talajjal és ezáltal korlátozza a kialakuló feszültségkülönbséget. A 7.2. táblázat szerint vele egyenértékű **F1** fokozatú természetes földelőrendszernek ugyancsak az egész épületre kiterjedő fémszerkezetnek, vagy betonlap földelőnek kell lennie.

10.2. A földelési ellenállás

A földelési ellenállásra a szabvány kétféle fokozatot határoz meg, amelyeket **x** vagy **r** betű jelöl. Az **x** fokozat nem tartalmaz a földelési ellenállásra vonatkozó előírást, hanem a földelő méreteire állapít meg követelményeket, amelyekkel az előző fejezet foglalkozott.

Ha a 7.2. táblázatban előírt fokozat **r**, akkor a földelési ellenállásra a következő követelmények érvényesek:

- Bármilyen földelő megfelel az előírt követelménynek, ha (eredő) földelési ellenállása legfeljebb $2\ \Omega$.
- Független, vagy vizsgáló összekötővel leválasztható egyedi földelő ill. földelő csoport esetén a földelési ellenállás:

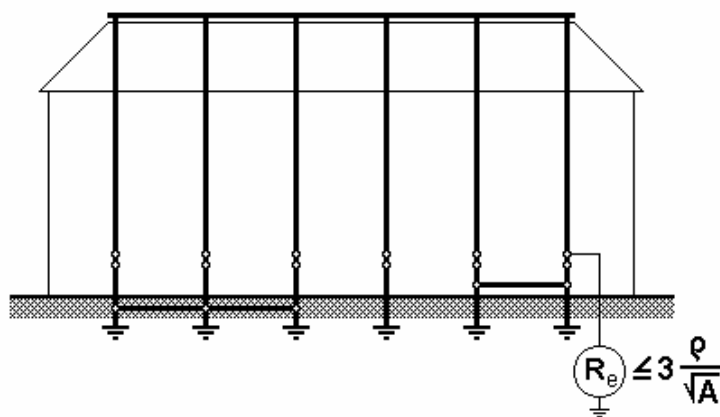
$$r \leq 6 \frac{\rho}{\sqrt{A}} \Omega \quad (10/1)$$

- Összefüggő földelőrendszer esetén az eredő földelési ellenállás:

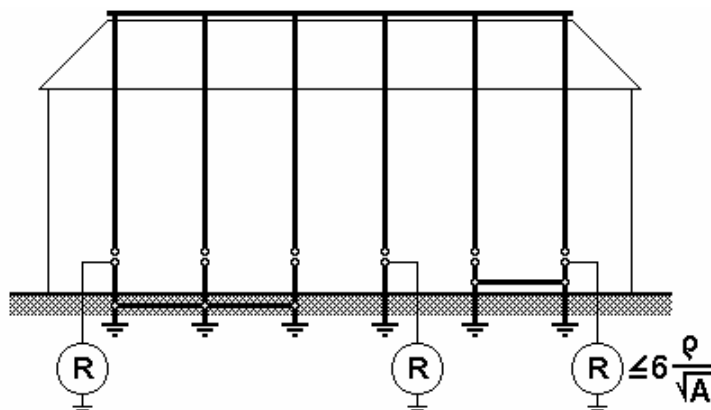
$$r \leq 3 \frac{\rho}{\sqrt{A}} \Omega \quad (10/2)$$

ahol ρ a talaj fajlagos térfogati ellenállása (Ωm),
 A az épület alapterülete (m^2).

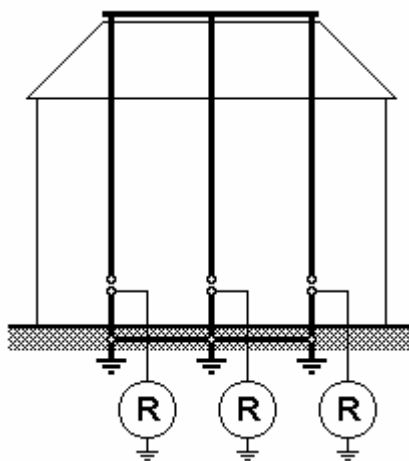
Az előbbi feltételek ellenőrzéséhez először az eredő földelési ellenállást célszerű megmérni a vizsgáló összekötők megbontása nélkül, amint a 10.3. ábrán látható vázlat mutatja. Az így mérhető földelési ellenállásnak meg kell felelnie a (10/2) képletből adódó feltételnek. Ha a mért érték nem felel meg az előírásnak, akkor új villámhárítónál a földelési ellenállást csak további földelők telepítésével lehet csökkenteni. Régi földelőnél az előírtnál nagyobb érték arra utal, hogy a földelőt a korrózió, vagy egyéb hatás tönkretette. Ebben az esetben felújításra van szükség, ami nem oldható meg, a régi földelő kiásása és javítása vagy új földelő telepítése nélkül.



10.3. ábra
Az eredő földelési ellenállás mérése



10.4. ábra
A földelési ellenállás mérése földelőnként

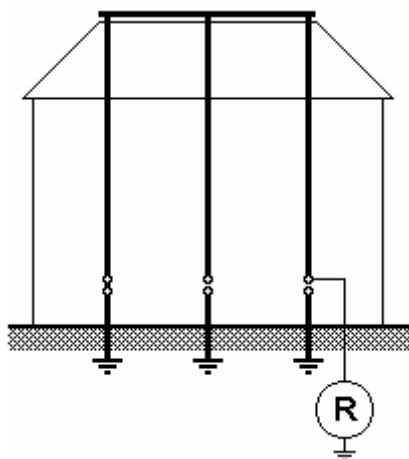


10.5. ábra
A földelőcsoport összekötésének ellenőrzése mérésekkel

Ezután valamennyi vizsgáló csatlakozó megbontásával az egyedi földelők illetve földelőcsoportok mérését lehet elvégezni. A 10.4. ábrán egy különálló földelő és két összekötött földelőcsoport mérésének vázlata látható. A földelési ellenállásnak mindegyik esetben ki kell elégítenie a $(10/1)$ képlettel meghatározott követelményt. Ha ez nem teljesül, akkor új berendezés esetén a földelők összekötésével (további) földelőcsoportokat kell kialakítani. Régi földelésnél a mérési eredmény arra utal, hogy az adott földelő tönkrement. Ha ezt a problémát földelőcsoportnál tapasztaljuk, az

összekötések ellenőrzése céljából érdemes a 10.5. ábra szerint mindegyik csatlakozási ponton megmérni a földelési ellenállást. A mért értékek közül a legnagyobb segít megtalálni a leginkább elromlott földelőt. Ha mindegyik ponton ugyanolyan értéket mérünk, a csoport összekötése jó és a hibát a mélyebben lehet keresni.

Bár elvileg nem a földelési ellenállás méréséhez tartozik, de azzal együtt lehet elvégezni a villámhárító folytonos összefüggésének vizsgálatát. Ehhez a 10.6. ábra szerint valamennyi vizsgáló csatlakozót megbontva az egyik levezető alsó végére kell csatlakozni a mérőműszerrel és egymás után zárni kell egy másik vizsgáló csatlakozónál az érintkezést. Ezzel a módszerrel mindig egy-egy hurkot tudunk ellenőrizni, mert szakadás vagy meglazult csatlakozó esetén az ellenállás lényegesen nagyobb lesz.



10.6. ábra

A villámhárító folytonosságának ellenőrző mérése

10.1. táblázat

A talaj fajlagos ellenállásának (ρ) becsült értékei

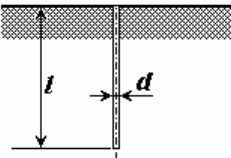
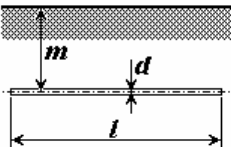
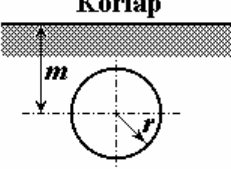
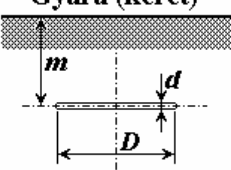
Talajfajta	ρ $\Omega.m$	Talajfajta	ρ $\Omega.m$
Talajvíz	20	Homokos talaj szárazon	60
Felületi (álló-, folyó-) víz	40	Homokos talaj nedvesen	500
Humuszos talaj	20	Kavicsos talaj nedvesen	200

Tőzegetes talaj	10	Kavicsos talaj szárazon	100
Agyag nedvesen	30	Repedéses mészkő, karszt	200
Agyag szárazon	100	Tömör, száraz szikla	6000

Az r fokozat esetén előírt földelési ellenállás a talaj ρ fajlagos ellenállásának a függvénye, amit a felülvizsgáló általában nem ismer. Ha a létesítés előtt végeztek talajvizsgálatot, akkor az erre vonatkozó jegyzőkönyv a fajlagos ellenállást is tartalmazza. A 10.4. fejezetben leírt módszerrel ugyan a talaj fajlagos ellenállást meg lehetne mérni, de az ehhez szükséges műszer és egyéb feltételek a felülvizsgálat alkalmával többnyire hiányoznak. Gyakorlatilag csak a becslés használható, amihez a 10.1. táblázatban szereplő adatok nyújtanak segítséget. A létesítés alkalmával akár méréssel, akár becsléssel meghatározott fajlagos ellenállást viszont később is el lehet fogadni, mert ebben változás csak a talaj jelentős átnedvesedése vagy éppen kiszáradása miatt fordul elő. A földelési ellenállás konkrét értékének (ellentétben a köztudattal) nem olyan nagy a jelentősége, ezért inkább a korábbihoz képest jelentős növekedésre kell figyelni, mert az a földelő korróziójára utal.

10.2. Táblázat

Földelők szétterjedési ellenállásának számítása

Földelő	Szétterjedési ellenállás
Rúd 	$\frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}$ ha $l \gg d$
Vízszintes vezető 	$\frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \ln \frac{l}{2m} \right)$ ha $l \gg d$ és ha $m \gg d$
Körlap 	$\frac{\rho}{8r} \left(1 + \frac{r}{\pi m} \right)$ ha $m > r$
Gyűrű (keret) 	$\frac{\rho}{2D\pi^2} \left(\ln \frac{8D}{d} + \ln \frac{D\pi}{2m} \right)$ ha $D \gg d$ és ha $D \gg m$

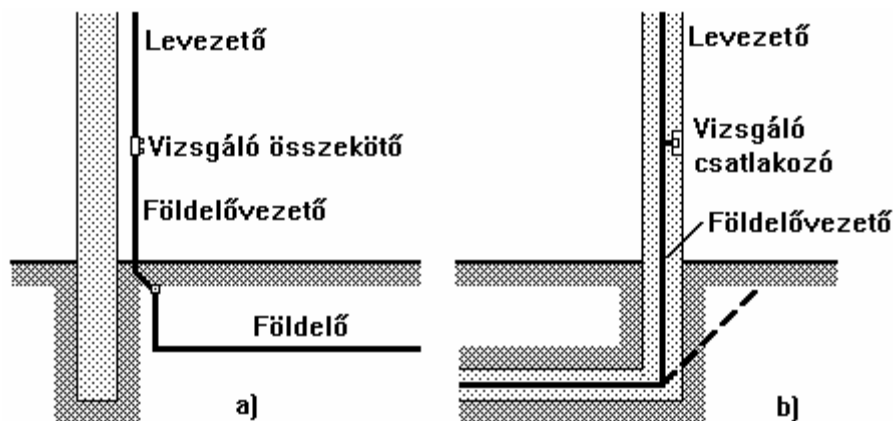
Néhány földelő szétterjedési ellenállását a 10.2. táblázatban megadott képletekkel ki lehet számítani. Ha a terület egyenlő, akkor a körlap képlete szögletes lemezföldelőre is használható. A keretföldelő gyűrűvel helyettesíthető, ha kerülete $k = D\pi$. További segítséget nyújtanak a mellékletek között található diagramok.

10.3. A földelő szerkezete

A földelésre vonatkozó magyar előírásokat az MSZ 172/1-86 szabvány tartalmazza, amely az 1000 V-nál nem nagyobb feszültségű erősáramú villamos berendezések érintésvédelmét szabályozza, de a földelők szerkezetére vonatkozó követelményei a villámvédelmi földelőkre is érvényesek.

Mindenek előtt tisztázni kell néhány alapfogalmat. A földelő olyan fémelektrod, amely közvetlenül, vagy földnedves betonon

keresztül érintkezik a talajjal. Földelés az egy létesítményhez tartozó földelők összessége. A földelőt földelővezető köti össze a földelendő tárggyal, amint villámhárító esetére a 10.7. ábra mutatja.



10.7. ábra

A levezető, a földelővezető és a földelő szemléltetése

a) bontható vizsgáló összekötővel, b) falba helyezett vizsgáló csatlakozóval

Földelő céljára általában köracélt, acélhuzalt, idomacélt acél-szalagot vagy lemezt használnak. Az acél mellett esetleg a réz játszik nálunk szerepet a földelésben, különösen akkor, ha a talaj vegyileg agresszív. Alumíniumot és ötvözeit, továbbá sárgarézet földelőnek használni tilos! Ugyanazon a földelőrendszeren belül nem szabad a földelőket különböző fémekből készíteni, mert a nedves talajban galvánelemet alkotnak és a keletkező elektrolitikus korrózió a földelő gyors pusztulását okozza. A korrózió lassítása céljából az acélból készült földelőket fém védőbevonattal, többnyire tűzi horganyozással, látják el. Szereléskor ügyelni kell arra, hogy a védőbevonat ne sérüljön meg, ill. a mégis bekövetkező sérüléseket jól tapadó (pl. bitumenes) bevonattal kell ellátni. A földelővezetőt lehet, a földelő aktív részeit viszont sohasem szabad szigetelő festékekkel bevonni.

A földelők legkisebb méreteit a korrózió határozza meg, ezért kerülni kell a vékony elemekből álló szerkezeteket, pl. sodronykötelet. Az MSZ 172/1-86 szabvány a felhasználható anyagok legkisebb megengedhető méreteire a következőket írja elő:

– korrózió ellen védett réz vagy acélvezető 16 mm^2

– korrózió ellen nem védett rézvezető	25 mm ²
acélvezető	50 mm ²

Tömör acélvezető vagy acélcső falvastagságának legalább 3 mm-nek kell lennie. A villámvédelmi földelőnek használható anyagoknak a korábbi gyakorlatban kialakult legkisebb méreteit a 10.3. táblázat foglalja össze.

10.3. táblázat

Földelő céljára használható anyagok és legkisebb méreteik

Hol?	A földelő anyaga	Rúd vagy huzal átmérője mm	Szalag, cső, idomacél		Lemez- vastagság mm
			kereszt- metszete, mm ²	vastagsága mm	
Földben	Réz	8	60	3	3
	Acél, horganyozva	8	60	3	3
	Acél, korrózió- védelem nélkül	12	100	4	4
Betonban	Acél, legalább B 225	10	100	4	–
	B 100...B 200	12	120	4	–
	B 100 alatt	16	150	4	–

A földelővezető és a földelő csatlakoztatásának időtállóknak kell lennie. Készülhet hegesztéssel és csavaros kötéssel, de a csavar legalább **M 10** méretű legyen. Valamennyi földalatti csatlakozási helyet (tehát a szalagföldelők hegesztési helyeit is) bitumennel kell bevonni. Régi, de elterjedt hiedelemmel szemben a földelőket nem szabad kocszba vagy faszénbe beágyazni. Különösen sziklás vagy száraz talajnál ajánlható viszont a bentonitos talajjavítás.

Szerkezeti kialakításukat tekintve a földelőket a következők szerint csoportosíthatjuk:

10.4. táblázat

A földelők csoportosítása

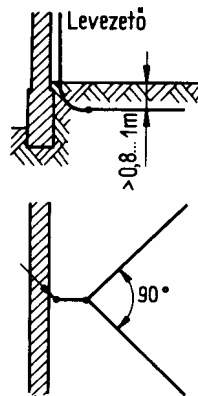


Egyedi	Összetett	Földelt fém	Betonalap
Rúd Vízszintes Lemez	Sugaras Keret, gyűrű Háló	Csővezeték Kábelköpeny Sín	Sávalap Lemezalap Kútalap

A **rúdföldelő** a faltól legalább 1 m távolságban a földbe függőlegesen lesüllyesztett, többnyire körkeresztmetszetű rúd, amelynek szilárdsági okokból legalább 20 mm az átmérője. Csövet akkor lehet használni, ha átmérője legalább 25 mm és falvastagsága megfelel a 10.3. táblázat szerinti követelményeknek. Idomacélt főleg akkor célszerű használni, ha hulladékanyagból készíthető és falvastagsága megfelel a 10.3. táblázat követelményeinek. A rúdföldelő különleges változata a *mélyföldelő*, amelynek a földfelszín közelébe eső szakasza szigetelő anyaggal van körülvéve, tehát csak a mélyebben levő része érintkezik a talajjal.

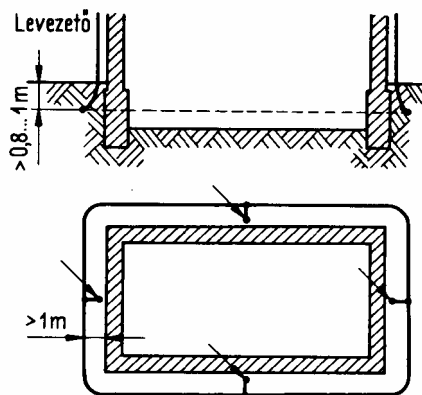
A **vízszintes földelő** a fagyhatár alatt, tehát a 10.1b ábra szerint kb. 0,7...1,0 m mélységben, a falra merőlegesen a földbe fektetett vezető. Gyakran nevezik *szalagföldelőnek*, bár sokszor nem lapos szalagból, hanem körkeresztmetszetű vezetőből készítik. A földelőt hullámosan is szokták vezetni, mert ezzel nagyobb lesz a talajjal érintkező felület. A hullámok hosszának legalább 3 m-nek kell lennie.

A **lemezföldelő** régebben általánosan elterjedt, ma viszont már ritkán használt földelőtípus. Többnyire négyszögletes lemezből készül, amelyet mindig függőlegesen kell elhelyezni, mert a vízszintes lemez alól a víz elhordja a talajt és csak az egyik oldala fog érintkezni a földdel. Az épület alapja mellett levő lemezföldelő síkjának a falra merőlegesnek kell lennie (mint a 10.1c ábrán), mert különben nem lenne megfelelő hely az áram szétterjedésére.



10.8. ábra
A sugaras földelő elhelyezése

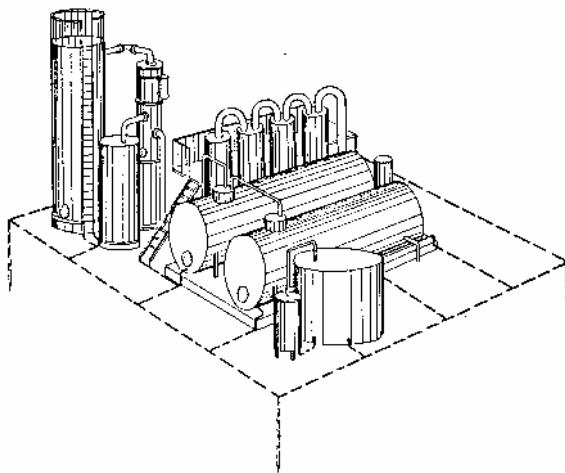
A **sugaras földelő** olyan vízszintes földelőkből áll, amelyek egy csatlakozási pontból sugarasan futnak szét a földben. Az egyes ágakból a földbe kilépő áramok zavarják egymás terjedését, ezért a 10.8. ábrán látható módon a sugarakat úgy kell elhelyezni, hogy 90° körüli szöget zárjanak be egymással és a falhoz is legalább 45° legyen. Ebből következik, hogy egyenes fal mellett kettő, saroknál legfeljebb három lehet a sugarak száma.



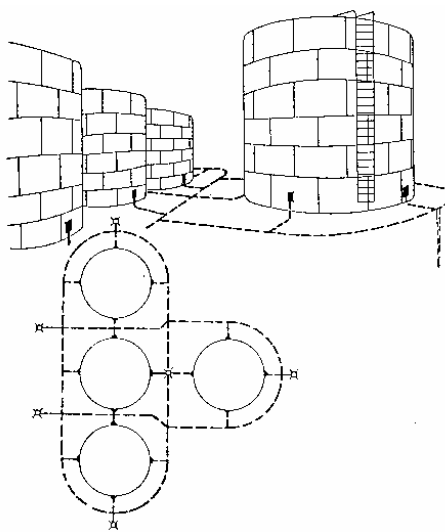
10.9. ábra
Keretföldelő az épület alapja körül

A **keretföldelő** vagy **gyűrűföldelő** az épület alapját körülvéve, a fagyhatár alatt a földbe fektetett vízszintes vezetőkkel áll (10.9. ábra). Mindig több helyen csatlakozik a villámhárító földfeletti részeihez

úgy, hogy a villámáram legalább kétfelé ágazzék el. A faltól legalább 1 m távolságot kell tartani. A gyűrűföldelő elvileg köralakú, ezért csak ott lehet megvalósítani, ahol semmi sincs körülötte a földben, viszont az épület alapját körülvevő keretföldelőt is gyakran nevezik gyűrűföldelőnek vagy földelőgyűrűnek, noha nem köralakú.



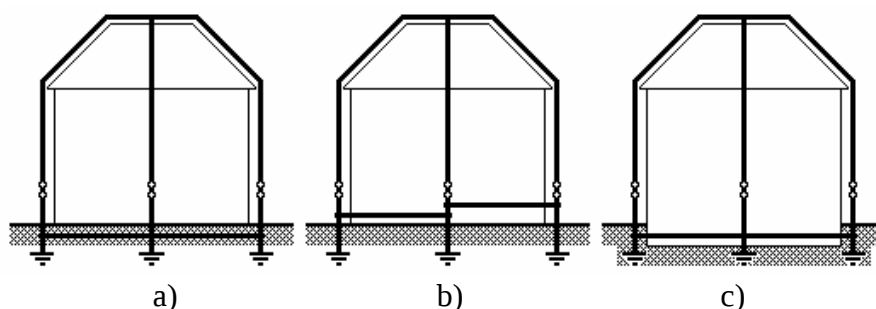
10.10. ábra
Vegyipari technológiai berendezés hálóföldelője



10.11. ábra
Fémtartályok közös földelése földelőhálóval

A **hálóföldelő** vagy *földelőháló* vízszintes földelőlécekkel kialakított, a létesítmény egész területét fedő hálózat a földben. Épület esetén már az alapozás készítése előtt le kell fektetni a földbe és később javítani sem lehet, mert ki sem lehet ásni. Ilyen hálót nem szoktak készíteni és nem is lenne célszerű, mert az alapozáskor a betonba beágyazott háló, mint betonalap-földelő ugyanazt a célt jobban megvalósítja. Hálóföldelőnek ott lehet szerepe, ahol beépítetlen területen, több földelési pont összekötésével lehet nagyfelületű földelőrendszert kialakítani. Jellegzetes példa a 10.10. ábrán bemutatott vegyiipari, szabadtéri technológiai berendezés hálóföldelője, amelyhez egyedi földelők is csatlakoznak, vagy a 10.11. ábrán látható tartálpark közös hálóföldelője. Ilyen földelőt készítenek a nagyfeszültségű szabadtéri alállomásokban is.

A **földelőcsoport** átmenetet képez az egyedi és az összetett földelők között, mert egyedi földelők összekötésével hozható létre (10.12. ábra). Főleg akkor van rá szükség, ha az eredő földelési ellenállás megfelel a követelményeknek, de az egyedi földelőké nem. Az összekötést elsősorban az a) ábra szerint a föld alatt kell megvalósítani, de ha ez nem lehetséges, a b) ábrához hasonlóan készíthető a föld felett is. Az utóbbi esetben viszont arra kell törekedni, hogy az összekötő vezeték minél közelebb legyen a földhöz és lehetőleg párhuzamosan fusson a terepszinttel. A magasságkülönbség nem haladhatja meg az 1 métert. A földelők összekötését a c) ábrán látható módon a pincetérben is ki lehet alakítani, és az így adódó hálózattal olyan összefüggő földelőrendszert lehet létrehozni, amely akár az **F4** fokozatnak is megfelel.



10.12. ábra
Földelőcsoport kialakítása a földelők összekötésével
a) a föld alatt; b) a föld fölött; c) a pincetérben

Régebben szokásos volt a földelő körül a talajba kokszt vagy faszenet tenni, ez azonban nem javítja a földelést, ezért használata tilos! A talaj sózása ugyan a földelési ellenállást csökkentené, de fokozza a korróziót és ezáltal a földelő gyors pusztulásához vezet, ezért szintén tilos a használata. Magyarországon évtizedek óta használják a földelés javítására a bentonitot. Ez agyagszerű, nedvességtartó ásvány, amelyhez esetleg kevés szódát is adagolnak. Vízzel híg oldat készíthető belőle, amivel a földelő körüli gödröt vagy fúrt lyukat kiöntik és a föld rátöltése előtt megvárják, amíg kocsonyássá keményedik. Sziklás területen robbantott üregben is hatásos, mert a beöntött bentonit behatol a repedésekbe és jelentősen javítja a földelést.

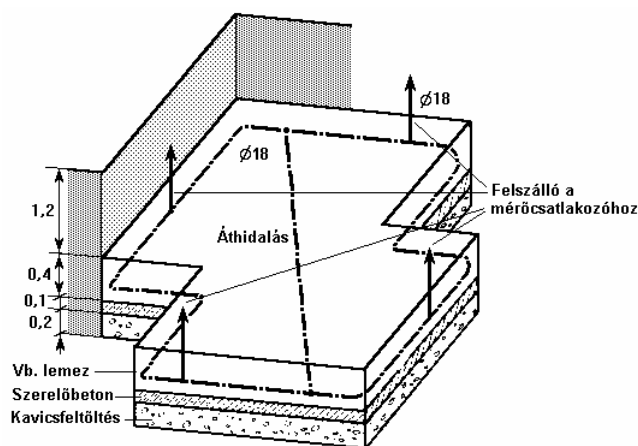
A **természetes földelők** között jelentősek a talajjal nagy felületen érintkező *fém tárgyak*, mint pl. csővezetékek, kábelköpenyek vasúti vagy más sinek, tartályok, szádpallók, stb. Ezeknél arra kell figyelni, hogy valóban érintkezzenek a talajjal, mert ellenkező esetben (pl szigetelő bevonattal) alkalmatlanok földelőnek. Másik fontos követelmény a fémes összefüggés, mert egy beiktatott szigetelő szakasz az első pillanatban jónak látszó földelést megszakíthatja. Felülvizsgálat alkalmával is figyelni kell arra, hogy időközben nem iktattak-e be szigetelést, ami pl. csővezetékeknél könnyen előfordulhat, de ellenállásméréssel kimutatható. Korrózióvédelem céljából a fémtárgyakat sokszor látják el katódvédelemmel. Ebben az esetben a földben fekvő fémcső érintkezik a talajjal, de egy készülék állandó negatív feszültséget tart rajta. Ilyenkor az okoz gondot, hogy egyrészt ez a készülék ki van téve a villámcsapás káros hatásának, másrészt a védett csővezeték el van szigetelve a hozzá csatlakozó egyéb fémtárgyaktól.

A **betonalap-földelők** a 7.2. táblázat szerint az **R4** és az **R5** rendeltetési csoportba sorolt (**A** és **B** tűzveszélyességi osztályba tartozó) épületek kivételével mindenütt lehet betonalapföldelőt használni másik vagylagosan megadott fokozatú földelő helyett. Ha tehát az épület vagy építmény betonalapja megfelel a követelményeknek, fel lehet használni természetes földelőként.

A betonalap-földelőre vonatkozó irányelveket a ma már nem hatályos *ME-04 124-79 Vasbeton alapozás alkalmazása földelés céljára* írta le. A villámvédelmi szabványok magyarázatos

kiadásában: [Villámvédelem (MSZ 274), Szabványkiadó, 1990] ez is benne van.

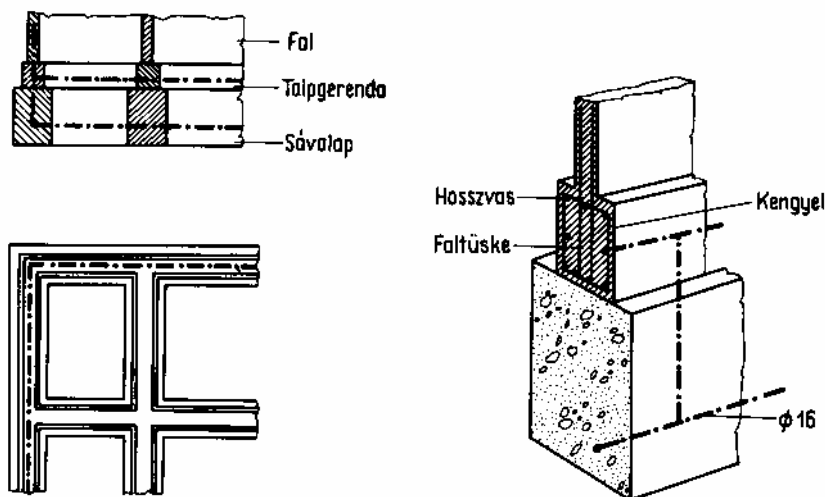
Az említett műszaki irányelvek értelmében a *betonalap-földelőt előnyben kell részesíteni az egyéb földelőkkel szemben*. Ez a megoldás nemcsak gazdasági okból indokolt, hanem mind érintésvédelmi, mind villámvédelmi szempontból kedvezőbb műszaki állapotot teremt. A kedvező szétterjedési ellenállásán kívül előnye, hogy a talajszinten hatékony potenciálkiegyenlítést valósít meg és így az egész épület potenciálja együtt emelkedik, tehát nem alakul ki veszélyes feszültségkülönbség az épületen belül. Kimutatható, hogy betonalap-földelővel kb. hétszer (de esetleg tízszer) kisebb szétterjedési ellenállást lehet elérni, mint amire a villámvédelmi szabvány értelmében szükség van!



10.13.ábra
Betalap-földelő kialakítása lemezalapon

Az épület *betonalapja* akkor használható fel földelőnek, ha a nedves talajtól *nincs elszigetelve*, és legalább egy körbenfutó acélhuzalt helyeztek el benne, amelynek átmérője legalább 6 mm, vagy olyan acélszalagot, amelynek a keresztmetszete nagyobb mint 50 mm². Az alapozásnak a talajjal érintkező betonfelületén legföljebb 50 kA/m² áramsűrűség engedhető meg. Ezt figyelembe véve a betonalap-földelőnek legalább 5...10 m² felületen kell érintkeznie a talajjal. A betonalap-földelők felépítése a 10.13...10.15. ábrákon látható.

Lemezalap készítésekor az épület teljes alapterületének a kerületén a 10.13. ábra szerint célszerű egy összefüggő körvezetőt kialakítani és a többi szerkezeti acélbetétet (ha van) ezzel összekötni. Nagy kiterjedésű épület esetén (amint az előbbi ábrán látható) a körvezető szemben levő oldalait egy vagy több helyen hegesztett vezető útján össze kell kötni egymással. Ez egyébként alkalmas az épület belsejében levő levezetők (pl. 10.17. ábra) csatlakoztatására is.

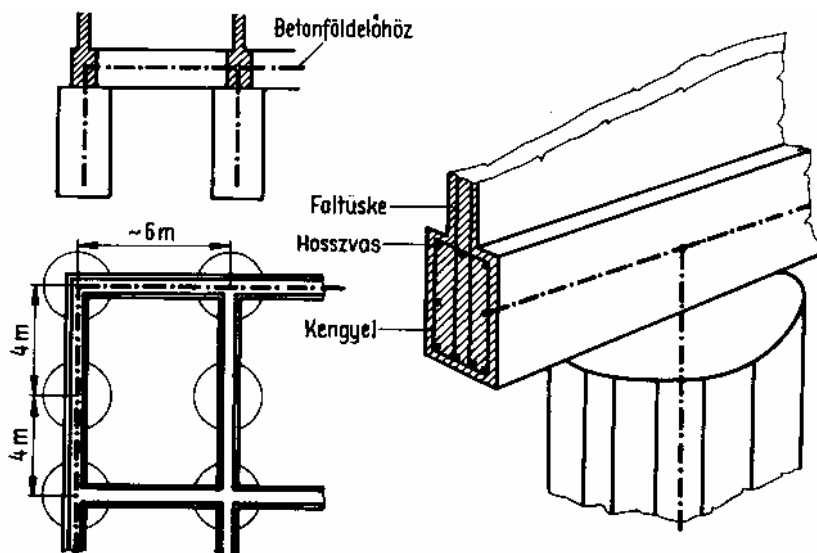


10.14. ábra
Sávalapozás felhasználása betonalap-földelőként

A **sávalapozásban** kialakított földelőt a 10.14. ábra mutatja be. Az ábrán két megoldás együtt látható. Ha a talpgerenda maga is a talajszint alatt van, akkor természetes földelőként hat és ha a benne levő acélbetétekből körvezetőt vagy hálót alakítanak ki, önmagában is megfelelő földelő lehet. Ha ez nem teljesül, akkor a szigetelés alatt levő sávalap betontestébe kell összefüggő rendszert alkotó vezetőket elhelyezni és a talpgerenda szerkezeti acélbetétjeivel, valamint a levezetőkkel összekötni.

A **kútalapozás** a 10.15. ábra szerint mélyre lenyúló, de egymástól független betontestekből áll. Az ebben elhelyezett függőleges acélbetét révén mindegyik kútalap egyedi földelőnek tekinthető, amit a rajta levő teherviselő gerendák acélbetétjei útján kell a többi kútalappal összekötni és az összefüggő beton alap-földelőket

kialakítani. Hasonló helyzet alakul ki akkor is, ha előre gyártott acélbeton cölöpöket vernek le és ezeket kötik össze a rájuk támaszkodó gerendák vagy alaplemez acélbetétjeinek felhasználásával.



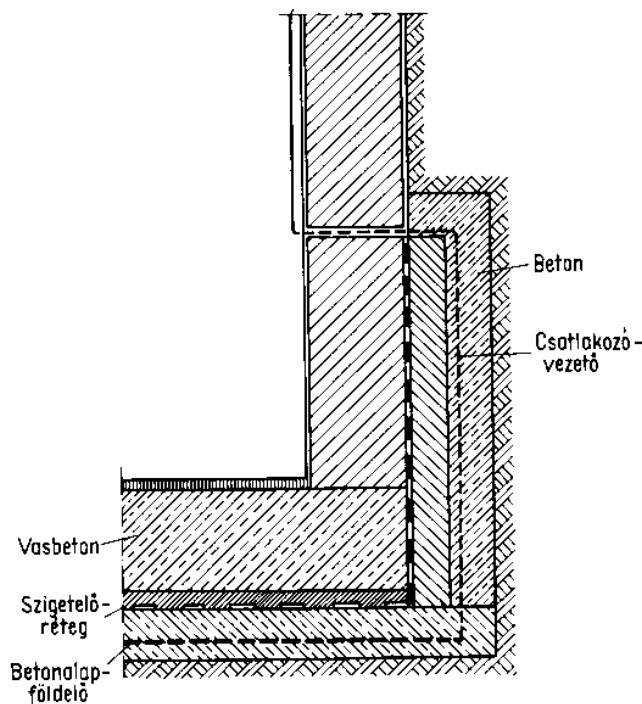
10.15. ábra
Kútalapozás felhasználása betonalap-földelőként

A **teknőalapozás** betonteste nem érintkezik közvetlenül a talajjal, hanem a vízszigetelő réteg a 10.16. ábrán látható módon teljesen körülveszi. Ebben az esetben a vasbeton alap nem alkot természetes földelőt, ezért a szigetelésen kívül levő, szerkezeti acélbetétek nélküli betonrétegben kell a földelés céljára összefüggő körvezetőt vagy hálót kialakítani. A fölszálló csatlakozóvezetőket a tömítési nehézségek csökkentése miatt az ábra szerint ugyancsak célszerű a szigetelésen kívül elhelyezni.

Az egymástól független vasbeton tömbökből álló alapozás nem alkot az **F1** fokozatnak megfelelő betonalap-földelőt. Az ilyen vasbeton alaptesteket, pl. pillérek vagy oszlopok különálló vasbeton alapjait, mint egyedi földelőket más fokozatú (**F2...F4**) földelőrendszer elemeiként lehet felhasználni.

Az **F1/x** fokozatú földelőrendszer földelési ellenállásának nagyságára nincs előírás, ezért ahol az MSZ 274/3-81 szabvány

szerint ilyen fokozat van előírva (7.2. táblázat), minden olyan betonalap-földelő megfelel, amelynek összefüggő acélbetétjei vannak és a talajjal érintkező felülete legalább 5 m^2 . Ezt a feltételt gyakorlatilag minden 1 m^3 -nél nagyobb térfogatú vasbeton alap teljesíti.



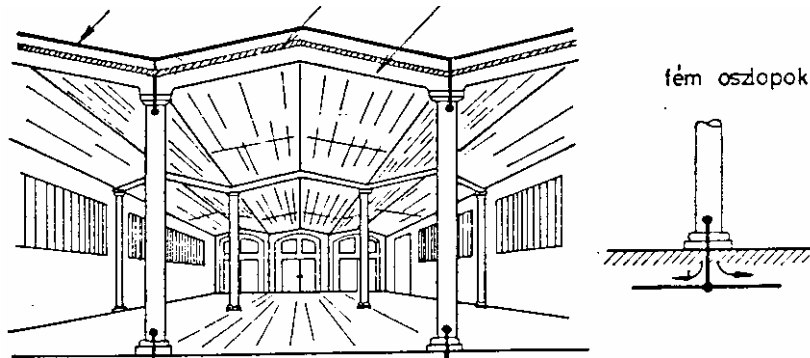
10.16. ábra
Betalap-földelő kialakítása szigetelt teknőalapozás alatt

Az **F1/r** fokozatú földelőrendszernek olyan betonlap felel meg, amelynek földelési ellenállása kisebb a $(10/2.)$ képletből adódó értéknél. Mivel a betonlap-földelő mindig megbonthatatlanul összefüggő rendszert alkot, az egyedi földelők földelési ellenállására vonatkozó követelményről nem lehet szó. Ha a betonlap-földelő egyedül nem felel meg a követelményeknek, más (pl. rúd-) földelőkkel lehet kiegészíteni a földelőrendszert.

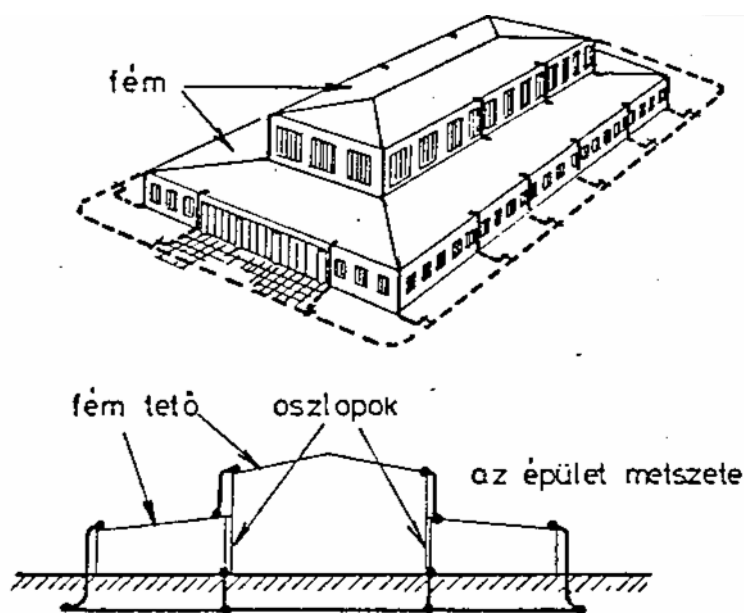
Az **F4/r** fokozatú földelés megvalósításához az épület alapjának szintjén potenciálkiegyenlítésre van szükség. Ennek a betonlap-földelő általában megfelel, ha az acélbetétek az alap teljes területén

össze vannak kötve. Ezenkívül minden levezetőnek úgy kell csatlakoznia a földelőhöz, hogy a villámáram legalább kétfelé ágazzék el.

Az előbbi követelmény egyébként a földelő szerkezetétől és előírt fokozatától függetlenül érvényes az épületek, főként a nagy alapterületű csarnokok belső tartópilléreitől a földeléshez menő levezetőkre és földelővezetőkre is. Ilyen helyen tehát mindig olyan hálóföldelőre vagy betonalap földelőre van szükség, amely a 10.17. ill. a 10.18. ábra szerint csatlakozási lehetőséget létesít az épület belsejében is.



10.17. ábra
Természetes levezetőt képező belső tartóoszlopok csatlakozása az épület földeléséhez

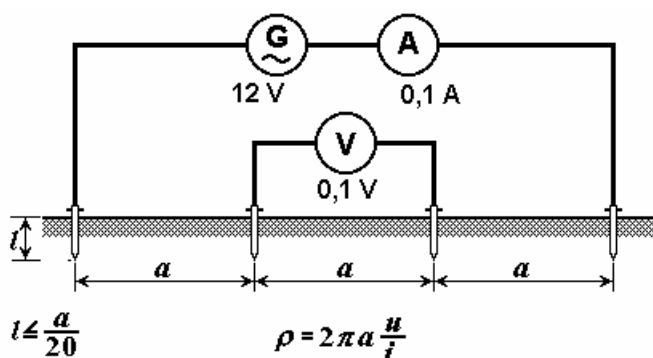


10.18. ábra
Csarnoképület levezetőinek csatlakozása a földeléshez

10.4. A földelési ellenállás mérése

A földelés a villámvédelmi berendezés fontos része, hiszen ez hivatott a villámáramot a földben szétszórni. Az elkészült földelés szemrevételezéssel nem ellenőrizhető, mert a föld alatt van, tehát az állapotát csak mérés útján tudjuk megítélni. A ezért villámvédelmi felülvizsgálat során szükség van a földelési ellenállás mérésére, valamint a különböző földelők, fémszerkezetek fémes összekötésének műszeres ellenőrzésére. Ugyancsak méréssel kell meghatározni a talaj fajlagos ellenállását, bár erre ritkábban van szükség.

A talaj fajlagos ellenállásának mérését az MSZ 4851/2-73. szabvány szerint kell elvégezni. A mérés kapcsolását a szabvány alapján a 10.19. ábra mutatja. Mivel a villámvédelem céljára használt földelők mélysége a gyakorlatban 6 méternél nem több, a mérőszondák egymás közti távolságát kb. 6 méternek célszerű választani (az ábrán az a jelű távolságot). A szondák leverési mélysége így 30 cm-re adódik.



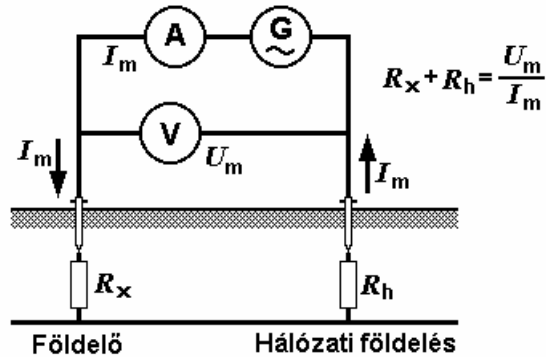
10.19. ábra
A talaj fajlagos ellenállásának mérése

A talaj fajlagos ellenállása egy adott helyen is tág határok között változhat, többnyire az időjárás hatására. Részben ez, részben pedig a mérés körülményessége indokolja, hogy viszonylag ritkán, csak különleges esetekben szokták a talaj fajlagos ellenállását méréssel meghatározni. További nehézséget okoz, főleg városi környezetben, hogy a talaj tele van különféle vezetékekkel és más fémtárgyakkal, amelyek irreálissá teszik a mért eredményeket. Sok helyen egyszerűen hozzá sem lehet férni a talajhoz. Az előbbi problémák miatt a gyakorlatban legtöbbször becsült értéket használnak, amelyhez pl. a 10.1. táblázat nyújt segítséget.

A **földelési ellenállás** mérését szintén az MSZ 4851/2-73 szabvány előírásai alapján kell elvégezni. Ehhez tisztázni kell néhány alapfogalmat. Földelési ellenállásnak nevezzük a földelőhöz való csatlakozás és a távoli, nulla potenciálúnak tekintett pont (ahol $U = 0$) közötti ellenállást. Ez a földelővezető ellenállásából és a földben szétfolyó áram útjába eső **szétterjedési ellenállásból** áll. Az utóbbi tehát nem tartalmazza a földelőhöz tartozó fémszerkezetek ellenállását, hanem csak a földét. A szétterjedési ellenállás tulajdonképpen nem is mérhető, de a fémalkatrészek kis ellenállása miatt csaknem egyenlő a mért földelési ellenállással.

A *hurokellenállás mérése* a földelési ellenállás ellenőrzésének legegyszerűbb módja. A gyakorlatban főleg érintésvédelmi földelések ellenőrzésére használják. A mérés kapcsolási vázlatát a 10.20. ábra mutatja, amelyből az is látható, hogy a mért érték a földelési ellenállás

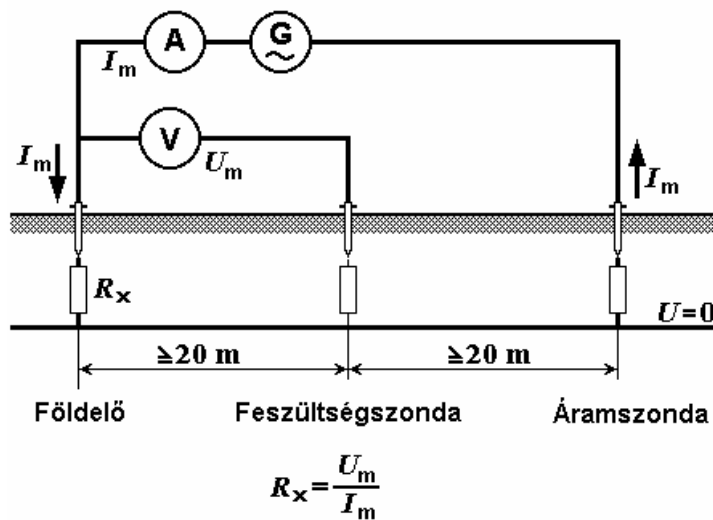
mellett a felhasznált segédföldelő (pl. hálózati földelő) ellenállását is magába foglalja.



10.20. ábra

A hurokellenállás mérésének kapcsolási vázlata

A földelési ellenállás mérése "gyengeáramú" vagy "erősáramú" módszerrel végezhető el. Mindkét esetben használható a volt/amper mérés elve, amikor külön műszerrel mérik meg a földelőn folyó I_m áramot és a távoli nulla ponthoz viszonyítva rajta keletkező U_m feszültségemelkedést. A földelési ellenállás ezekből az Ohm-törvénnyel számítható ki.

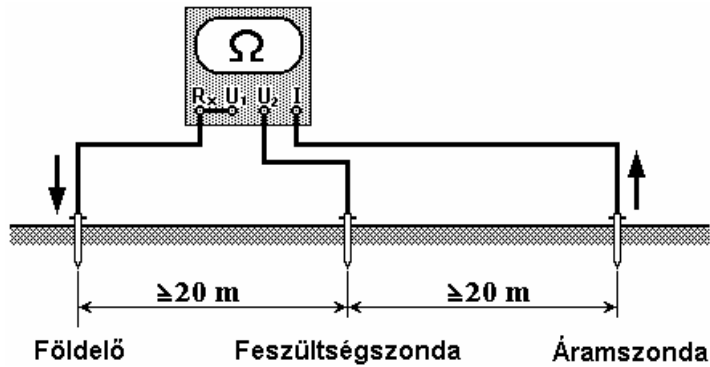


10.21. ábra

A földelési ellenállás mérése gyengeáramú volt/amper módszerrel

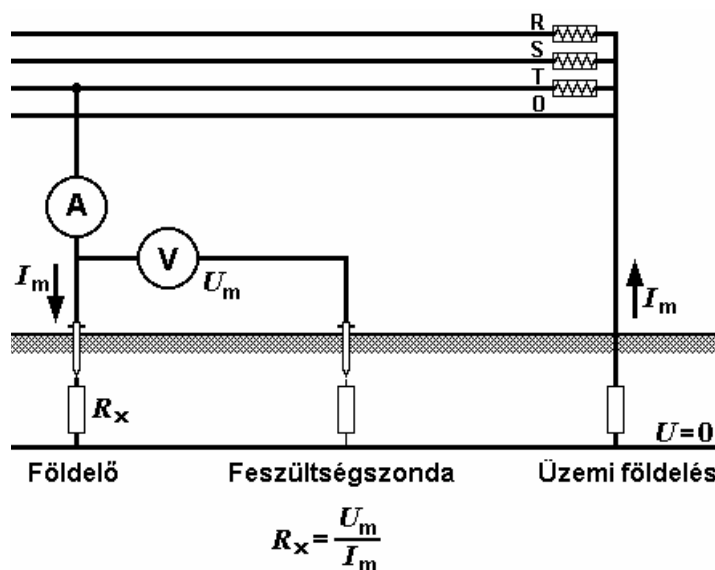
A *gyengeáramú volt/amper mérési módszer* vázlatát a 10.21. ábra mutatja. Eszerint a mérendő földelőtől viszonylag nagy távolságra (min.20-20 méter) még két szondát kell elhelyezni a földben, amelyek közül a távolabbi áramszonda egy másik földelő is lehet. A helyi áramforrás, amelyet a kapcsolási rajzban a G generátor jelöl, váltakozó áramot hajt át a mérendő földelő, a föld és az áramszonda által alkotott áramkörön. A feszültségshondának olyan helyen kell lennie, amely elég távol van mind a mérendő földelőtől, mind az áramszondától és ahol a föld potenciálja várhatóan nulla. Ezen a szondán csak a voltmérő elhanyagolhatóan kicsi árama folyik a földbe, ezért a szonda földelési ellenállásának nincs hatása. A voltmérő nem méri az áramszondán eső feszültséget, tehát annak a földelési ellenállása sem játszik szerepet. A földelési ellenállást az Ohm-törvény alapján lehet a 10.21. ábrán látható képlettel kiszámítani.

A *gyengeáramú földelési ellenállásmérő műszer* közvetlenül ellenállás-értéket mutat, de működési elve ugyanúgy a földelőn folyó áram és a rajta keletkező feszültségemelkedés hányadosán alapul. Az áramforrás, valamint a mérőelemek ugyanabban a műszerben vannak elhelyezve. A kereszttekercses műszer kitérése közvetlenül a feszültség és az áram hányadosával, tehát az ellenállással arányos. A mérésnek a 10.22. ábrán látható kapcsolása lényegében megegyezik az előző kapcsolással, de a szondák ugyanahhoz a műszerhez csatlakoznak. A kapcsok sorrendje balról jobbra: R_x , azaz a mérendő földelő csatlakozója, U_1 és U_2 a feszültségshonda csatlakozói, I az áramszonda csatlakozója. Természetesen más jelölések is előfordulnak. Az R_x és az U_1 csatlakozókapocs az ábrán össze van kötve egymással és sok műszeren nincs is két kapocs a feszültségshondához. Az összekötést megbontva, a műszer a föld fajlagos ellenállásának mérésére is használható a 10.19. ábra szerinti kapcsolásban.



10.22. ábra
A földelési ellenállás mérése gyengeáramú mérőműszerrel

Az *erősáramú volt/amper mérési módszer* a szabvány szerint elsősorban ajánlott eljárás a földelési ellenállás mérésére. Villám-védelmi földelők ellenőrzésekor az I_m mérőáram erősségének legalább 1 A-nek kell lennie, de célszerű inkább 5 A-rel mérni. A feszültségkör belső ellenállása 4000 Ω felett legyen, hogy a feszültségsondán ne lépjen fel feszültségesés. A méréshez használt műszerek legalább 2,5 osztálypontosságúak legyenek. A mérés kapcsolása a 10.23. ábra szerint elvileg ugyanaz, mint a 10.21. ábrán, de az áramforrás a hálózati transzformátor, az áramsonda pedig a transzformátor csillagpontjának üzemi földelése. Helyette a 0 vezetőhöz csatlakozó, könnyebben elérhető egyéb földelőt is lehet használni.



10.23. ábra
A földelési ellenállás mérése erősáramú módszerrel

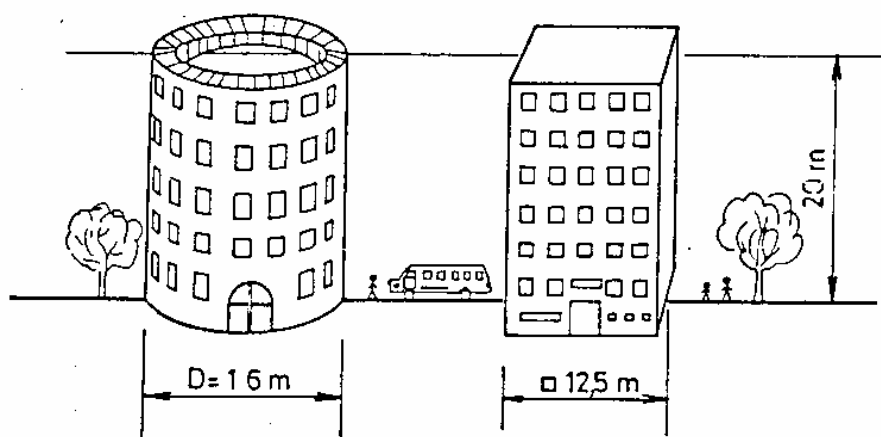
A földelési ellenállás mérésére bemutatott szabványos mérési módszerek egyike sem azt a földelési ellenállást méri, amely villámáram levezetésekor a földelõn keletkezõ feszültségemelkedést határozza meg. Gyorsan változó áramlökés esetén ugyanis a földelõk induktivitása miatt a távolabbi részek hatása alig érvényesül. A földelõt alkotó vezetõk hatásos hossza kb. addig terjed, ameddig az áramhullám a csúcsértékének eléréséig eljut. A terjedési sebesség kb. 150 m/µs, aminek meredek homlokú hullám esetén 100...200 m távolság felel meg. A villámáram nagysága miatt a földelõ körül átütések is keletkeznek a talajban, amelyek az elõbb említett hatással ellentétben, csökkentik a földelõ lökõhullámú ellenállását. A lökõhullámú ellenállás azonban csak elméletileg létezik, mert a fogalom sem határozható meg egyértelmûen, méréséhez pedig laboratóriumi berendezés szükséges, ezért mindenütt az ebben a fejezetben leírt szabványos mérési módszerekkel ellenõrzik a villámvédelmi földelõket is.

11. Különleges épületek és építmények villámvédelme

Az itt tárgyalt létesítményekre is érvényes a villámvédelem valamennyi általános alapelve és alapszabálya. A szabvány azonban – elsősorban a helytelen kivitelezések elkerülése, de nem utolsósorban a költséges, felesleges túlzások elkerülése érdekében – részletesen is szabályozza a következőkben felsorolt létesítmények villámvédelmével szemben támasztott követelményeket.

11.1. Tornyok

Az MSZ 274/1-77 szabvány 3.8. szakasza értelmében torony az a 20 m-nél magasabb épület vagy építmény, amelynek kerülete nem éri el az 50 métert. Ebből a szempontból tehát nemcsak a hagyományos értelemben vett "torony" minősül toronynak, hanem minden, kis alapterületű, magas építmény. A 11.1. ábra kör és négyzet alapú építménnyel szemlélteti a torony és az épület között azt a határesetet, amikor a magasság is a kerület is éppen a szabványban meghatározott határértékekkel egyenlő.



11.1. ábra

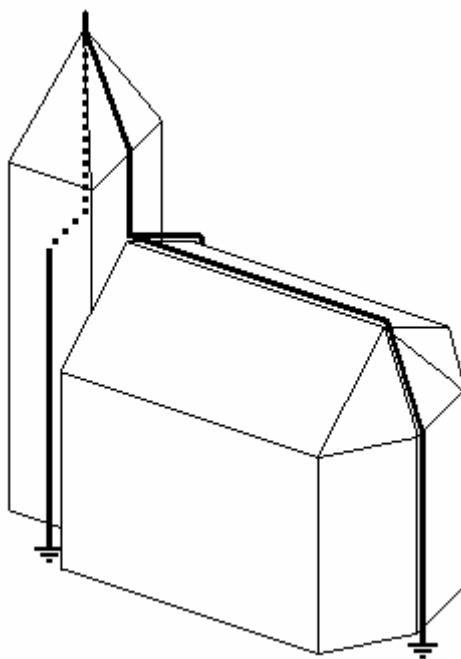
A torony és az épület közötti határeset két példája

Az ábrából látható, hogy villámvédelmi szempontból olyan építmény is minősülhet toronynak, amely a hétköznapi értelemben közönséges épület. Ez azért lényeges, mert lehet, hogy mint épületre

nem kellene villámhárító, de mint toronyra, igen! A tornyok állhatnak egyedül, de legalább ilyen gyakoriak az épülettel egybeépített tornyok is (pl. templomok).

Az *egyedülálló tornyok* védendő felületéhez tartozó peremén és valamennyi kiguró részén (pl. erkély, körerkély, stb.) felfogót kell elhelyezni; ez azonban lehet a természetes felfogónak felhasznált fémkorlát, párkány, stb. Legalább két levezetőt kell létesíteni akkor is, ha a levezetőnek a 7.2. táblázat szerinti fokozata **L2** is lehetne.

Az *épülettel egybeépített tornyokra* ugyanazok az előírások vonatkoznak, mint az egyedülálló tornyokra. Ha a torony legalább 5 méterrel nem haladja meg az épület magasságát, nem toronymag, hanem az épület részének kell tekinteni. Előírás, hogy legalább egy levezetőnek a legrövidebb úton kell lefutnia, a többi levezető pedig az alacsonyabb épület villámhárító berendezésének útján vezethető le a földeléshez (11.2. ábra). Különösen templomtornyokra jellemző, hogy nagy fémszerkezetek vannak benne, mint pl. harangok és óraszerkezet. Ezeket össze kell kötni a villámhárítóval, ezért az egyik levezetőnek legalább egy szakaszát célszerű a torony belsejében vezetni.



10.2. ábra

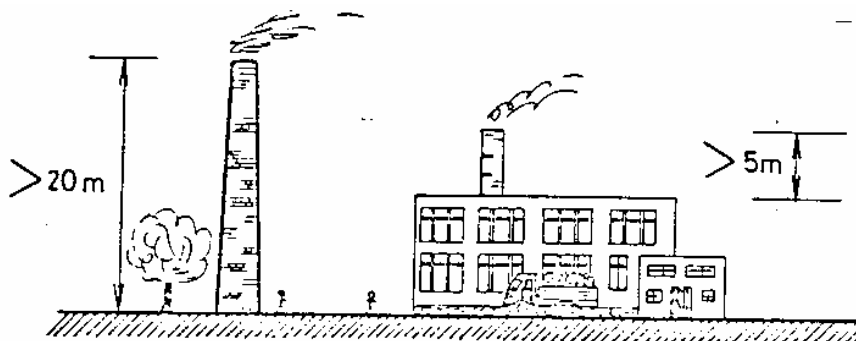
A templommal egybeépült torony villámhárítója

A *fém vagy vasbeton tornyokat* nem kell külön felfogóval és levezetővel ellátni, mert ezek természetes felfogónak illetve levezetőnek tekinthetők és így a földelésük is elegendő. A földelésnek ki kell elégítenie az épületekre érvényes módszer alapján megállapított fokozat követelményeit.

Az egyedülálló tornyok gyakran látható példája a *víztorony*, vagy *víztározó*. A *hidroglóbusz* teljes egészében fémből készült, kis térfogatú, 50-150 m³-es víztározó, amelynek kihorgonyozó szerkezeteit alsó végükön földelni kell, de a földelési ellenállás értékére vonatkozóan nincs előírás. A hidroglóbusz alapozása, a hozzá csatlakozó vízcsővel, valamint a kihorgonyozások alapozásával együtt már eleve megfelelő földelést hoz létre. A nagyobb tározók, az ún. *magastározók* általában vasbetonból készülnek, magasságuk gyakran jóval meghaladja az 50 m-t és a térfogatuk néhány ezer m³ is lehet. A tetejükön elhelyezett korlát természetes felfogónak megfelelő, maga a betonban levő acélbetétek pedig természetes levezetőknek és földelőnek tekinthetők, ha össze vannak kötve egymással. Ezeknél a tározóknál tehát kívülről nem föltétlenül látható a villámhárító.

11.2. Kémények és kürtők

Az MSZ 274/3-81 szabvány 9.3.1 szakasza értelmében ide tartoznak a 20 méternél magasabb egyedülálló kémények, valamint azok az épülettel összeépített kémények, amelyek legalább 5 méterrel meghaladják az épület magasságát. A 11.3. ábra az itt megadott mérethatároknak megfelelő határesetekre mutat példákat.



11.3. ábra

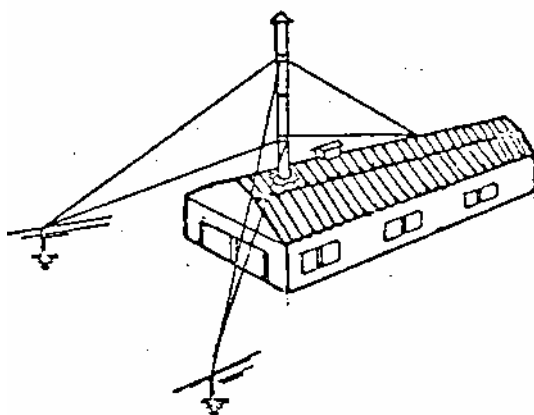
A kémény meghatározásának esetei villámvédelem szempontjából

Bár nem villámvédelmi fogalmak, de meg kell említeni, hogy a kémények égéstermékeket, főleg gázokat és pernyét, a kürtők pedig egyéb gázokat, gőzöket és port juttatnak a légterbe. A kibocsátott anyagtól függően a kémény vagy kürtő környezetében gyakran fordul elő szennyezett légtér, amit a villámhárító kialakításakor figyelembe kell venni (lásd az 5.5 szakaszt is).

A kémény vagy kürtő rendeltetés szerinti besorolása gyakorlatilag csak kétféle lehet, mégpedig:

- akkor, ha robbanóképes anyagok nincsenek, vagy nem gyűlhetnek össze benne, az **R1** csoportba tartozik;
- akkor, ha robbanóképes gázelegy keletkezésével kell számolni, az **R4** vagy az **R5** csoportba tartozik.

A *fém*ből készült kémények és kürtők ugyanúgy természetes felfogót és levezetőt alkotnak, mint a fémtornyok és földelésükre is ugyanazok a szabályok vonatkoznak, mint a fém



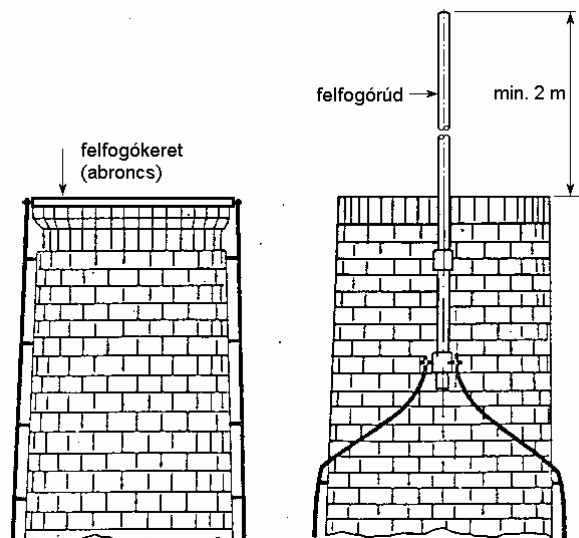
11.4. ábra

Fém

A nem éghető termékeket kibocsátó kémény vagy kürtő esetén, ha a 7.1. táblázat szerint **V2** fokozatú felfogó van előírva,

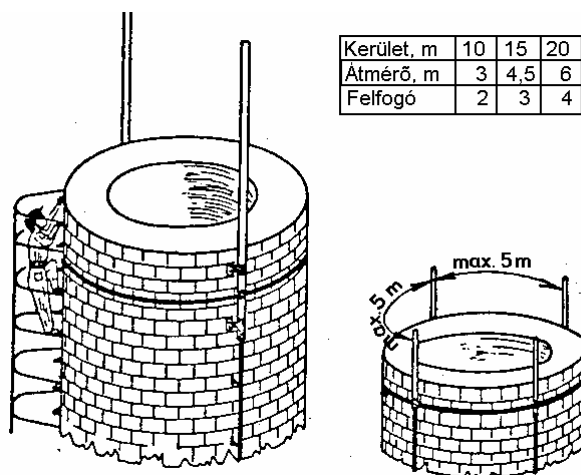
- vagy a külső peremen körbenfutó abroncsot,
- vagy a kémény, kürtő fölé legalább 2 méter magasan túlnyúló felfogórúdat kell elhelyezni.

A levezetők fokozata nem lehet L2 és közöttük legalább 1 méter távolságnak kell lennie. A földelés szükséges fokozatát a magassági csoportnak megfelelően kell megállapítani. Ilyen kémények felfogóit mutatja a 11.5. ábra.



11.5. ábra

Nem éghető termék kibocsátó kémény villámvédelme.



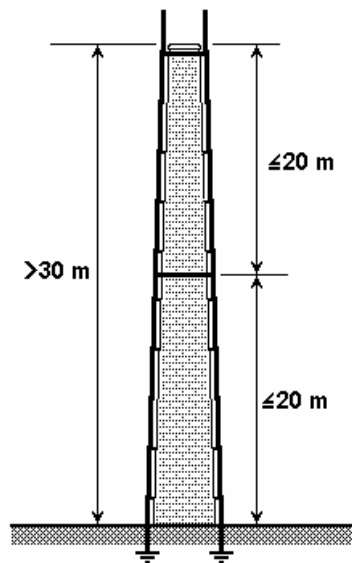
11.6. ábra

Éghető vagy robbanásveszélyes anyagot kibocsátó kémény villámvédelme

Az éghető gázokat kibocsátó a kéményeket és kürtöket, vagy ha robbanóképes gázelegy gyűlhet össze bennük, az MSZ 274/3-81. szabvány 9.3.3 szakasza szerint két vagy több felfogórúddal kell ellátni. Ezeknek a 11.6. ábra szerint legalább 2 méterrel a kémény vagy kürtő pereme fölé kell nyúlniuk és a közöttük lévő távolság, a kerület mentén mérve ne haladja meg az 5 métert.

A 11.6. ábrán a baloldali rajz azt a határesetet szemlélteti, ahol még éppen elegendő a két felfogórúd. Gyakorlati szabály, hogy annyi felfogórúd szükséges, ahányszor másfél méter a kémény felső peremének átmérője.

Ha a kéményben, kürtőben robbanóképes gáz- vagy gőzkeverék keletkezhet, visszalobbanást gátló készülék beépítése is kötelező. Ez olyan szerkezet, amely megakadályozza az esetleges tűz, vagy belobbanás továbbterjedését.

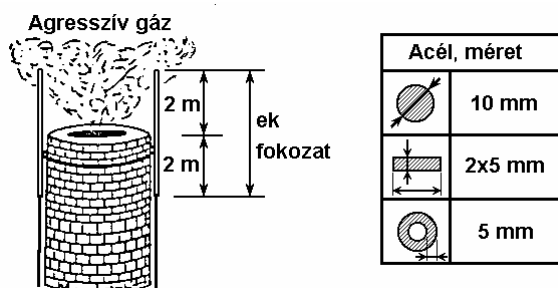


11.7. ábra

A levezetők vízszintes összekötési helye magas kéményen

A kéményeken legalább két levezetőnek kell lennie, de ezek között a kerület mentén mérve egyik irányban sem lehet nagyobb a

távolság, mint 20 méter. A 30 méternél magasabb kémények levezetőit legföljebb 20 méterenként vízszintesen össze kell kötni (11.7. ábra).



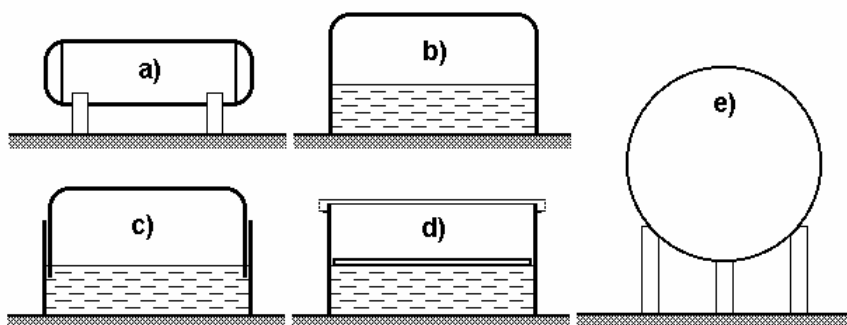
11.8.ábra

Az agresszív gázok kiáramlási helyén "ek" fokozatú elemeket kell használni

A korrozíót okozó gázokat szállító kémények felfogóit és a kémény peremétől lefelé számított 2 méteres vezetékszakaszt **ek** fokozatúra kell készíteni (11.8. ábra). A füstgázoknak az acél-aluminium vezetők állnak ellen a legjobban, így kazánok kéményein elhelyezett villámhárítóknál ezeket kell előnyben részesíteni.

11.3. Fémtartályok

A különféle anyagok tárolására használt fémtartályok méretei szélsőséges határok közt változnak. Alakjuk változatos, amint a 11.9. ábra, is mutatja. A kisebb térfogatú tartályok téglatest alakúak is lehetnek, ezeket alakos tartályoknak nevezik. Elhelyezésüket illetően lehetnek épületben vagy szabadban ill. a föld felett, félig a földbe süllyesztve vagy akár a föld alatt. Villámvédelmük kialakításával az MSZ 274/3-81. szabvány 9.4 szakasza foglalkozik.



11.9. ábra

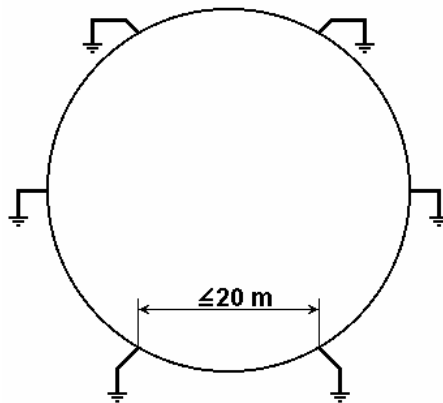
A leggyakrabban használt tartálytípusok

a) fekvő hengeres; b) álló hengeres; c) teleszkópos; d) úszótetős; e) gömb

A fémtartályok villámvédelmének ellenőrzését ugyanúgy kell elvégezni, mint az épületekét, ezért a szabvány vonatkozó előírásait összefoglalva csak az eltéréseket, illetve a különleges követelményeket ismertetjük.

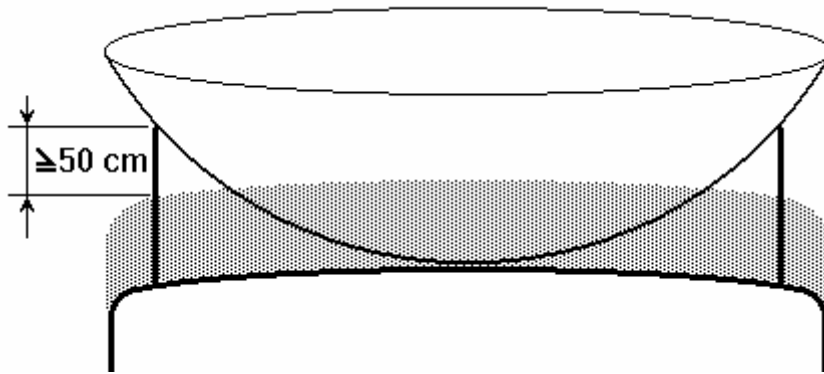
A felülvizsgálatot mindig a besorolással és a villámhárító szükséges fokozatának a megállapításával kell kezdeni. Mivel fémtartályokról van szó, a tető általában a **T1** csoportba, a tartály fala pedig a **K1** csoportba tartozik, ezért csaknem minden esetben természetes felfogó és levezető használható. A tűz és robbanásveszélyes anyagot tartalmazó tartályok is csak akkor képeznek kivételt, ha a 6.15. ábra szerint a tetőt **T4** vagy **T5** csoportba kell besorolni.

V1–L1 fokozatú villámhárító, azaz *természetes felfogó és levezető* esetén csak földelésről kell gondoskodni. Ha a tartály maga, vagy a hozzá csatlakozó csővezetékhalózat szigetelés nélkül érintkezik a talajjal, akkor természetes földelő is adódik. Egyébként a tartályt földelni kell. Mivel ebben az esetben nincsenek levezetők, a földelési csatlakozások számát és helyét nem lehet az épületekre vonatkozó szabályok alapján meghatározni, hanem a szabvány előírása szerint a földelővezetőket úgy kell elhelyezni, hogy csatlakozási pontjaik (légvonalban) ne legyenek 20 m-nél nagyobb távolságra egymástól.



11.10. ábra
A földelővezetők csatlakozási helyének távolsága

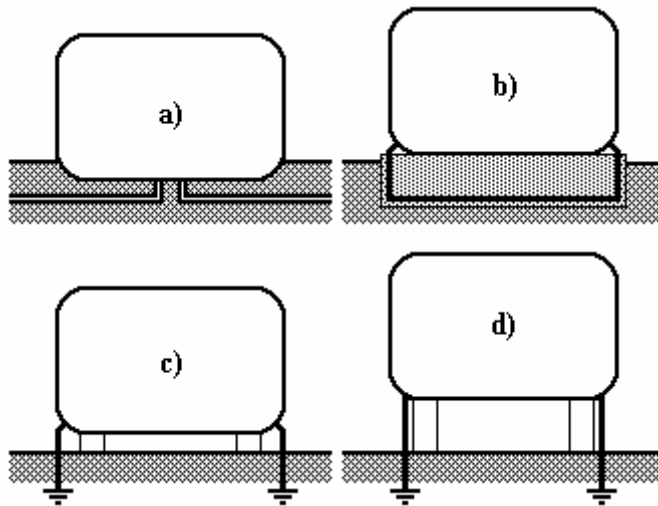
V4, V5, V6 fokozatú felfogó van előírva az olyan fémtartályokra, amelyek természetes felfogónak nem használhatók. Bár a **V4** fokozat esetén más szerkesztési eljárás is használható lenne, fémtartályoknál csak a gördülő gömb módszernek van gyakorlati jelentősége. A gömb sugarát a 8.1. fejezet szerint az előírt fokozatnak megfelelően kell meghatározni. Különösen a túlzások miatt fontos szabály, hogy a felfogót érintő gömbnek a *tartály fémfelületét nem szabad metszenie*, de a fölötte levő robbanásveszélyes légtérbe behatolhat (11.11. ábra).



11.11. ábra
Gördülő gömbbel végzett szerkesztés
c fokozatú felfogó és robbanásveszélyes légtér esetén

A **c fokozatú** felfogó azt jelenti, hogy a feltételezett becsapási pontnak kell az ábra szerint a fokozatra előírt 50 cm-nél nagyobb távolságban lennie a tartály tetején vagy fölötte levő tűzveszélyes felülettől. Ha csak a tartály belsejében van tűzveszélyes anyag, de a fémlemez vastagsága nem felel meg a **T1** besorolás követelményeinek, vagy a tetőfelületen gyúlékony anyag lerakódásával kell számolni, akkor a tűzveszélyes felület a tartálytető felülete. Abban az esetben viszont, ha a tartály fölött robbanásveszélyes légtér kialakulásával kell számolni, ennek a légtérnek a felső határfelületét kell figyelembe venni. Ezt az esetet mutatja a 11.11. ábra. Ez általában azonos az MSZ 1600/8-77 szabvány 1. táblázata szerint meghatározott veszélyességi övezet felső határával, amelyet az adott gáz vagy gőz

relatív sűrűsége alapján kell kiszámítani, viszont villámvédelem szempontjából legfeljebb 2 métert kell figyelembe venni. Fontos részlet, hogy az előírt távolság a várható becsapási pontra vonatkozik, maga a felfogórúd bemehet az övezetbe és hegesztéssel közvetlenül a tartályhoz lehet rögzíteni.



11.12. ábra

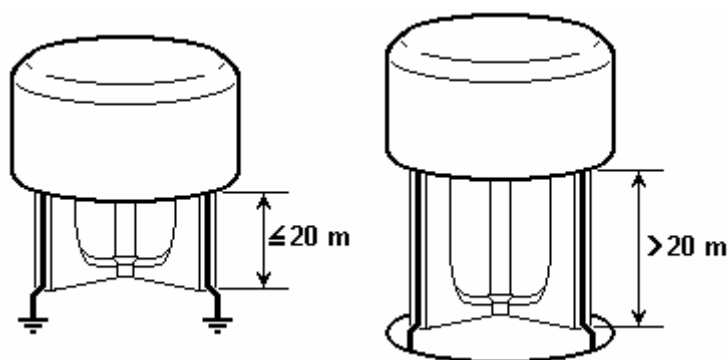
Fémtartályok földelésének kialakítása

- a) természetes földelő; b) betonalap-földelő;
c) egyedi földelők; d) levezetőhöz csatlakozó földelők

A fémtartályok *földelőinek* kialakítására több lehetőség van. A talajjal érintkező tartály és csővezeték a 11.12a ábra szerint természetes földelést hoz létre, tehát további földelő telepítésére általában nincs szükség. A b) ábra szerint betonalap-földelő is használható, ha a tartály alapozása megfelel a követelményeknek. A földtől szigetelt tartályt a c) ábra szerint viszonylag rövid földelővezetők és egyedi földelők útján lehet földelni. A magasabb, nem vezető tartószerkezeten levő tartályhoz a d) ábrához hasonló levezetőket kell elhelyezni és ezekkel lehet a földeléshez csatlakozni. A c) és a d) ábrán bemutatott esetben a földelővezetéket ill. a levezetőket a 11.10. ábra szerint kell elhelyezni.

A megengedhető legnagyobb földelési ellenállást ugyanúgy kell meghatározni, mint az épületek esetében. A (10/1) vagy a (10/2) képlet alkalmazásakor a tartály függőleges vetületének alapterületét

kell számításba venni. Bár a fémtartályok természetes földelése általában jóval a képletből adódó megengedett érték alatt van, mégis indokolt lehet a jól meghatározott (és nem véletlenszerűen adódó) helyeken való biztos földelés. A fémtartály mindig összeköti egymással a földelőket és így az előírástól függetlenül **F4** fokozatú földelés alakul ki. Ezek szerint akkor sem kell a földelőket a föld alatt összekötni egymással, ha **F4** fokozat van előírva és a tartály szigetelő állványon van, de magassága nem haladja meg a 20 métert. Ha viszont a szigetelő állvány magassága olyan, hogy valamelyik levezető hossza 20 méternél nagyobb, akkor a 11.13. ábrán látható módon körföldelőt kell készíteni vagy a földelőket a talajban össze kell kötni egymással.



11.13. ábra

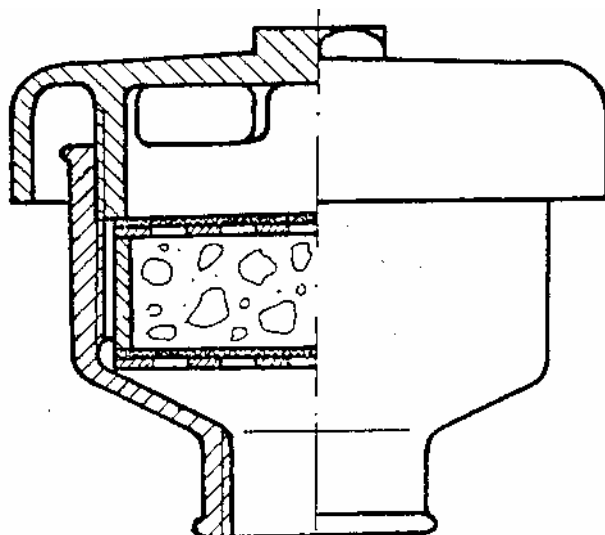
Fémtartály **F4** fokozatú földelésének a magasságtól függő kialakítása

A gyakorlatban sokszor több, egy technológiai berendezéshez tartozó tartály és csővezeték van egy adott területen. A robbanás-veszélyes épületek és berendezések védelmére a szabvány **F4** elrendezési fokozatú földelést ír elő. Ezt legcélszerűbben földelőhálóval lehet megvalósítani, amelyhez az egy technológiai egységhez tartozó és egy helyre telepített tartályok, valamint csővezetékek csatlakoznak. Erre mutatott gyakorlati példát a 10.11. ábra.

A teleszkópos és az úszótetős tartályoknak, amint a 11.9. ábrán a c) és d) példákban látható, olyan mozgó elemei vannak, amelyek nem csatlakoznak fémesen a földelt részekhez. Ezeket legalább 100 mm^2 keresztmetszetű vezetővel át kell hidalni úgy, hogy az összekötő vezető a lehető legrövidebb legyen, de a tartályrész mozgása közben ne feszülhessen meg. Ez az összekötő vezető a tartály belsejében, akár

tűz- és robbanásveszélyes anyagban is haladhat, de ebben az esetben a felülvizsgálat alkalmával ellenállásméréssel feltétlenül ellenőrizni kell a folytonosságát.

A tartályból kiáramló robbanóképes gázelegy villámcsapás alkalmával többször okozott robbanást, mert érintkezésbe került a forró villámcsatornával és a kiáramlást lehetővé tevő nyíláson át a keletkezett tűz bejutott a tartály belsejébe is. Ilyen eset bármilyen tartálynál előfordulhat, akár van rajta felfogó, akár természetes felfogóként működik, sőt még föld alatti tartálynál sincs kizárva. Az **R4** vagy **R5** csoportba tartozó tűz- és robbanásveszélyes tartályok többségén is van olyan lélegző nyílás, ahol az említett kiáramlás létrejöhet, ezért ezeket a külső térben keletkezett tűz behatolását megakadályozó belobbanásgátló készülékkel kell ellátni. Ennek egyik megoldását mutatja a 11.14. ábra. Felülvizsgálat alkalmával ettől függetlenül célszerű ellenőrizni, hogy nincsenek-e a tartály fedelén nem megfelelően zárt egyéb nyílások, pl. a búvónyílás leszorító csavarjai helyükön vannak-e és meghúzták-e őket.



11.14. ábra

Belobbanásgátló üzemanyag töltőállomások és tárolótelepek tartályaihoz

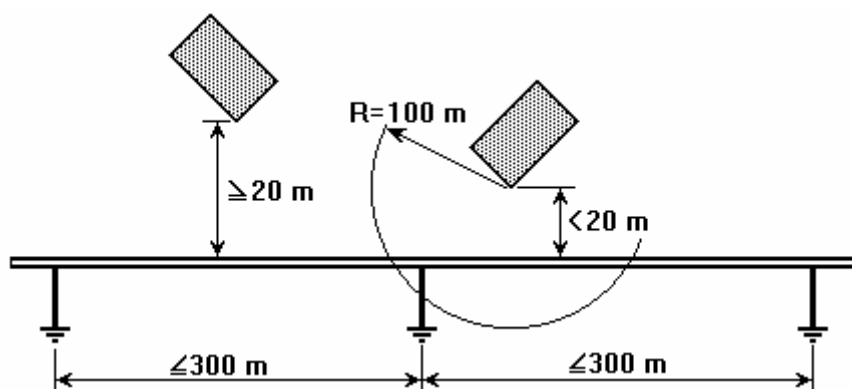
A fémtartályok villámvédelmi vezetőire **n** méretfokozat nem állapítható meg, ezért pl. acélhuzal esetén a legkisebb átmérő 8 mm.

A nagyobb térfogatú, **R4** és **R5** besorolású tűz- és robbanás-veszélyes tartályokat körgáttal veszik körül. Tűz esetén a tartály körüli medencét tűzoltó anyaggal áraszthatják el, ami a villámcsapás veszélyes következményeit is eredményesen csökkentheti.

A tartály belsejébe behatoló villamos és jelátviteli berendezések (jelző- és működtető áramkörök, stb.) elemeit a belül levő **A**, **B** vagy **C** tűzveszélyességi osztályú anyagtól legalább 1 mm vastag acéllemezrel kell elválasztani. Ezen túlmenően az ilyen berendezéseket el kell látni elektromágneses villámimpulzus elleni védelemmel a 13. fejezetben ismertetett előírások szerint.

11.4. Csővezetékek

Az MSZ 274/3-81. szabvány 9.5. szakasza tárgyalja a csővezetékek villámvédelmét. Az itt előírtakat értelemszerűen kell alkalmazni kerítésekre, hidakra, drótkötélpályákra és hasonló hosszú, összefüggő, földfelszín felett haladó fémszerkezetekre.

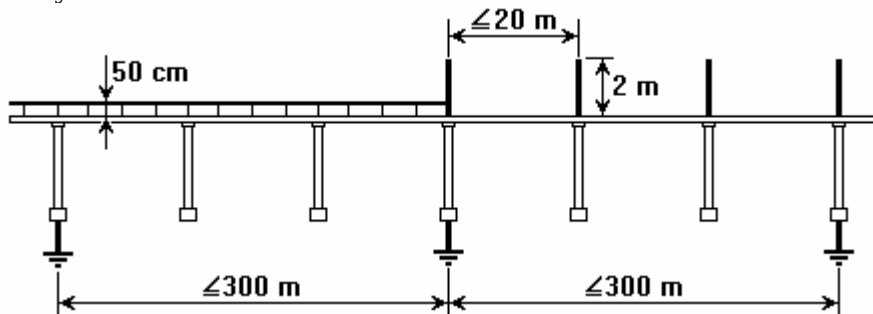


11.15. ábra
A csővezeték villámvédelmi földeléseinek helye

A fémből készült csővezetékek különféle anyagokat szállíthatnak, és villámvédelmükről akkor kell gondoskodni, ha a föld felett vagy nyitott árokban futnak. Legismertebbek a gáz- és olajvezetékek, de ipari üzemekben más anyagok is előfordulnak. A fém csővezetékek villámvédelmének kialakítására hasonló alapelvek érvényesek, mint a fémtartályokéra. Az egyirányban nagy kiterjedésű fémépítményekre általános követelmény, hogy ezeket *300 méterenként földelni kell*. Ha közvetlen földelésre nincs lehetőség, szikraközt kell beiktatni a

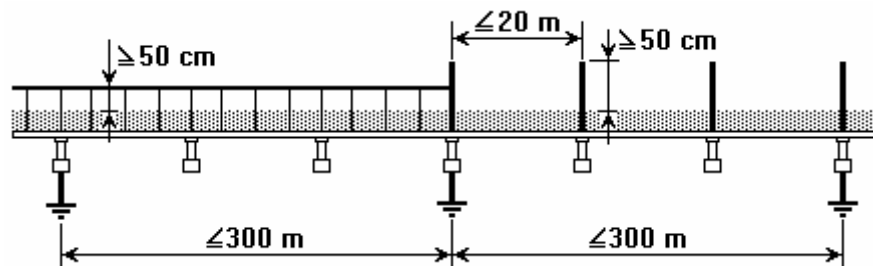
földelő és a csővezeték közé. Ha a csővezeték 20 méternél jobban megközelít olyan épületet amelyet a szabvány szerint villámhárítóval kell ellátni, akkor valamelyik földelőnek a 11.15. ábra szerint 100 méteren belül kell lennie, vagy ott további földelőt kell létesíteni. Az egyes földelők feleljenek meg az $F2/x$ fokozatnak.

A gyakorlatban a csővezetékeknek többnyire van természetes földelése a tartószerkezeteken keresztül, és így földelés létesítésére ritkán van szükség. Az árokban elhelyezett csővezetékek nem mindig földeltek, ezért ott az előbbi szabályok szerint földelőket kell elhelyezni.



11.16. ábra
Csővezeték védelme felfogóvezetővel és felfogórudakkal,
ha robbanásveszélyes légtérrel nem kell számolni

Amennyiben a csővezeték felületén közepesen vagy könnyen éghető réteg található (ilyen a régebben alkalmazott PROTEKTO WRAPP) és a csővezeték **A** vagy **B** tűzveszélyességi osztályú anyagot szállít, a **c** fokozatnak megfelelően 50 cm távolságban tartott felfogóvezetőt, vagy egymástól legfeljebb 20 méter távolságban, legalább 2 m magas felfogórudakat kell felszerelni (11.16. ábra).



11.17. ábra
Csővezeték védelme felfogóvezetővel és felfogórudakkal
robbanásveszélyes légtér esetén

Ha az **A** vagy **B** tűzveszélyességi osztályú anyagot szállító csővezeték felett **A-1, A-2, B-1** vagy **B-2** besorolású veszélyességi övezet alakulhat ki, olyan robbanásveszélyes légtérrel kell számolni, amelynek felső határa a fémtartályokra vonatkozó 11.3. szakasz szerint határozható meg. A felfogóvezetőnek a határfelülettől legalább 0,5 m távolságban kell lennie. Ha a robbanásveszélyes légtér 1,5 m-nél magasabb, akkor a felfogórúd magasságát is meg kell növelni úgy, hogy a csúcsa legalább 50 cm-rel a határfelület fölött legyen (11.17. ábra). A csökötések – ha nincs megbízható fémes érintkezés – vezetővel vagy 3 mm-nél nem nagyobb szikraközzel át kell hidalni.

A gyakorlatban az előbbi esetek ritkán fordulnak elő, ezért felfogók elhelyezése csak különleges körülmények esetén szükséges. Magasan futó csővezeték esetén a tartószerkezeteken elhelyezett felfogórudak adják a legcélszerűbb megoldást. A csőre ráépített felfogóvezetőt a gyakorlatban sohasem használnak. Árokban, vagy alacsonyan vezetett csöveket tőlük független, felfogókkal célszerű védeni, különös tekintettel arra, hogy ilyenkor általában több csővezeték fut egymás mellett. Ilyen esettel találkozunk például a városok szélén elhelyezett gázátadó állomásoknál, ahol az országos hálózathoz jövő gáz nyomását 25 barról 6 barra csökkenik. Ezen a mintegy 1000 m² területen sok, többnyire alacsonyan elhelyezett csővezeték található, és számolni kell azzal, hogy a légtérbe huzamosabb időn keresztül kiszivárgó gázból robbanásveszélyes légtér keletkezik.

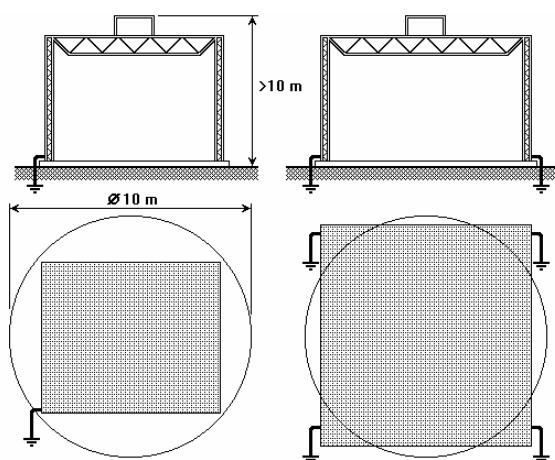
11.5. Egyéb fémépítmények

Az MSZ 274/3-81.szabvány 9.6 szakasza tárgyalja az eddig még fel nem sorolt fémépítmények villámvédelmének megoldását. Ezzel kapcsolatban alapvető előírás, hogy csak akkor kell a villámvédelemmel foglalkozni, ha magasságuk meghaladja a 10 métert.

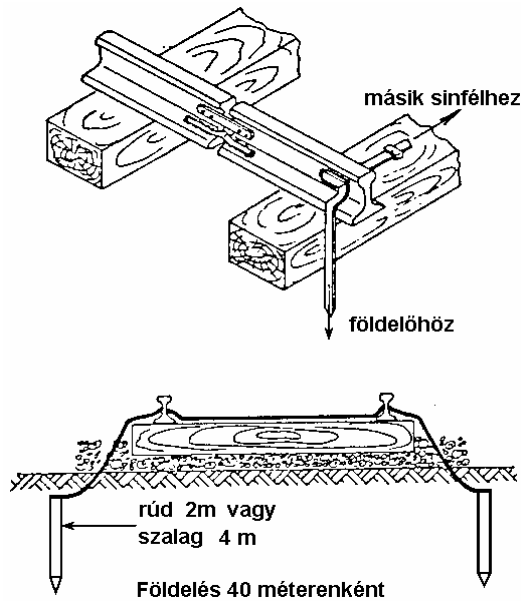
A villámvédelem követelménye mindössze annyi, hogy az adott fémtárgyat földelni kell. Felépítésük és szerkezetük miatt ez sok

esetben *természetes földelővel* már megoldódik, egyébként pedig mesterségesen kell földelni őket.

Ha a fémtárgynak nincs két olyan pontja, amelyek vízszintesen 10 méternél nagyobb távolságra vannak egymástól, **F2/x** fokozatú, tehát egyetlen földelő szükséges. Az előbb említettnél nagyobb fémtárgyak földelésének **F3/x** fokozatúnak kell lennie, ami gyakorlatilag azt jelenti, hogy több földelőre van szükség, amelyek külön-külön megfelelnek az **F2/x** fokozat követelményeinek (10.1. ábra). Az említett mérethatárokat a 11.18. ábra szerint úgy lehet ellenőrizni, hogy az építmény egy 10 m átmérőjű körlappal lefedhető-e vagy nem.



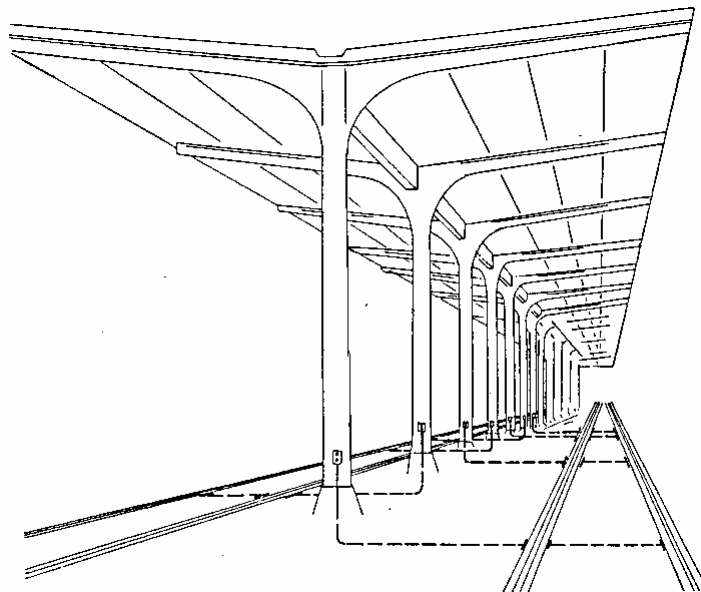
11.18. ábra
Fémtárgyak és fémépítmények villámvédelmének szemléltetése



11.19. ábra
Sinek (darupályák) földelése

A *sínen mozgó daruk* természetes felfogónak tekinthetők, földelésüket pedig a sinek földelésével a 11.19. ábra szerint kell megoldani. Ezzel kapcsolatban felhívjuk a figyelmet arra, hogy az építkezéseknél használt daruk ideiglenes berendezések és ezért rájuk nem vonatkozik az MSZ 274 szabványsorozat, mégis ajánlatos villámvédelemről gondoskodni.

A *hidak* a nagy kiterjedésű fémszerkezetek egyik jellegzetes csoportját alkotják. Ezeket elvben az előbbi szabályok szerint kell földelni, de a földelők közötti távolságot nem lehet az áthidalt távolságnál kisebbre venni. A víz feletti hidak földelőit nem a vízben, hanem a pillér mellett a meder talajában kell elhelyezni.



10.20. ábra
Vasúti peron és sínpár földelése

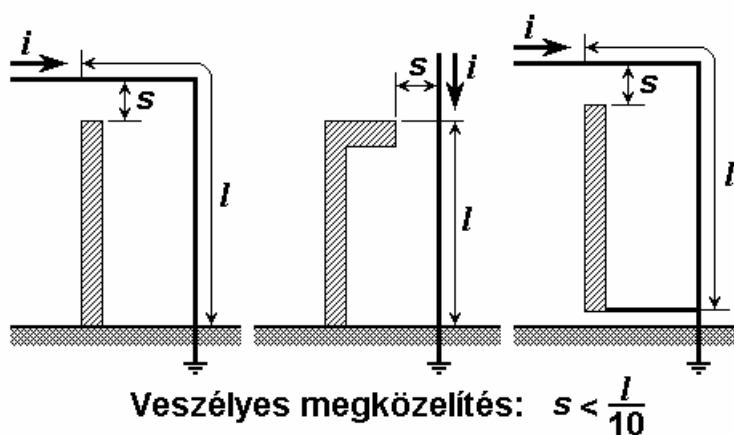
A *vasúti peronok és sinek* villámvédelmi földelése a darupályákéhoz hasonlóan oldható meg. Ebben az esetben a perontető fémszerkezetét, valamint a sineket a 11.20. ábra szerint össze kell kötni egymással és a sineket kell földelni.

12. Belső villámvédelem

A felfogóból, levezetőből és földelésből álló külső villámvédelem célja a villámcsapás közvetlen hatásainak kiküszöbölése. A belső villámvédelem feladata viszont az épületek vagy berendezések belsejében a villám másodlagos hatásai következtében keletkező károk kiküszöbölése, vagy legalábbis csökkentése. A belső villámvédelemre tartozik az épületben keletkező másodlagos átütések veszélyének megszüntetése. A belső villámvédelem különleges eleme az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem, amellyel a 13. fejezet foglalkozik.

A *veszélyes megközelítés* a belső villámvédelem egyik alapvető fogalma, amely az MSZ 273/3-81 szabvány 7. fejezete szerint meghatározza, hogy hol kell másodlagos kisülés veszélyével számolni.

Indukált feszültség hatására keletkező másodlagos kisülés keletkezhet akkor, ha a villámhárító felfogó, levezető vagy velük fémesen összekötött fémtárgy és egy függőleges irányban nagy kiterjedésű földelt fémtárgy közötti megközelítési távolság (a 12.1. ábrán az s jelű szikraköz) kisebb, mint a megközelítési helytől a villámhárító vezetők mentén a földelésig terjedő áramút hosszának (a 12.1. ábrán bejelölt l méret) tizedrésze.

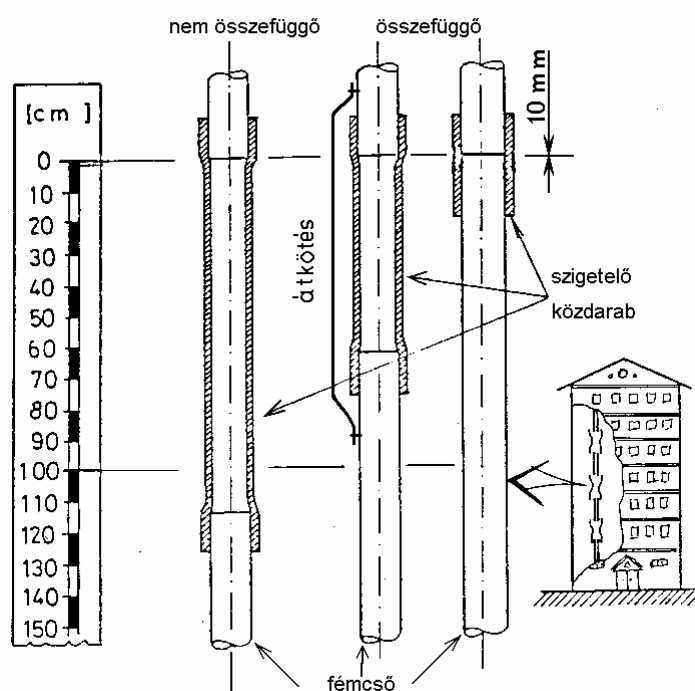


12.1. ábra
Indukált feszültség miatt keletkező veszélyes megközelítések

Kapacitív töltéskiegyenlítés miatt keletkező másodlagos kisülés veszélyével kell számolni akkor, ha a villámhárító felfogó, levezető vagy velük fémesen összekötött tárgy a villámhárító felől nézve 1 m^2 -nél nagyobb felületű fémtárgyat 1 méternél kisebb távolságra közelít meg.

A kétféle veszélyes megközelítés folytán keletkező átütés közül az indukált feszültségből eredő kisülésnek nagyobb az energiája, ezért veszélyesebb, mint a kapacitív hatásból eredő kisülése.

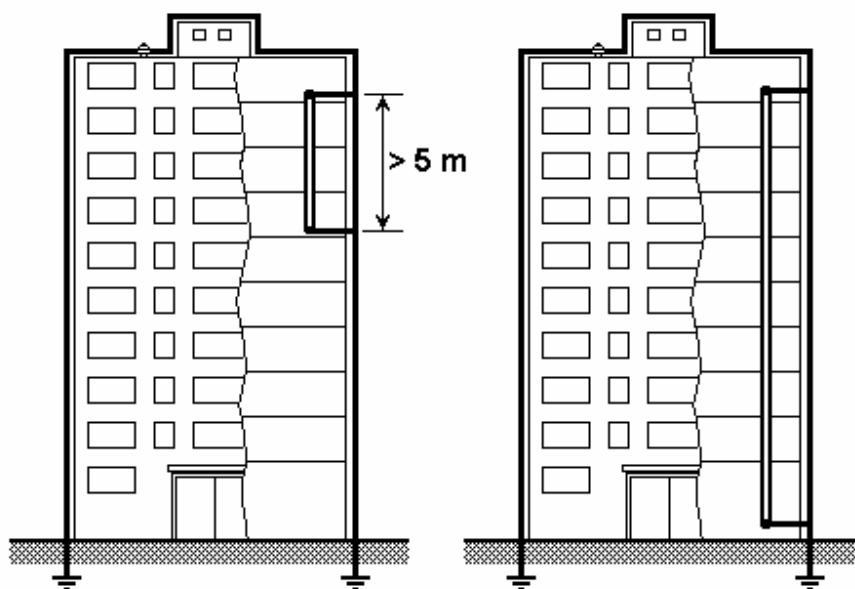
A veszélyes megközelítés helyén keletkező kisülés elhárításának leghatásosabb módja az, hogy fémesen összekötjük a villámhárítóval azokat a fémtárgyakat, fémrendszereket, amelyek között villámcsapás alkalmával másodlagos kisülés várható.



12.1. ábra

A függőleges fémszerkezetbe beiktatott szigetelő közdarab átkötésének jellegzetes esetei.

Összefüggő csővezetéknek vagy egyéb fémtárgynak számít minden olyan fémrendszer, amelyben nincsenek 1 méternél hosszabb szigetelőszakaszok, illetve a 10 mm-nél hosszabb szigetelőszakaszokat az adott villámvédelmi fokozatra előírt keresztmetszetű vezetővel áthidalták. Nem összefüggő fémrendszerekkel csak a kapacitív hatások vizsgálata miatt kell foglalkoznunk akkor, ha a villámhárítót 1 méternél kisebb távolságra megközelítik. Az összefüggő és a nem összefüggő fémrendszerek szabványos meghatározását és az áthidalás szükségességét a 12.1. ábra szemlélteti.



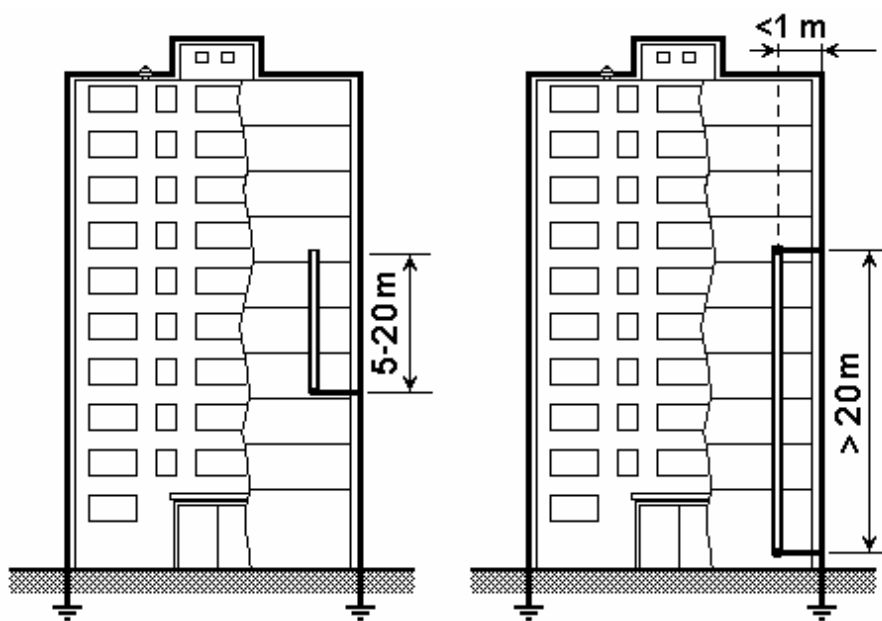
12.2. ábra

A legfelső szintről induló fémszerkezetek összekötése a villámhárítóval

Az épület villamos vezetékhálózatát ebből a szempontból szintén összefüggő fémrendszernek kell tekinteni. Ha a vezetékeket fém védőcső vagy fém kábelköpeny veszi körül, ezeket más földelhető fémtárgyakhoz hasonlóan össze kell kötni a villámhárítóval ill. az épület egyenpotenciálú hálózatával. Az összekötésekre ugyanazok a szabályok érvényesek, mint egyéb fémtárgyakra. Az **R4** vagy **R5** csoportba tartozó **A**, illetve **B** tűzveszélyességi osztályba sorolt épület villamos energia, távközlő és jelátviteli hálózatát a 13. fejezet szerint el kell látni elektromágneses villámimpulzus elleni védelemmel,

amelynek célja az ilyen berendezésekben a villám másodlagos hatásai folytán keletkező átütések kiküszöbölése. A villamos vezeték áramterhelésének korlátozása céljából érdemes párhuzamosan elhelyezni olyan földelt vezetőt, amelynek keresztmetszete megfelel az előírt fokozatnak és az egyéb fémtárgyakhoz hasonló módon össze van kötve a villámhárítóval.

A legfelső szintről induló fémszerkezeteket a 12.2. ábrán látható módon mindkét végükön össze kell kötni a villámhárítóval, ha 5 méternél nagyobb távolságon több szinten át futnak lefelé. A földszintig terjedő fémszerkezetre ez gyakorlatilag mindig teljesül.

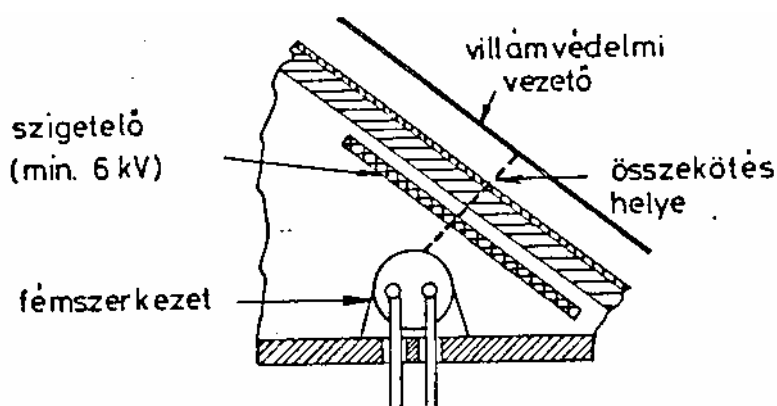


12.3. ábra

Az épület közbenső szintjéről induló fémszerkezetek összekötése a villámhárítóval

Abban az esetben, ha a függőleges fémszerkezet nem éri el a legfelső szintet, a hosszától függően, a 12.3. ábra szerint csak alul, vagy mindkét végén össze kell kötni a villámhárítóval. Amint a jobboldali ábrán látható, az összekötés szükségessége attól is függ, hogy a fémszerkezet mekkora távolságban van a villámhárítótól.

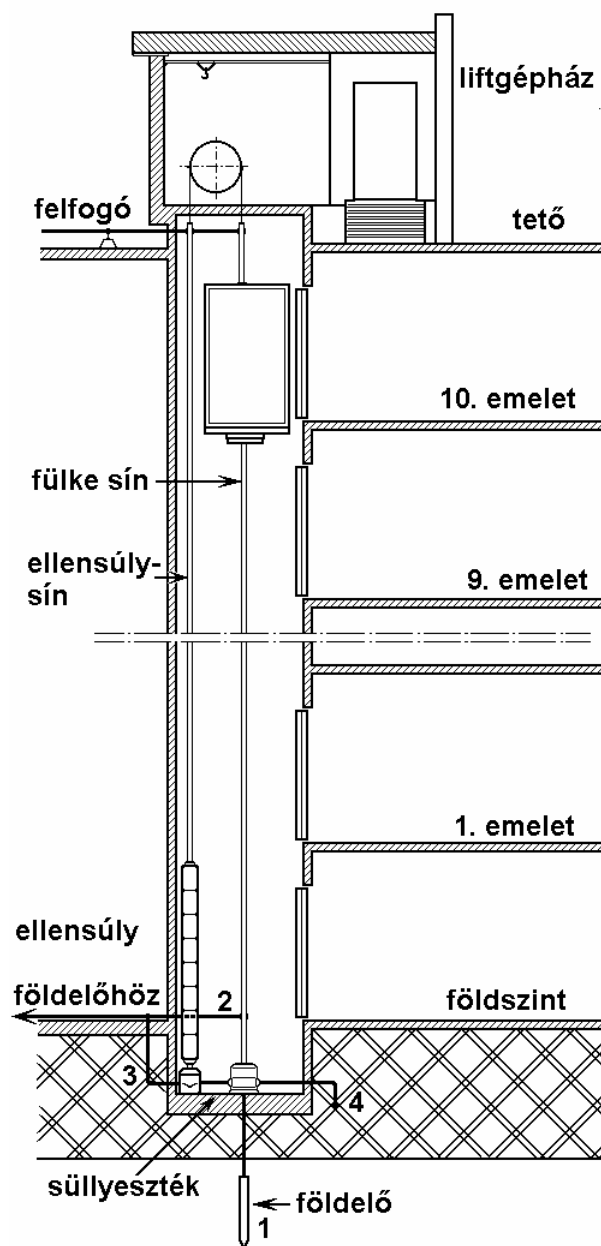
Ha az összekötés valamilyen ok miatt nem valósítható meg, az MSZ 274/3-81 szabvány szerint helyette a veszélyes megközelítés helyén a 6 kV-os nagyfeszültségű kábelek szigetelésével egyenértékű kiegészítő szigetelést kell készíteni, amelynek egy lehetséges elvi megoldását a 12.4. ábra mutatja. Meg kell említeni, hogy ezt a szigetelést szinte sohasem alkalmazták, az **R4** és az **R5** csoportba sorolt (**A** és **B** tűzvesélyességi osztályú) épületekben pedig a szabvány is tiltja a használatát, a gyakorlatban ezért nincs jelentősége.



12.4. ábra
Példa kiegészítő szigetelés alkalmazására.

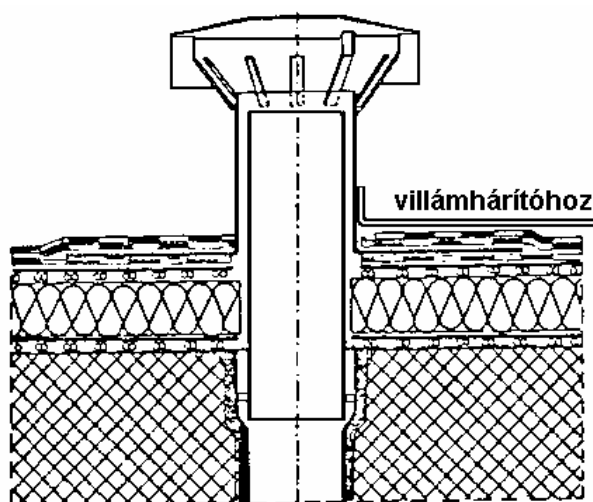
A továbbiakban ismertetjük azokat a fém szerkezeteket, amelyek a leggyakrabban fordulnak elő.

A *felvonó* a magasabb házak nélkülözhetetlen tartozéka és a fülke és az ellensúly két-két sínje jellegzetes példája a nagy kiterjedésű, összefüggő fém szerkezeteknek. A sínek bekötése a felső végükön nem szokott gondot okozni, az alsó végek bekötésének megoldása viszont gyakran okoz problémát. Előírás ugyanis, hogy az összekötő vezető a villámhárító felé haladva ne emelkedjék, viszont a vezető sínek vége gyakran a talajszint alatt van. A lehetséges megoldásokat a 12.5. ábra 1..4 számmal jelölve mutatja be. Villámvédelmi szempontból a legkedvezőbb lenne a sínek közvetlen összekötése a liftakna alatt elhelyezett és 1 számmal jelölt földelővel. Ennek viszont a gyakorlatban eléggé körülményes, sőt csaknem lehetetlen a megvalósítása. A sínek összekötése és a földelőhöz való csatlakoztatása megoldható a 2 számmal jelölt vízszintes vezetővel is.



12.5. ábra
A felvonók szokásos keresztmetszeti rajza.

Bár ebben az esetben a csatlakozási pont nem a sinek alsó végén van, ettől el lehet tekinteni. Nem kifogásolható az sem, ha a legalul összekötött sínektől a földelőhöz menő vezeték a 3 jelű megoldás szerint legfejlebb 1 méter szintkülönbséget áthidalva felfelé halad. Végül a földelővezetőt a betonlap acélbetétjeihez csatlakozva is meg lehet oldani a földelést, amit a ábrán 4 számmal jelöltünk.

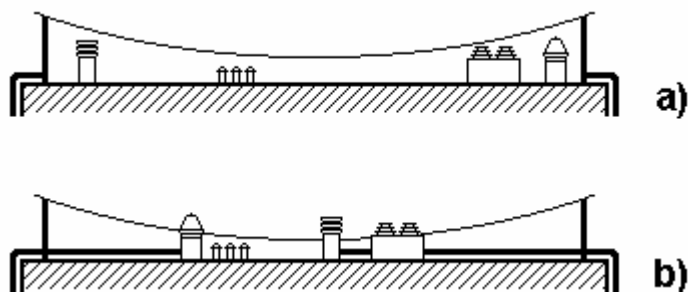


12.6. ábra
Csatornázási ejtőcső szellőzőkürtője lapostetőn.

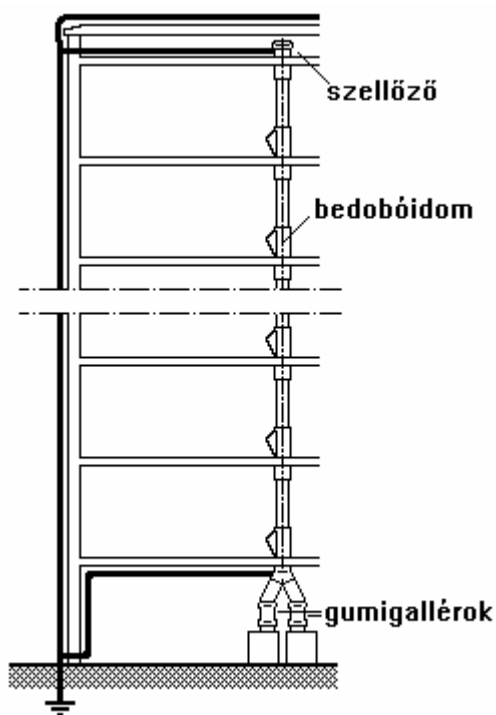
A szellőzők a korszerű épületeken a lapostetők síkjából kiemelkedő fémszerkezetek. A csatornázási ejtőcsövek ugyan újabban műanyagból készülnek, de a 12.6. ábrán is bemutatott kiszellőzőjük többnyire a tetőn kívülre eső fémszerkezet. Mivel ott számolni kell közvetlen villámcsapással is, be kell vonni őket a felfogórendszerbe, tehát a villámvédelmi felülvizsgálatukra föltétlenül szükség van.

A szellőző kürtők természetes felfogóként használhatók és célszerű is őket felhasználni. Sok helyen a tetőn levő szellőző kürtőkben van elhelyezve a szellőzőventillátor is és azért is fontos a szellőzők összekötése a villámhárítóval, mert a ventillátorok túlfeszültség elleni védelmét nélkül nem lehetne megoldani. Villámvédelmi szempontból két lehetőség van a kürtők és hasonló fémszerkezetek védelmére, amelyeket a 12.7. ábra szemléltet. Az a) ábrán bemutatott esetben ezek a villámhárító felfogók által védett térrészbe esnek, ezért csak akkor kell őket összekötni a

villámhárítóval, ha pl. a ventilátorok miatt potenciálkiegyenlítésre van szükség. A b) esetben ezek a fémtárgyak természetes felfogót alkotnak, tehát feltétlenül be kell kötni őket a villámhárítóba.

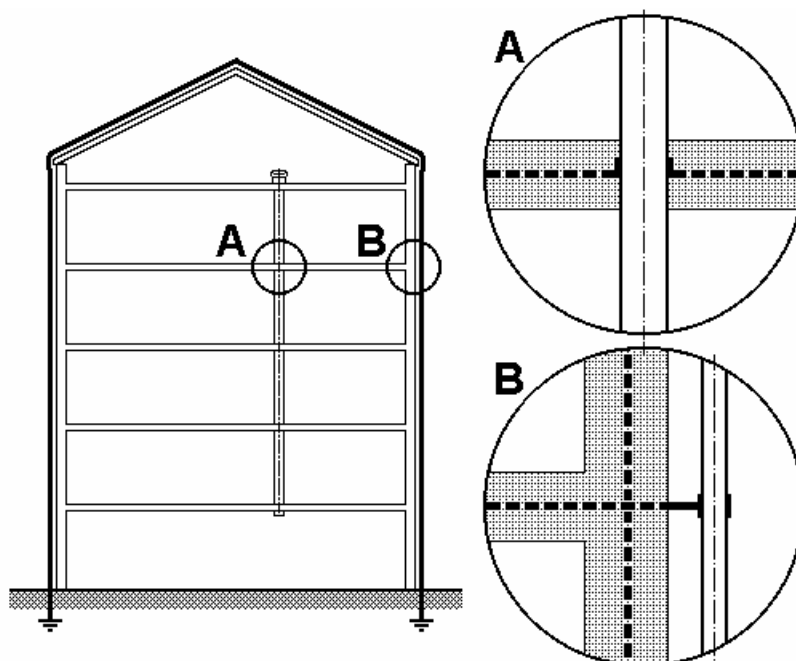


12.7. ábra
Lapos tetőn levő szellőzők villámvédelme
a) a szellőzők a védett térrészbe esnek,
b) a szellőzők természetes felfogót alkotnak



12.8. ábra
Szemétdobó csatorna összekötése a villámhárítóval.

A *szemétedobó* új építésű, magasabb házakban (5 szintnél magasabb) található. Gyakorlatilag minden külön összekötés nélkül összefüggő fémszerkezetnek minősül, így a villámvédelmi rendszerrel össze kell kötni mindkét végén (12.8. ábra). Az alján levő mozgatható gyűjtőtartályok nyilván nem nyújtanak földelési lehetőséget és gyakran előfordul, hogy a csatorna alsó végén szigetelőanyagból készült elemek vannak. Ilyenkor (amint az ábra is mutatja) a szigetelt rész fölött kell a villámhárítóhoz menő vezetőt csatlakoztatni.



12.9. ábra

Függőleges fémszerkezet bekötése a vasbetonfödémek acélbetétei útján

Abban az esetben, ha a vasbeton födémeket potenciálkiegyenlítés végett bizonyos szinteken összekötik a villámhárító levezetőjével, az előbb tárgyalt fémszerkezeteknek a villámhárítóval való összekötését a födémekben levő acélbetétek felhasználásával is meg lehet oldani (12.9. ábra). Ha a levezetőt a falakban levő függőleges acélbetétek alkotják, külső összekötésre nincs is szükség, hanem a födémén és a falon belül minden összekötés elkészíthető.

A víz-, központifűtés- ill., gázcsőhálózat ma a legtöbb épületben megtalálható és kiterjedt fémszerkezetet alkot. Ezek gyakorlatilag mindig földeltek és többnyire a legfelső szintig nyúlnak föl. Szintén nagyon lényeges, hogy sok esetben az épület külső falának (körítőfalának) belső oldalán helyezkednek el, tehát előfordulhat, hogy az épület teljes magasságának megfelelő hosszban 1 méternél jobban megközelítik a villámhárító levezetőjét, ezért szinte kivétel nélkül minden esetben össze kell kötni őket a villámhárítóval. Gázvezeték esetén előfordul, hogy a közvetlen összekötést nem engedik meg, ezért robbanásbiztos szikraközt kell beiktatni.

13. Elektromágneses villámimpulzus elleni védelem

A védendő épületekben és egyéb létesítményekben levő villamos, távközlési, adatátviteli és más szigetelt vezetékek potenciálkiegyenlítését nem lehet földeléssel megoldani, viszont a hozzájuk csatlakozó berendezések már kis túlfeszültségre is érzékenyek, ezért a keletkező feszültséget korlátozni kell. A szigetelt villamos és informatikai rendszereket a villám villamos és mágneses erőtere is zavarja vagy veszélyezteti, mégpedig a becsapási helytől távolabb is, ezért ezek ellen is védekezni kell.

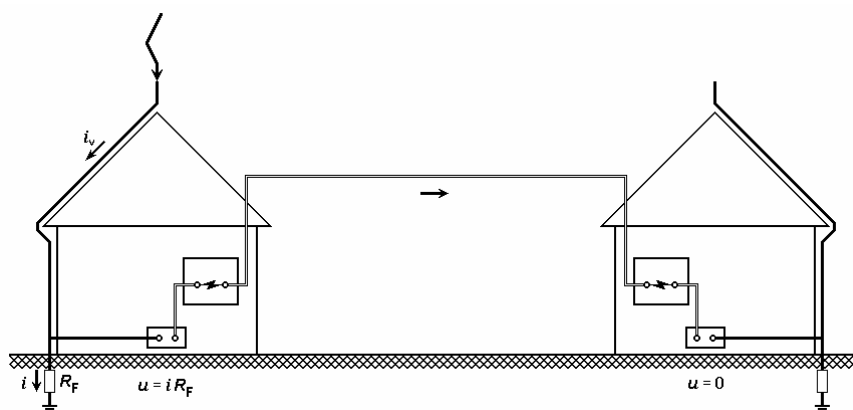
Az elektromágneses villámimpulzus a villámcsapás másodlagos hatásainak összefoglaló neve. Az ellene való védekezés sok esetben gazdasági kérdés, mert a védelem költségeit össze lehet hasonlítani az okozott kár várható költségeivel. Ebből kiindulva az OTSZ csak **A** és **B** tűzveszélyességi osztályba sorolt létesítményekben írja elő kötelezően az elektromágneses villámimpulzus elleni védelmet a vonatkozó nemzeti szabvány szerint. Ebből következik, hogy az erre vonatkozó MSZ IEC 1312-1:97 szabvány általánosságban nem kötelező, de **A** és **B** tűzveszélyességi osztályú létesítményekben az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem kialakításakor ezt kell figyelembe venni.

Tekintettel az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem újszerűségére a szabványos követelményeken túl a következőkben részletesebben foglalkozunk a káros hatások keletkezésével és terjedésével továbbá a védekezés elvi alapjaival is. Ugyanakkor azt is figyelembe kell venni, hogy a védelem megoldása sokkal bonyolultabb, mint az MSZ 274 szerinti közvetlen védelemé, ezért ahhoz hasonló egyértelmű szabályokat nem lehet megadni.

13.1. A villámimpulzus csatolási módjai

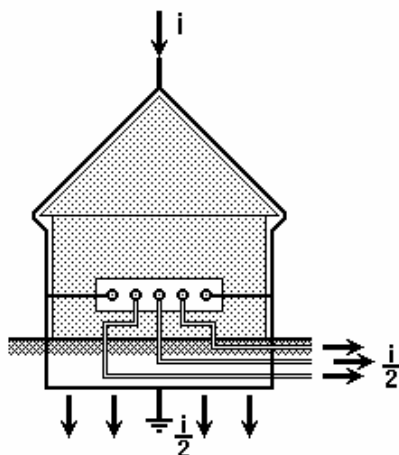
A villámcsapás hatása nem korlátozódik a villámáram útjára, hanem különféle utakon továbbterjedhet az épület belsejében vagy akár távolabbi épületekben is. Ezeknek a másodlagos hatásoknak a behatolási illetve terjedési módja alapján vezetési, induktív és kapacitív csatolást különböztetünk meg.

Vezetési csatolás úgy jön létre, hogy a földelőn lefutó villámáram a 13.1. ábrán látható módon feszültségemelkedést hoz létre a becsapási hely környezetében. Ezt a potenciált a közelben levő földelt fémtárgyak és vezetékek is átveszik, de gyakorlatilag ugyanakkora potenciálemelkedés lép fel az ott levő szigetelt vezetőkön is. Ezt a potenciált a szigetelt vezetők átviszik más épületbe is, ahol azonban a földelés potenciálja az ideális nulla potenciálhoz képest nem emelkedett meg. Ezen a helyen tehát feszültség keletkezik a szomszédból befutó vezetők és a helyben földelt fémtárgyak vagy vezetők között. Hasonló feszültség keletkezik a villámsújtott épületben is, a távoli föld potenciálját behozó vezetők és a megemelkedett potenciálú helyi föld között. Ez a feszültség a készülékeken belül is megjelenik és tönkreteszi a szigetelésüket.



13.1. ábra
Túlfeszültség keletkezése és terjedése vezetési csatolás útján

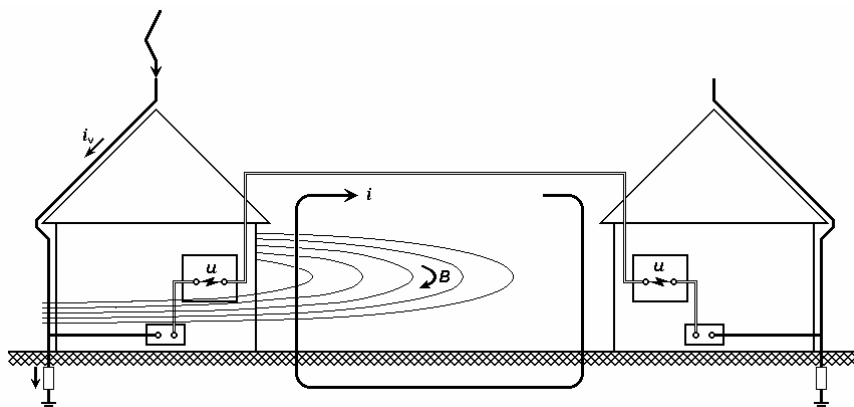
A 13.1. ábrán feltüntetett képlet szerint a vezetés útján behatoló túlfeszültség a földelési ellenállással arányos. Nagyon kedvező, de ritkán megvalósítható $R_F = 1 \, \Omega$ földelési ellenállással és átlagosnak vehető $i = 30 \, \text{kA}$ villámárammal számolva, $u = 30 \, \text{kV}$ potenciálemelkedés adódik, amit a kisfeszültségű és elektronikus berendezések már nem viselnek el, pedig kisebb valószínűséggel ugyan, de ennél sokkal nagyobb villámáram is előfordul. A vezetési csatolással kapcsolatban érdemes megjegyezni, hogy az MSZ IEC 1312-1:97 szabvány a védelmi szinttől függően 200 kA, 150 kA vagy 100 kA csúcsértékű villámáramot vesz számításba (13.2. táblázat).



13.2. ábra

A villámáram megoszlása a villámhárító földelés és a vezetékek között

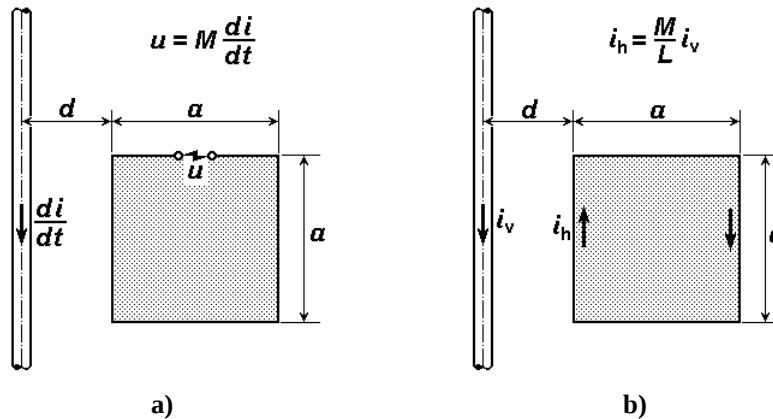
A keletkező túlfeszültség és az épületbe belépő vezetékeket terhelő villámáram meghatározásához a 13.2. ábra szerint azt lehet feltételezni, hogy a villámáram egyik fele a villámhárító földelésén, másik fele a többi vezetéken át jut a földbe



13.3. ábra

Túlfeszültség keletkezése induktív csatolás útján

Induktív csatolás következtében úgy keletkezik feszültség, hogy a villámáram pályája körül létrejövő mágneses erőter a 13.3. ábra szerint kapcsolódik a villamos vezetékek által alkotott hurokkal.



13.4. ábra

A villámáram indukciós hatásai négyzet alakú hurokban

a) nyitott hurokban indukált feszültség; b) zárt hurokban folyó áram

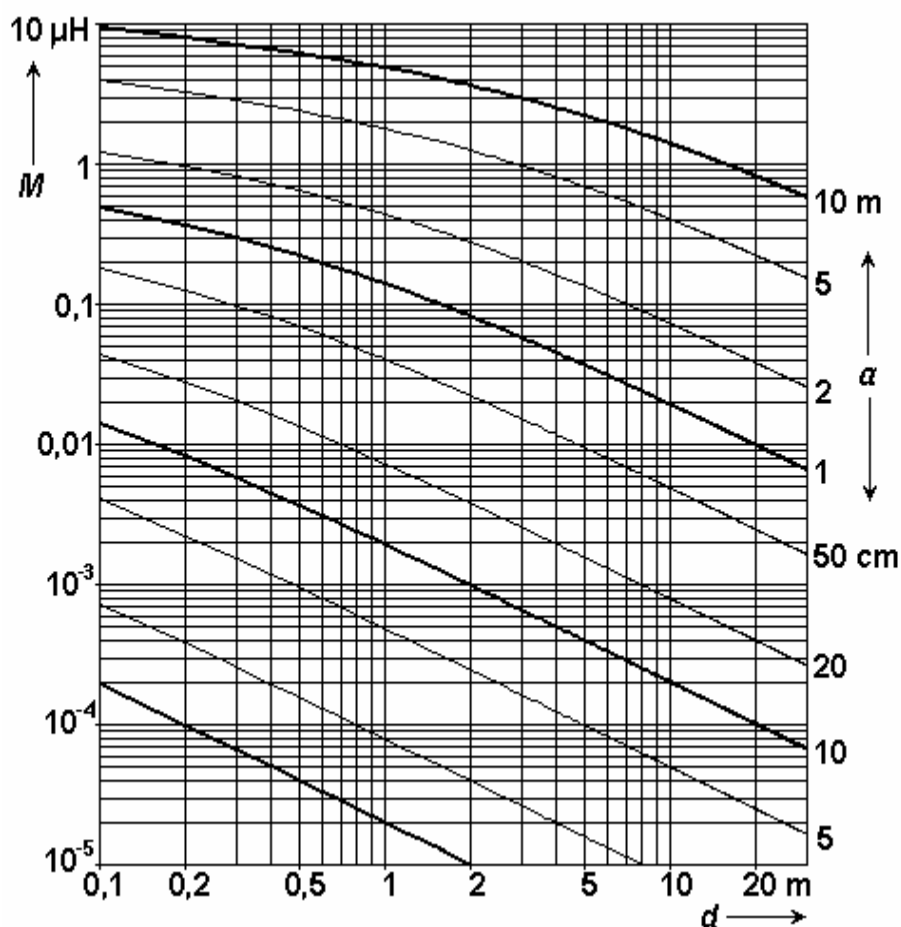
Ha a hurok nyitott, azaz pl. egy készülékben szigetelés szakítja meg, akkor azon a helyen a 13.4a ábra szerinti képletből adódó feszültség jelenik meg, ahol di/dt a villámáram meredeksége (lásd: 2.9. ábra) és az MSZ IEC 1312-1 szabvány szerint a védelmi szinttől függően 200 kA/ μ s, 150 kA/ μ s ill. 100 kA/ μ s veendő számításba (13.2. táblázat). A képletben M a villámpálya és a hurok közötti kölcsönös indukció tényezője, amelyet egyszerű esetekre a 13.5. ábra felhasználásával lehet közelítőleg meghatározni. Más esetekben a Bevezető-ben említett szakirodalomra lehet támaszkodni. A szabványban megadott meredekségek közül 150 kA/ μ s értéket véve számításba két példán szemléltetjük az indukált feszültség nagyságrendjét.

1. példa:	a hurok oldalhossza:	$a = 10 \text{ m}$
	a levezető távolsága:	$d = 1 \text{ m}$
	kölcsönös indukció:	$M = 4,8 \text{ } \mu\text{H}$
	a villámáram meredeksége:	$di/dt = 150 \text{ kA}/\mu\text{s}$
	indukált feszültség:	$u = 720 \text{ kV}$

Ez az eset megfelel egy épület vezetékhálózatából képződött, két emeletre kiterjedő huroknak, amely a levezető mellett a fal belső oldalához illeszkedik, ezért csak 1 m távolságban van a villámáram pályájától. Ilyen hurok különösen akkor jön létre, ha egy készülékhez a villamos energia táp- és az adatátviteli jelvezetékeket különböző nyomvonalon vezetik.

2. példa:	a hurok oldalhossza:	$a = 50 \text{ cm}$
	a levezető távolsága:	$d = 10 \text{ m}$
	kölcsönös indukció:	$M = 4,9 \times 10^{-3} \mu\text{H}$
	a villámáram meredeksége:	$di/dt = 150 \text{ kA}/\mu\text{s}$
	indukált feszültség:	$u = 0,735 \text{ kV} = 735 \text{ V}$

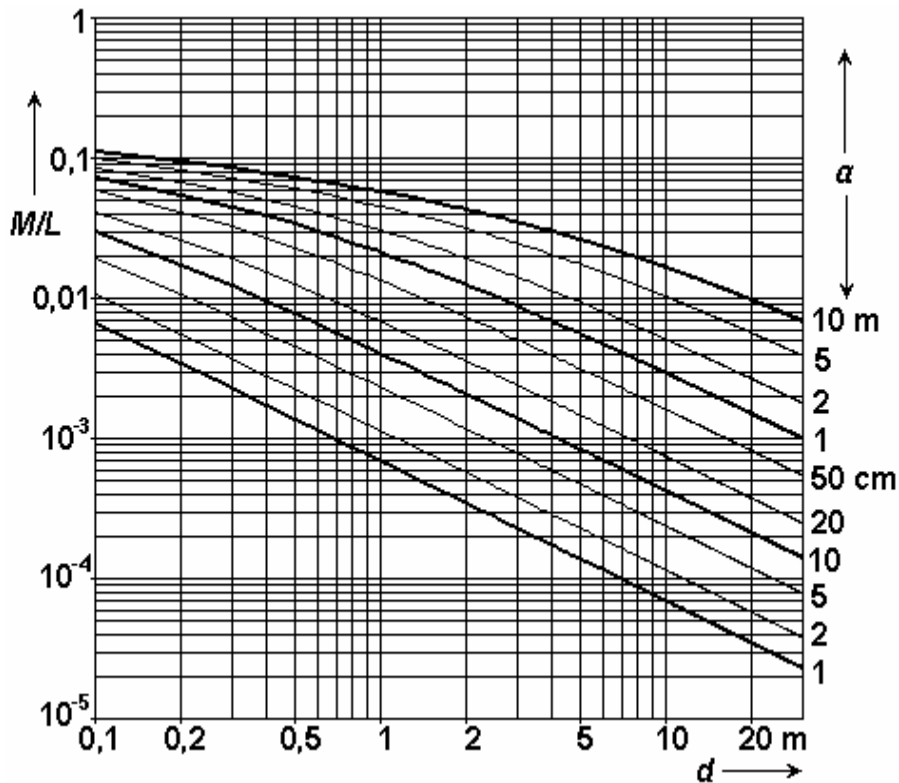
Ez az eset megfelel az épület belső részén levő elektronikus készülékben kialakult huroknak, amely így viszonylag mesze van a levezetőtől.



13.5. ábra

Kölcsönös induktivitás egyenes vezető és egy négyzetes hurok között.

A jelölések a 13.4a ábrának felelnek meg



13.6. ábra

A villámáram és a hurokáram közötti induktív csatolási tényező.
A jelölések a 13.4b ábrának felelnek meg.

Abban az esetben, ha. a hurok pl. átütés következtében záródik, áram indukálódik benne, amelyet a 13.4b. ábrán megadott képlet felhasználásával lehet kiszámítani. A képletben i_h a hurokáram, i_v pedig a villámáram csúcsértékét jelöli. Az M/L csatolási tényező a kölcsönös induktivitásnak és a hurok öninduktivitásának a hányadosa, amely a 13.6. ábra segítségével határozható meg. A diagram 1 mm^2 keresztmetszetű vezetőlélből alkotott hurokra vonatkozik.

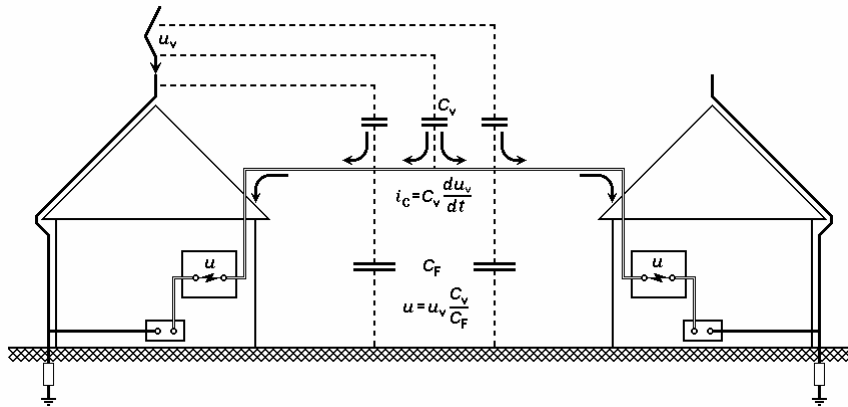
1. példa: a hurok oldalhossza: $a = 10 \text{ m}$
 a levezető távolsága: $d = 1 \text{ m}$
 indukciós csatolási tényező: $M/L = 0,07$
 a villámáram csúcsértéke: $i_v = 150 \text{ kA}$
 indukált hurokáram: $i_h = 10,5 \text{ kA}$

Ez az eset megfelel egy épület vezetékhalozatából képződött két emeletre kiterjedő huroknak, amely a levezető mellett a fal belső oldalához illeszkedik. A csatolási tényezőt a diagram helyett a gyakorlathoz közelebb eső $2,5 \text{ mm}^2$ -es vezetővel számítottuk ki. A diagram szerinti 1 mm^2 keresztmetszetű vezetővel $i_h = 9,98 \text{ kA}$ hurokáram adódik.

2. példa: a hurok oldalhossza: $a = 50 \text{ cm}$
 a levezető távolsága: $d = 10 \text{ m}$
 indukciós csatolási tényező: $M/L = 0,002027$
 a villámáram csúcsértéke: $i_v = 150 \text{ kA}$
 indukált hurokáram: $i_h = 0,304 \text{ kA} = \mathbf{304 \text{ A}}$

Ez az eset megfelel az épület belső részén levő elektronikus készülékben kialakult huroknak, amely így viszonylag mesze van a levezetőtől. Az előbbi példával szemben, a készülék belsejében (a diagramhoz hasonlóan) 1 mm^2 keresztmetszetű vezetőt vettünk számításba.

Kapacitív csatolás esetén a villámcsatorna alsó részén megjelenő u_v feszültség több millió volt is lehet. Erre a feszültségre sorba kapcsolódik a villámcsatorna és a vezeték közötti C_v valamint a vezeték és a föld közötti C_F kapacitás. A vezetékhez csatlakozó készülékeken a 13.7. ábra szerinti u feszültség jelenik meg, amely annak ellenére kV nagyságrendű lehet, hogy a C_F földkapacitás sokkal nagyobb, mint C_v kapacitás.



13.7. ábra
Kapacitív csatolás keletkezése és összefüggései

Az előbb említett kapacitív feszültség elég nagy ahhoz, hogy egy érzékeny, különösen elektronikus készülékben átütést okozzon. Az átütés nyomán i_C kapacitív áram folyik a föld felé, amelyet a 13.7. ábrán látható képlet fejez ki. Mivel a C_V kapacitás kicsi, ez az áram a villámcsatorna nagy feszültsége ellenére sem nagy és jelentős rombolást vagy tüzet nem okoz. A hálózati feszültség hatására keletkező zárlati áram viszont ettől függetlenül nagy károkat okozhat. Mindezek ellenére azonban a kapacitív csatolás veszélyessége sokkal kisebb, mint a vezetési vagy az induktív csatolásé, ezért a védelem kialakításakor alig vesszük figyelembe.

13.2. Villámvédelmi zónák

A védendő teret villámvédelmi zónákra kell osztani, amelyekben meg kell határozni a különböző elektromágneses villámimpulzusok hatásának kitett térrészeket és a zónahatárokon ki kell jelölni a kapcsolódó pontokat (13.8. ábra). A zónákra jellemző, hogy határaikon az elektromágneses erőter jellemzői jelentősen változnak.

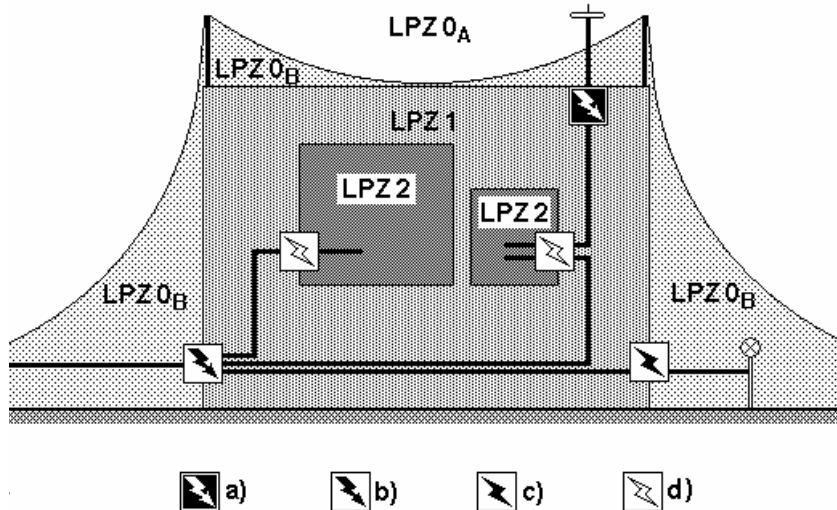
LPZ 0_A: Az a zóna, ahol a berendezések közvetlen villámcsapásnak vannak kitéve, és ezért a teljes villámáramot kell vezetniük. Ebben a zónában az elektromágneses erőter csillapítatlanul létrejön.

LPZ 0_B: Az a zóna, ahol a berendezések nincsenek közvetlen villámcsapásnak kitéve, de az elektromágneses erőter csillapítatlanul létrejön.

LPZ 1: Az a zóna, ahol a berendezések nincsenek közvetlen villámcsapásnak kitéve, de a zónán belül az áram minden vezetőszerkezetben korlátozva van a 0_A és a 0_B zónákhoz képest, továbbá az árnyékolástól függően az elektromágneses erőter is csillapítva lehet.

LPZ 2 és további zónák: Amennyiben még kisebb vezetési áramot és/vagy elektromágneses erőteret lehet megengedni, további zónákat kell bevezetni. A velük szemben támasztott követelményeket a védendő rendszer elektromágneses környezeti jellemzői határozzák meg.

Általában minél nagyobb a zóna sorszáma, annál kisebbek az elektromágneses környezet jellemzői értékei. A védendő tér különböző villámvédelmi zónákra való felosztásának általános elvét a 13.8. ábra mutatja, ahol az is látható, hogy több azonos zóna is lehet.

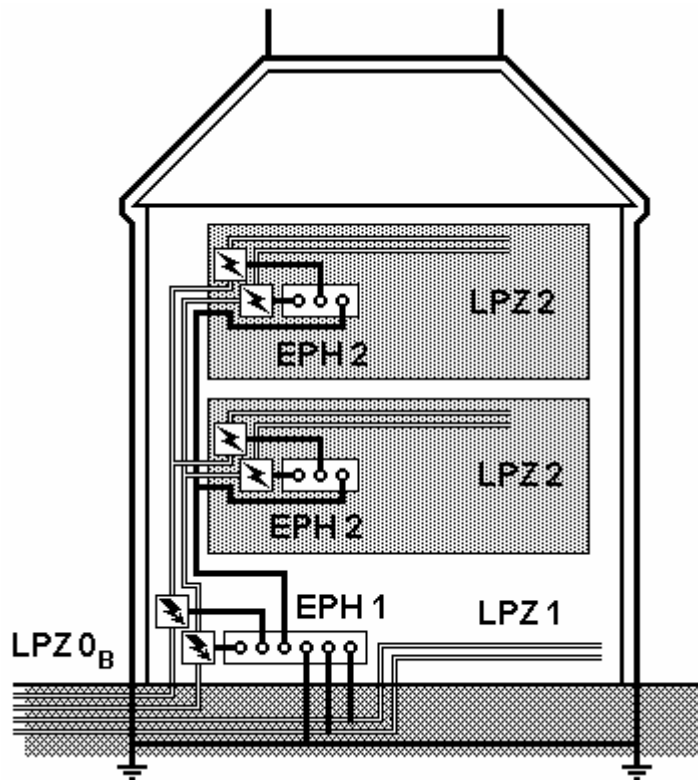


13.8. ábra
Villámvédelmi zónák

A zónák határain, az ott áthaladó összes fém szerkezetek túlfeszültséget vagy erőteret vihetnek át egyik zónából a másikba. Ezt földelhető vezetők esetén egyszerű összekötéssel ki lehet küszöbölni, de az üzemszerűen feszültségre kapcsolt, szigetelt vezetők nem lehet földelni. Ezeket olyan eszközök beiktatásával kell összekötni, amelyek korlátozzák a zónahatáron belépő vezetők közötti feszültséget. Az MSZ IEC 1312-1:97 szabvány a közvetlen és a feszültségkorlátozó eszköz beiktatásával létesített potenciálkiegyenlítésre együttesen az *összecsatolás* elnevezést vezette be. Az elektromágneses erők a zónahatáron átmenő vezeték nélkül is behatolhatnak egy zónába, amit csak a zónahatáron kialakított *árnyékolás* segítségével lehet korlátozni. Ezek hatásos működéséhez olyan *földelés* ill. *egyenpotenciálra hozó hálózat* (EPH) szükséges, amely a fémesen összekötött rendszeren belül fellépő feszültségkülönbségeket a lehető legkisebbre korlátozza.

Az **összecsatolás** célja a védendő térben levő fémalkatrészek és rendszerek között, villámcsapás esetén fellépő potenciálkülönbség csökkentése.

A zónahatáron kialakított összecsatolás vezetőinek ill. túlfeszültségvédelmi eszközeinek az egyik oldalról el kell viselniük a befutó áramhullámok által okozott igénybevételeket. A 13.8. ábrán ezt ábrázolják a különböző jelképek. Az a) típusú eszközök ki vannak téve a villámáram közvetlen hatásának, ezért úgy kell őket kialakítani és vizsgálni, hogy ennek megfeleljenek. A b) típusú eszközök igénybevétele kisebb, mert a villámáramnak csak 13.2. ábra alapján rájuk eső részét kell levezetniük. Az ilyen alakú jellel ábrázolt készülékek villámáram levezetőik, amelyeket 10/350 μ s alakú áramhullámmal kell vizsgálni (lásd: 13.2. táblázat). A c) és d) típusú eszközök olyan helyen vannak, ahol az előző zónák védelme már a bemeneti igénybevételeket is korlátozza, ezért ezeket kisebb terhelésre lehet készíteni és vizsgálni. A vizsgálati áramhullám kisebb energiájú, 8/20 μ s alakú.



13.9. ábra

Az EPH-sinek felhasználása a zónahatárokon az össze csatolás megvalósítására.

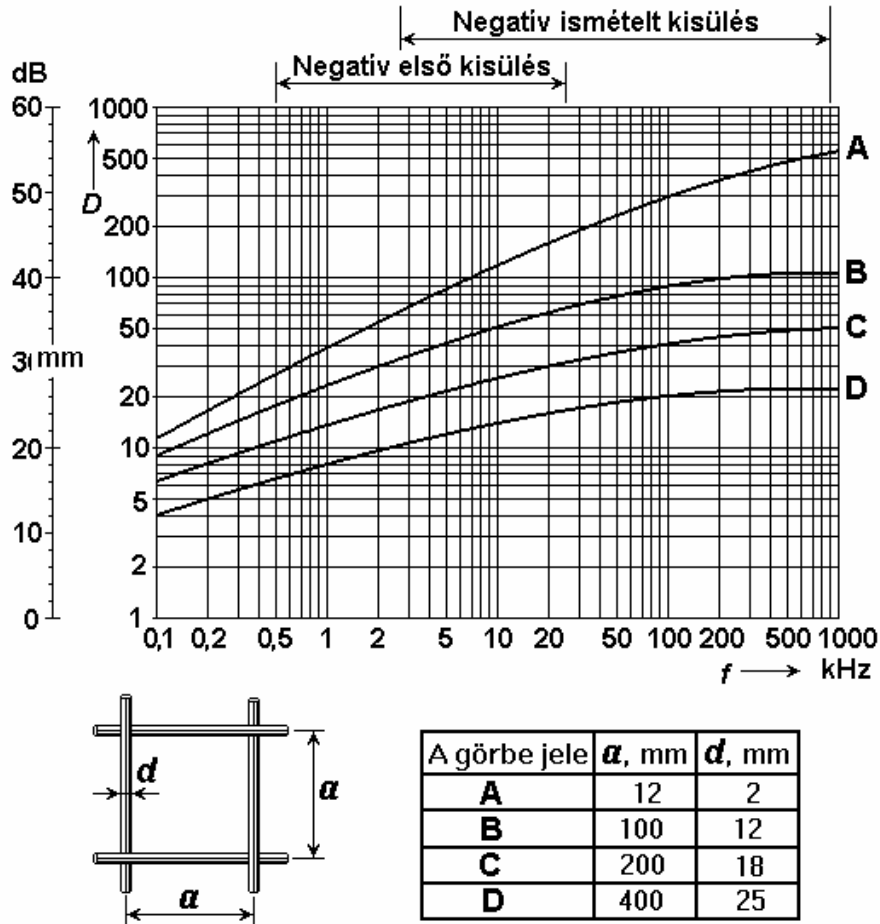
A zónahatárokon kialakított össze csatolás alapelemei különösen az **LPZ 0_A** vagy az **LPZ 0_B** zónából az **LPZ 1** zónába való belépésnél az EPH-sinek, amelyek egyúttal az egyenpotenciálra hozás eszközei is. A 13.9. ábra példát ad egy néhány zónára felosztott épület össze csatolására az EPH-sinek felhasználásával. Itt az összes erősáramú és jelvezeték egy ponton lép be a védett térrészbe (**LPZ 1**), ahol össze van csatolva az **LPZ 0_B** és az **LPZ 1** zónák határán lévő **1** jelű EPH sínnel. Az **LPZ 1** és **LPZ 2** zónák határán a vezetékek össze vannak csatolva a belső **2** jelű helyi EPH-sínnel is. A külső árnyékolás ezenkívül az **1** ponton össze van kötve az **1** jelű EPH-sínnel, a belső árnyékolás pedig a **2** jelű helyi EPH-sínnel. Ahol kábelek lépnek át egyik zónából egy másikba, a határon mindenütt el kell végezni az össze csatolást. Az **LPZ 2** zóna úgy van kialakítva, hogy a villámáram részben se hatoljon be ebbe a térrészbe, és ne haladjon keresztül rajta. Az EPH-sínhez összekötő vezetőkkel és szorítókkal kell csatlakozni, ill. ahol szükséges, a túlfeszültségvédelmi eszközök földelő-vezetőit is ezekhez kell bekötni (13.9.ábra).

Az **árnyékolás** célja elektromágneses erőter behatolásának korlátozása a védendő térbe. A villamos erőteret a nálunk szokásos falak (tégla, kő, beton) gyakorlatilag teljesen kizárják. A mágneses erőteret viszont csak az összefüggő fémszerkezetek csillapítják. Az épületek belső terének árnyékolását többnyire a vasbeton falban levő acélbetétek hálózata valósítja meg. A 13.10. ábra diagramjából néhány hálóméretre kiolvasható D árnyékolási tényezővel az árnyékolt térbe behatoló H_b mágneses térerősség

$$H_b = H_k / D$$

kifejezéssel számítható ki, ahol H_k a csillapítatlan külső mágneses térerősség. Ez az összefüggés egyébként a B mágneses fluxus-sűrűségre, valamint a dH/dt ill. dB/dt meredekségekre is érvényes. Tekintettel arra, hogy a csillapítást általában dB (decibel) egységben szokták kifejezni, a diagram mellett ilyen lépték is van. Amint a 13.10. ábra diagramján látható az árnyékolási tényező az f frekvencia függvénye. Zavaróhatás vizsgálatokkor a frekvenciát a készülék

meghatározza, egyébként pedig az ábra tetején látható a villám különböző kisüléseinek frekvencia tartománya.

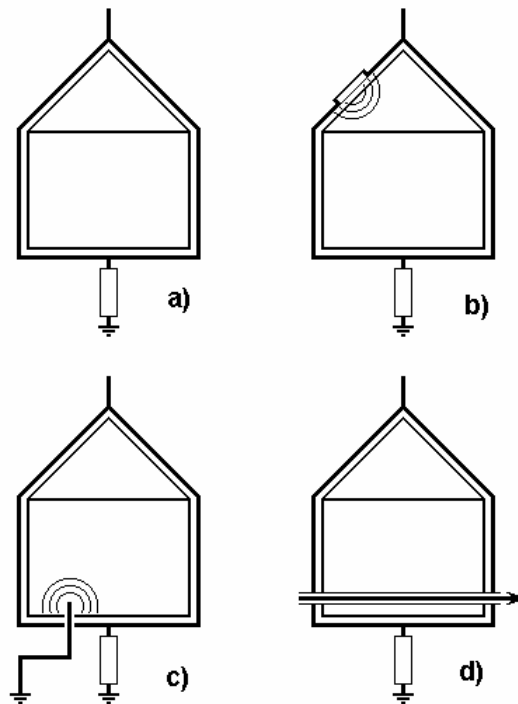


13.10. ábra

Az árnyékolási tényező a frekvencia függvényében vasbetonfal esetén.

Az árnyékolás lényegében Faraday-féle kalitka, amelynek bel-sejébe a zárt fémházak elvileg sem áramot, sem erőteret nem enged be (13.11a ábra). A zárt fémházakon levő nyílásokon, pl. a b) ábra szerinti ablakon azonban erőter hatolhat be. Erőter alakul ki a c) ábrán látható szigetelten bevezetett vezető körül a távoli földpotenciál miatt, valamint ha a d) ábra szerint az árnyékolt téren átmenő vezetőben (pl. cső, összekötősín, kábelköpeny) villámáram folyik, és körülötte

mágneses erőter keletkezik. Ezt a hiányosságot újabban Faraday-féle lyuknak is nevezik, amire a 13.11. ábra mutat néhány példát.

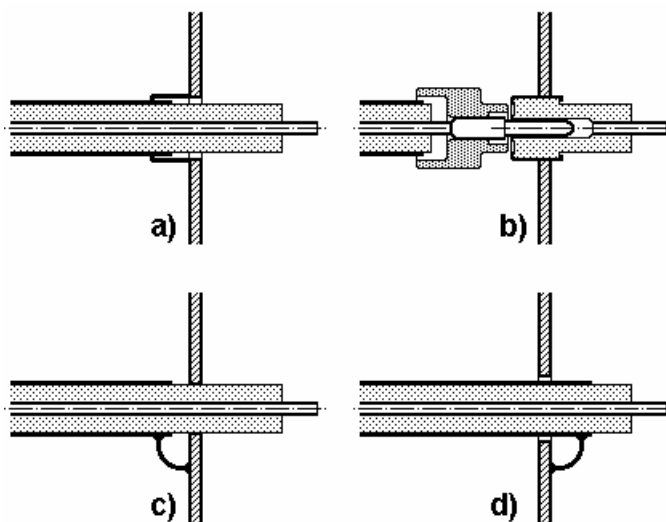


13.11. ábra
Faraday-féle kalitka (a) és Faraday-féle lyuk az árnyékoláson.

A készülékek belső terébe behatoló mágneses erőteret a fémből készült szekrény vagy doboz hatékonyan árnyékolja. Ha az ilyen tereket árnyékolt kábelek kötik össze, akkor elvileg egyetlen, összefüggő árnyékolt tér keletkezik. A kábel árnyékolásának rossz bekötése azonban Faraday-féle lyukat hozhat létre, amire a 13.12. ábra mutat példákat. Az a) ábra a megfelelően összekötött és zárt csatlakozás elvi vázlatát tünteti fel. A b) ábrán a dugón belül megszakad az árnyékolás folytonossága. A c) és a d) ábrán a kábelköpeny ugyan össze van kötve, de a belépés helyén levő hézag Faraday-féle lyukat képez.

Amennyiben árnyékolt kábelek haladnak a védendő térben, az árnyékolást legalább a két végén, illetve a villámvédelmi zónák határainál be kell kötni a földelőrendszerbe. Különálló építmények között húzódó kábeleket fémcsővekben vagy vasbeton kábelcsatornában kell vezetni. A kábelcsatornának az elejétől a

végéig összefüggő vezetőknek kell lennie, amely be van kötve a különálló építmények EPH síneibe is. Ezekkel a sínekkel össze kell csatolni a kábelek árnyékolását is.



13.12. ábra

A kábel árnyékolásának helytelen bekötése miatt keletkező Faraday-féle lyuk.

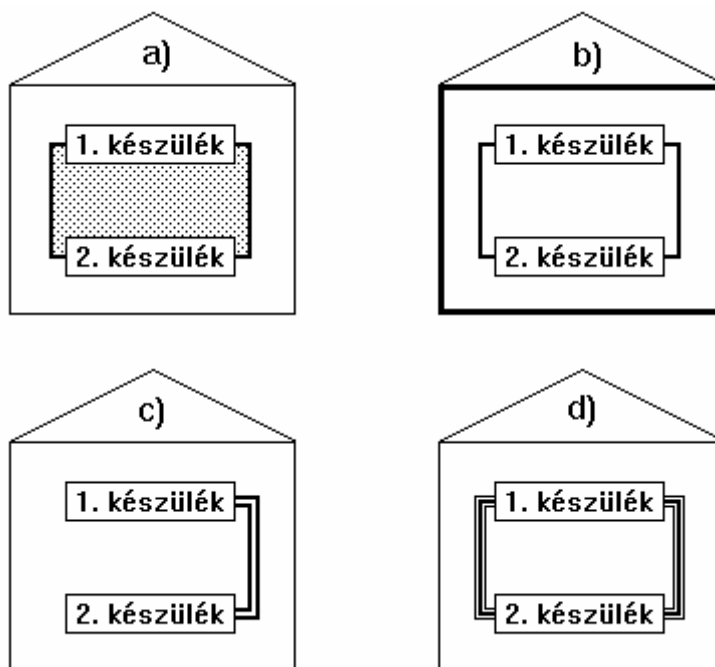
A indukált hatásokat az *árnyékolás* mellett a *nyomvonal* megfelelő kialakításával is csökkenteni lehet, amire a 13.13. ábra mutat néhány példát:

- a) A különböző nyomvonalon vezetett erősáramú és jelvezeték hurkot alkot, amelyben indukált feszültség keletkezik.
- b) Az árnyékolás kizárja a külső mágneses erőteret és így indukciós hatások nem jönnek létre.
- c) A közös nyomvonalon vezetett erősáramú és jelvezeték csökkenti az indukciós hurok méretét és ezzel az indukált feszültséget is.
- d) A vezetékek megfelelő árnyékolásával a két készülék belseje közös árnyékolt teret alkot, amelybe nem hatol be a mágneses erőter.

Ezek a módszerek egymással kombinálhatók is.

Az elektromágneses környezet javítása érdekében az összes nagyobb kiterjedésű fémszerkezetet össze kell kötni egymással és a villámhárítóval. Ilyenek pl.a fémborítású tetők és homlokzatok, a vasbeton szerkezetek acélbetétei, a fém ajtó- és ablakkeretek.

Az. **egypotenciálra hozó hálózat** (EPH) alapeleme a **földelés**, amelyet az MSZ 172/1-86 és az MSZ 274/3-81 előírásai szerint kell kialakítani.



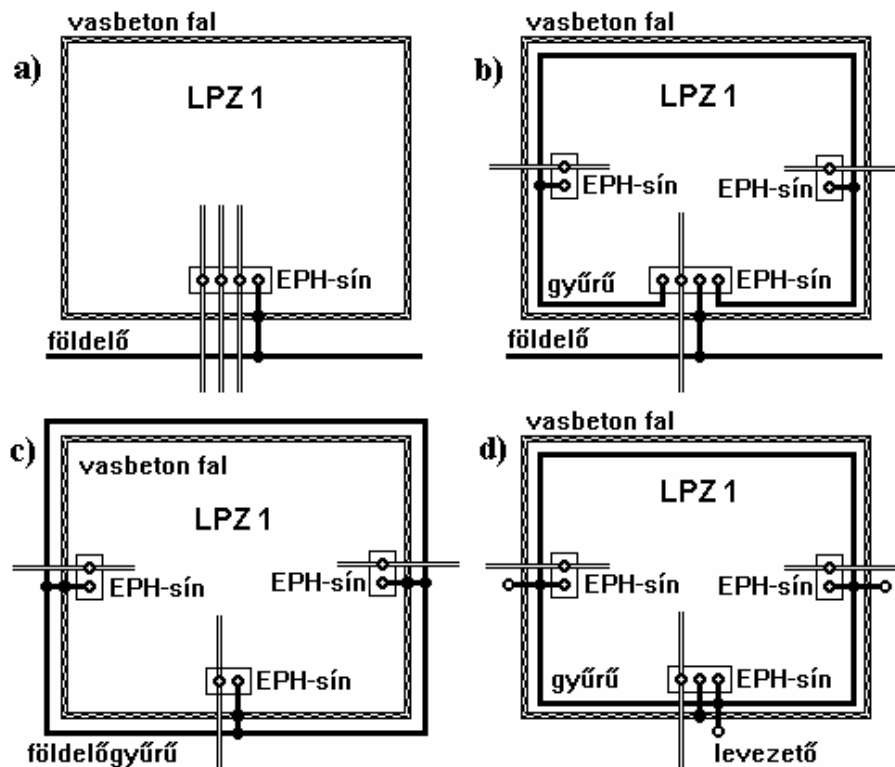
13.13. ábra

Az indukált hatások csökkentése készülékek közötti összekötés kialakításával.

Ha egymáshoz közeleső építményeket erősáramú és távközlési kábelek kötnek össze, akkor a földelőrendszereket kölcsönösen össze kell csatolni egymással. A kábelekben folyó áramok csökkentése céljából ajánlatos több párhuzamos összekötést kiépíteni. Ezt a követelményt az **F4** fokozatú hurkolt földelőháló kielégíti. A villámáram hatásait tovább csökkenti, ha a kábeleket fémcsőben vagy vasbeton vezetékcatornában helyezik el, és azt a földelőhálózattal összekötik.

A **LPZ 0_A**, **LPZ 0_B** és az **LPZ 1** zónák határán az összezsugorítás követelménye a rendszerbe belépő összes vezetőre kivétel nélkül vonatkozik.

Ha az energia betáplálás, valamint a távközlés vezetékai ill. más a vezető anyagból készült szerkezetek (pl. csővezetékek), ugyanazon a helyen lépnek be az épületbe, a 13.14. ábrán látható a) vázlat szerint az EPH-sín útján össze kell őket csatolni egymással. Abban az esetben, ha ezek különböző helyen lépnek be a rendszerbe, akkor több EPH-sínt kell kialakítani, és ezeket a lehető legrövidebb úton össze kell kötni egy földelőgyűrűvel, vagy a vasbetonszerkezetek acélbetéteivel, illetve a fémhomlokzattal. A b) ábrán a földelt EPH-sínhez csatlakozó, a zóna belsejében körülvezetett gyűrű köti össze a helyi EPH-síneket. A c) ábrán az épület körül kialakított földelőgyűrű teszi lehetővé a helyi EPH-sínek összekötését. A d) ábrán a talajszint felett belépő vezetékek helyi EPH-sínekhez csatlakoznak, amelyeket egy belső gyűrű köt össze. Ez a gyűrű egyébként a külső oldalon is lehet és a levezetők útján csatlakozik a villámhárító rendszerhez.



13.14. ábra

Külső vezetékek beléptetése LPZ O_A vagy LPZ O_B zónából LPZ 1 zónába

13.1. táblázat

Az összekötő vezetők legkisebb keresztmetszete az MSZ IEC 1312-1:97 szabvány szerint

A vezető anyaga	A szükséges keresztmetszet mm ² -ben, ha várhatóan a vezetõn folyik a	
	villámáram jelentős része	villámáram kis része
Réz	16	6
Aluminium	25	10
Acél	30	16

A vasbeton falak acélbetéteit (ha vannak) vagy más árnyékoló elemeket, pl. a fém homlokzatot általában 5 méterenként csatlakoztatni kell az egymással összekötött EPH-sinekhez, vagy a körbefutó vezetőgyűrűhöz. Az összekötő vezetők legkisebb előírt méretei attól is függenek, hogy a villámáram jelentős, vagy csak kis része fogja őket várhatóan terhelni. Az MSZ IEC 1312-1:1997 szabványban meghatározott követelmények a 13.1 táblázatban láthatók. Az EPH sineket egymással összekötő sín legkisebb keresztmetszete 50 mm², anyaga réz- vagy horganyozott acélszalag.

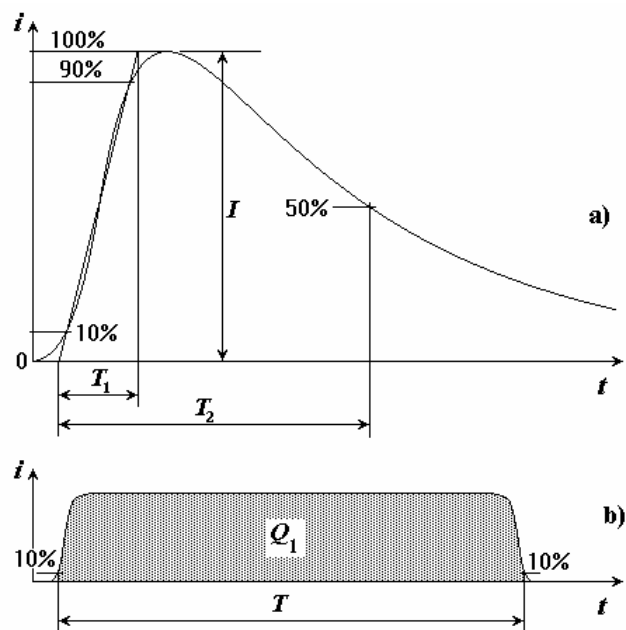
13.2. táblázat

A villámáram jellemző adatai az MSZ IEC 1312-1:97 alapján

Az áramhullám és jellemzői	Mérték-egység	Védelmi szint		
		I	II	III-IV
Első áramlökés				
Csúcsérték: I	kA	200	150	100
Homlokidő: T_1	μ s	10	10	10
Félértékidő: T_2	μ s	350	350	350
Az áramlökés töltése Q_s	C	100	75	50
Fajlagos energia: W/R	MJ/ Ω	10	5,6	2,5
Ismételt kisülés				
Csúcsérték: I	kA	50	37,5	25
Homlokidő: T_1	μ s	0,25	0,25	0,25
Félértékidő: T_2	μ s	100	100	100
Átlagos meredekség: I/T_1	kA/ μ s	200	150	100
Tartós kisülés				
Az áramlökés töltése Q_1	C	200	150	100
Időtartam: T	s	0,5	0,5	0,5

Az összekötő vezetők keresztmetszetére vonatkozó táblázatban a villámáram jelentős része a teljes áram legalább 25%-a, kis részének számít az előbbinél kisebb áramerterhelés az adott összekötési helyen.

Az **LPZ 0_A** és **LPZ 1** villámvédelmi zónák határain az összecsatolások megvalósításához használt összekötő szerelvényeknek és túlfeszültségvédelmi eszközöknek meg kell felelniük a 13.2. táblázatban meghatározott áramjellemzőknek. Az **LPZ 0_A** villám-védelmi zónába behatoló vezető alkatrészeket úgy kell tekinteni, hogy rajtuk a villámáram 100%-a megjelenhet. A zónahatáron az összecsatolásokra használt összekötő szerelvények és túlfeszültségvédelmi eszközök kiválasztásához a terhelő áram jellemzőit minden esetben külön ki kell számítani. Az **LPZ 0_B** villámvédelmi zónákban lévő külső fém-szerkezeteket úgy kell tekinteni, hogy bennük indukció hatására a villámáramnak egy kis része jelenik meg.

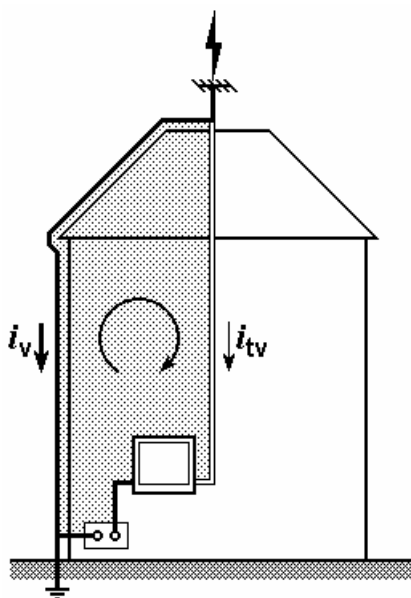


13.14. ábra

A villám áramhullámai

a) első áramlövés vagy ismételt kisülés, b) tartós kisülés.

A táblázatban szereplő különböző kisülések hullámalakját és a megadott áram- ill. időadatokat a 13.14. ábra tünteti fel. A megengedett értékek a különböző hullámalakú pozitív vagy negatív villámok közül mindig a legkedvezőtlenebbet veszik figyelembe. Az első kisülésre vonatkozó adatok a pozitív villámokra, az ismételt kisülés adatai negatív villámokra jellemzők. Tartós kisülés mindkét esetben előfordulhat. Ezeknek az adatoknak a megállapításakor figyelembe vették, hogy villámcsapások közül kb. 10% a pozitív pozitív, a többi pedig negatív polaritású. Az áram- és feszültség-hullámok alakját általában T_1/T_2 μ s alakban szokták megadni és ennek megfelelően a villámáramokat utánozó vizsgálati áramimpulzus 10/350 μ s alakú. Ezenkívül 8/20 μ s áramhullámot, valamint 1,2/50 μ s feszültség-hullámot szoktak használni.

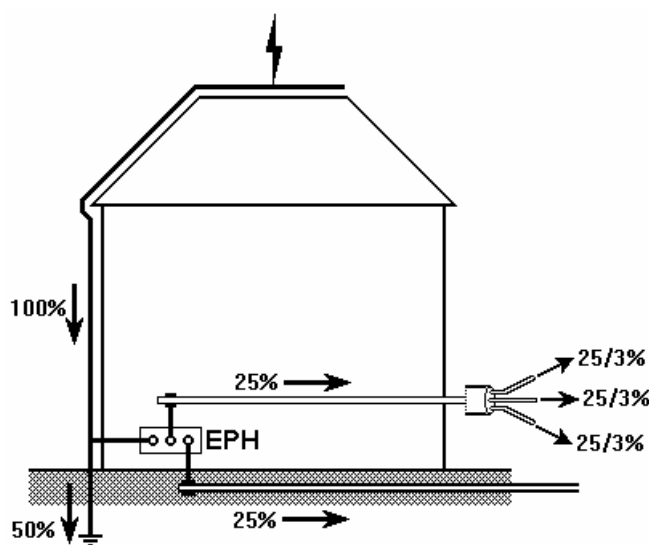


13.15. ábra.

A villámáram eloszlása a villámhárító és a tv-antennakábel között

Az épületbe belépő külső fémszerkezetekre, valamint az erős-áramú és jelvezetékekre az indukciós hurkok, továbbá a vezetékek impedanciája alapján ki kell számítani az összecsatolás helyén fellépő villám-részáramot. Például a 13.15 ábrán bemutatott esetben a tv-antennába becsapó villám árama megoszlik a villámhárító és az

antennakábel között. Az i_v villámáram az árnyékolással jelölt zárt hurokban a 13.4b ábrának megfelelő i_{tv} áramot indukál, amely az antennakábelt terheli a villámhárítón folyó áramból pedig levonódik. A hurkot több részre bontva a 13.6. ábra diagramja is használható, de az ilyen számítás általában magasabb felkészültséget követel, ezért gyakran becslésre támaszkodnak. Az adott esetben a villámáramnak kb. 5%-a folyik az antennakábelen.



13.16. ábra

A villámáram eloszlása az épületbe belépő vezetékek között

A föld alatt belépő vezetékek között a villámáram ugyancsak az impedanciák arányában oszlik el, és megfelelő adatok illetve felkészültség esetén kiszámítható. Ha konkrét egyedi számításra nincs lehetőség, azzal a feltételezéssel lehet élni, hogy a teljes villámáram 50%-a villámhárítón folyik le a földbe, a másik fele pedig eloszlik a párhuzamos áramutak között. Ennek megfelelően a 13.16. ábrán látható példa szerint a villámhárító földelésén a villámáram fele folyik (amint a 13.2. ábra mutatta), a másik fele pedig annyi részre oszlik, ahány csatlakozó rendszer fut be az épületbe. Ha n ilyen rendszer van, akkor mindegyikben $(i/2)/n$ részáramot lehet számításba venni. Így a 13.16. ábrán az épületből kilépő csővezeték is, a kábel is a teljes

villámáram 25%-át vezeti el. Az árnyékolatlan kábelek egyes ereit terhelő áramot az $i_j = i_v / m$ összefüggéssel számíthatjuk ki, ahol i_v a kábelre jutó részáram és m az erek száma. Az ábrán bemutatott példa szerint ez a 25% kábeláram harmadrésze. Árnyékolt kábelek esetén az erekben alig folyik áram. Háztartások esetén a távközlési vonalat a számítások alkalmával figyelmen kívül lehet hagyni, mivel a többi hálózaton befutó áram nagyságát nem befolyásolja. Ettől függetlenül a távközlési vonal árnyékolását is össze kell csatolni, és az össze csatolás tervezésekor az i villámáram 5%-át kell legkisebb várható terhelésnek tekinteni.

Minden jelentős kiterjedésű fémszerkezetet, mint pl. a felvonók síneit, darukat, fém padlókat, fém ajtókereteket, csővezetékeket, a lehető legrövidebb úton össze kell kötni a legközelebbi összekötő sínnel vagy más, már bekötött fémszerkezettel. Előnyös a fémszerkezetek egymással való többszörös összekötése. Az összekötő elemekben a teljes villámáramnak várhatóan csak kis része folyik.

13.3. Információs rendszerek összecsatolása

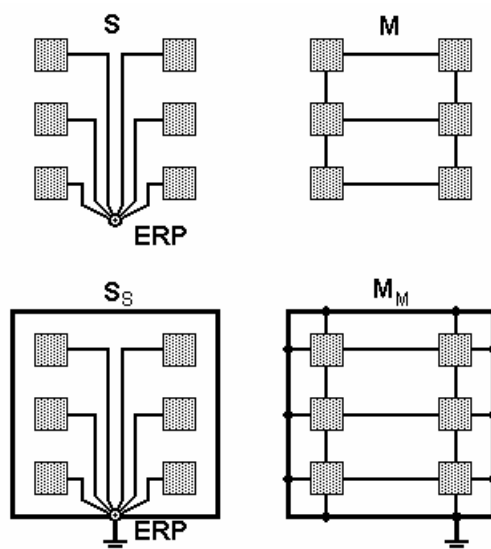
Olyan épületekben, amelyek elektromágneses villámimpulzus ellen védendő információs rendszereket tartalmaznak, az összekötő sínekből, az acélbetétekből illetve egyéb árnyékoló elemekből többszörösen összekötött vezető síkokat célszerű kialakítani. Ahhoz, hogy kis induktivitású, hurkolt földelőrendszer jöjjön létre, a külső villámvédelmi rendszert ki kell egészíteni a belső fémszerkezetek összekötésével.

Az információs rendszerhez tartozó, a villámok hatásának kitett fémszerkezetek számára összekötő hálózatot kell kiépíteni. Az összekötő hálózatot elméletileg nem kell feltétlenül földelni, mégis mindegyiket földeltnek tekintjük. A 13.17. ábra két elvi megoldást mutat az információs rendszer elemeit (fülkék, tokozások, szerelősínek, stb.) és a rendszer közös földelését összekötő hálózat felépítésére, mégpedig:

- **S** típus: sugaras elrendezés;
- **M** típus: hurkolt elrendezés.

Az **S** típusú összekötő hálózat alkalmazása esetén a rendszer összes fémes elemét az összekötési pont kivételével mindenütt

kielégítően el kell szigetelni a közös földelőrendszertől. Az **S** típusú összekötő hálózat általában olyan, viszonylag kis, helyileg zárt rendszerek esetén alkalmazható, ahol az összes csővezeték és kábel egy ponton lép be az információs rendszerbe. Az **S** típusú összekötő hálózat egyetlen ponton, a *földelési referencia pontnál* (ERP) kell bekötni a közös földelőrendszerbe, és így **S_S** típusú hálózat képződik (mint a 13.17. ábrán). Ilyen esetben az indukciós hurkok elkerülése végett a berendezés egyes egységei között az összes vezetéknek és kábelnek, az összekötő vezetékekkel párhuzamosan, a sugaras elrendezést követve kell haladniuk. Az egyetlen összekötési pont miatt ilyenkor nem hatolhatnak be a rendszerbe villámcsapásból származó kisfrekvenciás földáramok, ill. nem alakulhatnak ki az információs rendszeren belüli kisfrekvenciás zavarforrások által létrehozott földáramok.

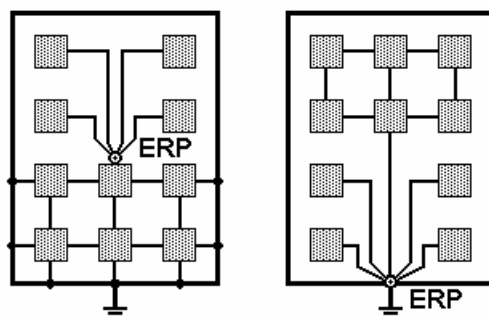


13.17. ábra

Az összekötőhálózat alapesetei, sugaras (S) és hurkolt (M) hálózat.

M típusú összekötő hálózat esetén a rendszer elemeit nem kell a közös földelőhálózat elemeitől elszigetelni. Az **M** típusú összekötő rendszert több ponton kell a közös földelőhálózattal összekötni, és így **M_M** típusú hálózat keletkezik. Általában az **M** típusú rendszer viszonylag kiterjedt, nyitott rendszerek esetén alkalmazható, ahol a berendezés egységei között sok vezeték és kábel halad, valamint a

csővezetékek és kábelek több ponton lépnek be az információs rendszerbe. Így még nagy frekvenciák esetén is kis impedanciájú hálózat alakul ki. Ezenkívül az összekötő hálózatban lévő több rövidrezárt hurok az információs rendszer környezetében csökkenti az eredeti mágneses erőteret.



13.18. ábra
Sugaras és hurkolt rendszerek kombinálása.

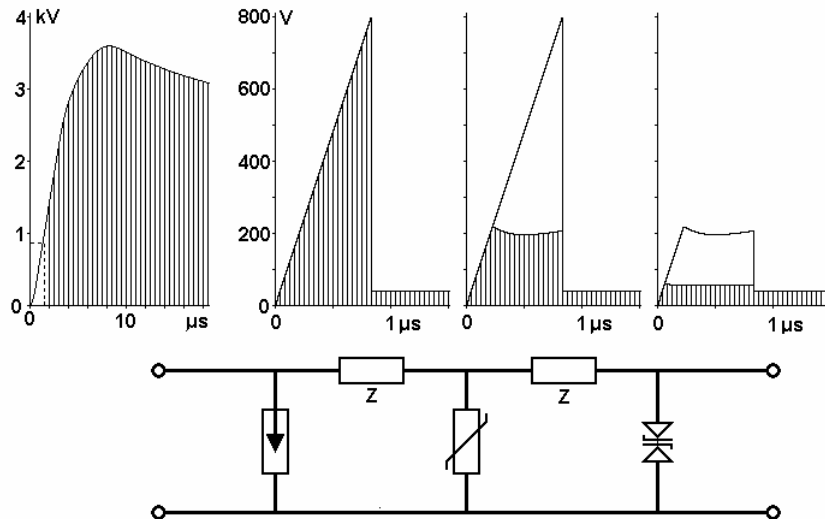
Összetett rendszerek esetén a kétféle típust (**S** és **M**) előnyösen lehet együtt alkalmazni. A 13.18. ábrán látható baloldali változat szerint egy **S** típusú helyi összekötő hálózat csatlakozik egy hálós rendszerhez. A 13.18. ábrán a jobboldalon bemutatott változat szerint egy **M** típusú helyi összekötő hálózat is csatlakozhat egy ponton, a földelési referenciapontnál (ERP) a közös földeléshez. Ilyenkor a helyi összekötő hálózat minden elemét, valamint a berendezés összes egységét kielégítően el kell szigetelni a közös földelés elemeitől, ezenkívül minden csővezetéknek és kábelnek a földelési referenciapontnál kell belépnie a rendszerbe.

Az összekötő hálózatot általában a villámvédelmi zónák határain kell összekötni a közös földeléssel, bár nem szükségszerűen ott.

13.4. Többlépcsős védelem túlfeszültségkorlátozó eszközökkel

Az összekötések, az árnyékolás és az egyenpotenciálra hozó hálózat ellenére a szigetelten vezetett villamos vezetékeken túlfeszültségek keletkeznek és áramhullámok terjednek. A külső **LPZ 0_A** vagy **LPZ 0_B** zónából bejövő vezetékeken mind a feszültség, mind az áram nagy lehet, amelyeket a rendszerbe beépített védelmi eszközöknek kell az érzékeny kisfeszültségű vagy elektronikus készülékek által elviselhető

szintre csökkentenie. Ez azt jelenti, hogy kV nagyságrendű feszültséget és kA nagyságrendű áramot kell a készülékek néhány V feszültségére ill. mA nagyságrendű áramára korlátozni. Egyetlen védőeszköz erre nem képes, ezért többlépcsős védelmet készítenek, amelynek elvi felépítését és működését a 13.19. ábra mutatja.



13.19. ábra.
Többlépcsős túlfeszültségvédelem

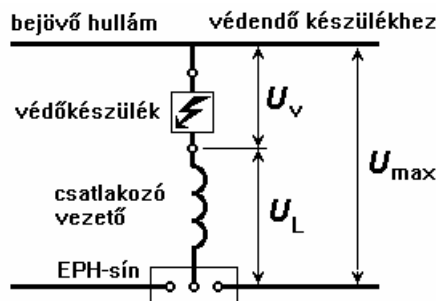
Az ábra szerint több, mint 3 kV csúcserősségű hullám jelenik meg a baloldali bemeneten, amely először egy szikraközhöz érkezik. A szikraköz helyén bármilyen kombinált túlfeszültség-korlátozó eszköz is lehet, amely nagy áramot és feszültséget képes elviselni, és a megszólalási feszültség elérésekor a feszültséget hirtelen kis értékre végja le. A második diagram a hullám elejének felnagyított képén mutatja a levágás után megmaradó feszültség-hullámot, amelynek csúcserőssége azonban még kV nagyságrendű lehet és az időtartama 1 μs körül van. Ezt az igénybevételt az érzékeny elektronikus készülékek nem tudják elviselni, ezért további korlátozásra van szükség.

A második lépcsőt az ábrán egy *varisztor* alkotja, amelynek ellenállása a példában kb. 200 V-ra felvett megszólalási feszültség fölött jelentősen csökken, és így a ráeső feszültség ennél alig emelkedik följebb. Mivel a varisztor megszólalási szintje lényegesen kisebb, mint a szikraköze, előbb lép működésbe és nem engedné, hogy

a feszültség a szikraköz gyújtási feszültségéig nőjön. Ezért soros impedanciát (Z) kell beiktatni, mert az azon eső feszültség kitölti a harmadik diagramon a hullámnak az üresen hagyott felső részét és így valamivel később a szikraköz is begyújthat, levágva a bejövő hullámot. Ez azért is fontos, mert ha a szikraköz nem lép működésbe, a bejövő hullám egyedül a varisztort terhelné és az szétrobbanna. Az impedanciának nem kell nagy lennie, hanem néhány ohm ellenállás vagy néhány menetes légmagos tekercs már megfelel.

A harmadik lépcsőben levő *szuppresszor dióda* (vagy hasonló, gyors túlfeszültségvédelmi eszköz) a hozzá befutó hullámot még másik két lépcsőt megelőzve, a kimenetre kapcsolt készülék érzékenységeinek megfelelő szintre korlátozza. Ezen a helyen nem egyszerű diódára kell gondolni, amely csak az egyik (pl. pozitív) feszültségre válnék vezetővé, hanem több elemből kialakított, szimmetrikus rendszerre. Soros impedanciára a dióda előtt is szükség van ahhoz, hogy a varisztoron létre jöjjön a megszólaláshoz szükséges feszültség. A hullám üresen hagyott része itt is az impedanciára eső feszültséget ábrázolja.

A túlfeszültségvédelmi eszközöknek a rajtuk átfolyó részáramon kívül meg kell felelniük a keletkező legnagyobb feszültség-hullám által támasztott követelményeknek, valamint képesnek kell lenniük az utánfolyó hálózati (zárlati) áram megszakítására is.

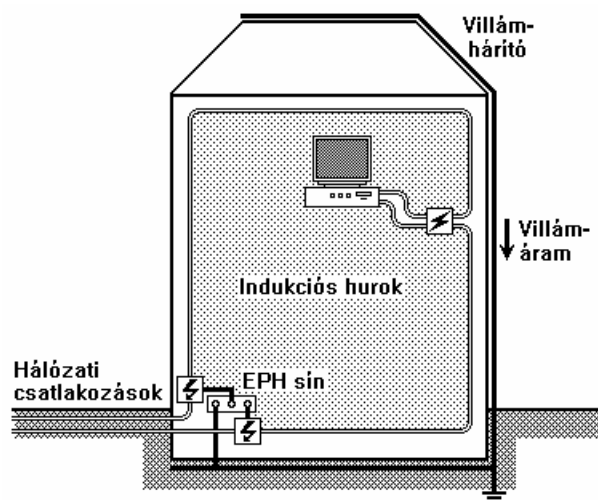


13.20. ábra.

A túlfeszültség-korlátozó eszköz után megjelenő feszültség.

A túlfeszültség-korlátozó eszközöket a helyi EPH sínhez a lehető legrövidebb vezetővel kell csatlakoztatni. Ellenkező esetben a csatlakozóvezető impedanciáján (főleg az induktivitásán) eső U_L feszültség

a 13.20. ábra szerint hozzáadódik a védőkészüléken eső U_v feszültséghez és a védendő készüléken U_{max} feszültség jelenik meg. A védendő készülék bemenetén az így adódó feszültségnek kell a rendszer érzékenységeivel összhangban lennie. Tekintettel arra, hogy az U_L az U_v feszültségek csúcsértéke nem feltétlenül egyidejűleg jön létre, sőt amikor az egyiknek csúcsértéke van a másik éppen kicsi, az eredőjük nem képezhető egyszerű összedással. Ennek következtében az összetevők csúcsértéke többnyire alig kisebb, mint az U_{max} csúcsértéke.

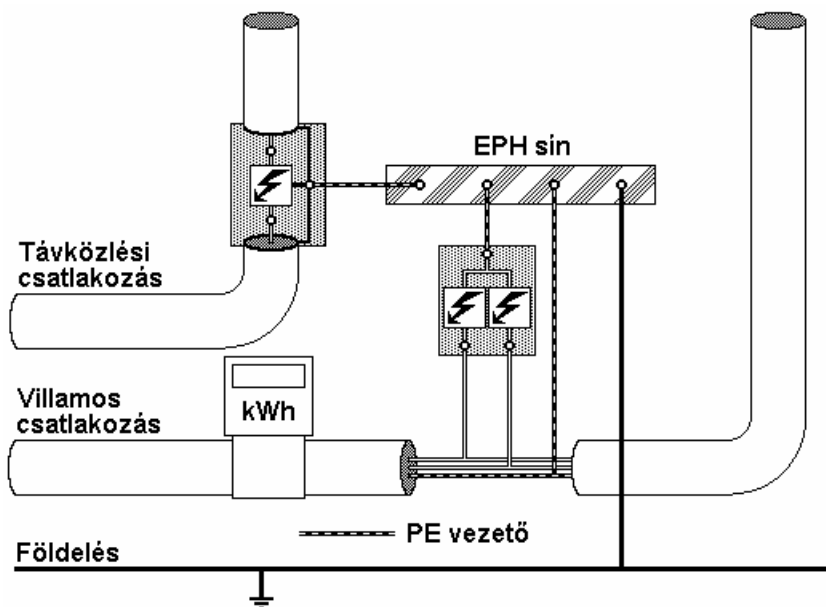


13.21. ábra

A hálózati csatlakozások összezsatolása és
a számítógép védelme az indukált feszültség ellen.

A többlépcsős védelem első fokozatának készülékeit általában a 13.21. ábra szerint a hálózati csatlakozások közelében kell elhelyezni. Ezen a helyen a megfelelően kialakított összezsatolás eredményeképpen a különféle vezetők között nem alakul ki nagy feszültségkülönbség. Ha azonban az épületben olyan készülék is van, amelyhez különböző nyomvonalon vezetett csatlakozások vannak, mint a 13.21. ábrán az erősáramú és a távközlési hálózatra egyaránt rákapcsolt számítógép, akkor a villámáram hatására indukált feszültség jelenik meg a kapcsain. Az ebből eredő károk elhárítása céljából az ilyen készülék elé kell elhelyezni a második, vagy a harmadik védemi lépcsőt.

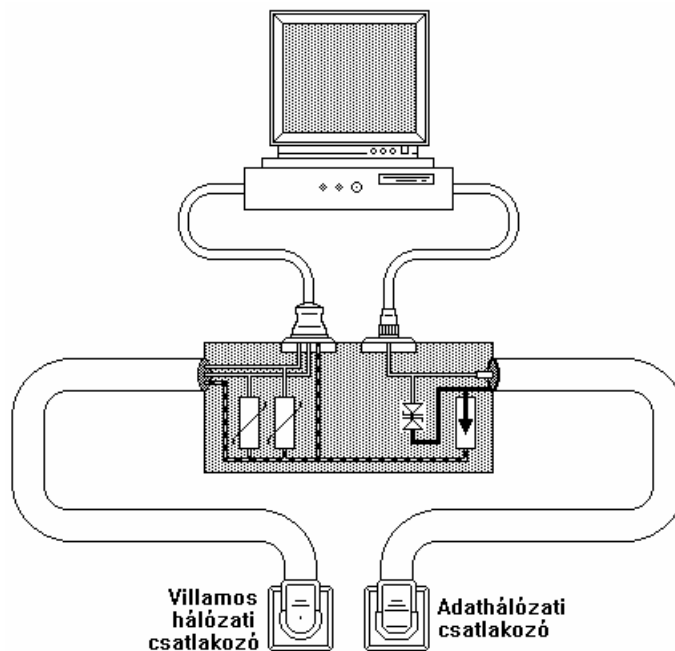
A 13.22. ábra olyan hálózati csatlakozásra mutat példát, ahol egyfázisú erősáramú vezeték, valamint távközlési koaxiális kábel lép be az épületbe. Az erősáramú vezeték védőkészülékei az általános gyakorlatnak megfelelően a fogyasztásmérő (kWh) után csatolják össze a bejövő vezetők az EPH-sínnel. Ez azzal járhat, hogy túlfeszültség levezetésekor a hálózathoz jövő utánfolyó zárlati áram hatására a fogyasztásmérőnél elhelyezett túláramvédelem (pl. kis megszakítók) feleslegesen lekapcsolják a berendezést. Ha nincs akadálya, akkor célszerűbb az összecsatolást közvetlenül a túláramvédelem (és a fogyasztásmérő) elé beiktatni. A távközlési koaxiális kábelben hasonló összecsatolást kell készíteni és gondoskodni kell arról, hogy az árnyékolás folytonossága ne szakadjon meg. Az ide beépített védőkészülékek a hálózati oldal felől a villámáram jelentős részének lehetnek kitéve, ezért a terhelésüket, valamint a csatlakozó vezetők méreteit ennek megfelelően kell meghatározni (13.1. táblázat)



13.23. ábra
Villamos és távközlési csatlakozás túlfeszültség-korlátozókkal

A számítógépnél kialakítandó összecsatolás elemei az indukált feszültségből és áramból eredő igénybevételnek vannak kitéve, amely lényegesen kisebb, mint a hálózati csatlakozás helyén. Ez a több-

lépcsős védelem második lépcsője, ahol a villámáram kis részéből eredő terhelésekkel kell számolni. A kétféle hálózatra kapcsolódó készülék védelmének különlegessége, hogy a két rendszert nemcsak a földdel, hanem a 13.23. ábra szerint egymással is össze kell csatolni. Az erősáramú rendszerből az adatátviteli rendszerbe behatoló zavaró feszültségek kiküszöbölése céljából azonban az erősáramú rendszer védővezetője és a koaxiális kábel árnyékolása közé szikraköz van beiktatva, noha elvileg mindkettő földpotenciálon van.

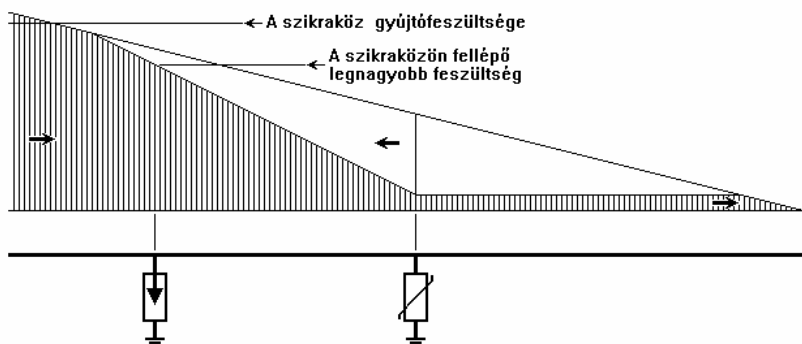


13.23. ábra.
Kétféle hálózathoz kapcsolódó készülék összecsatolása.

Az előbbi példán bemutatott védelem alapelvei nemcsak számítógépek re érvényesek, hanem minden olyan berendezésre, amely kétféle hálózathoz kapcsolódik. Jellegzetes példák: a telefax, a telex, a telefon üzenetrögzítő, a kábelantennára csatlakozó televízió és videó felvevő, valamint az erősáramú csatlakozást igénylő korszerű elektronikus készülékek közül egyre több.

A többlépcsős védelem készülékeit sok esetben jelentős távolság választja el egymástól, mint a 13.21. ábrán a számítógépet, vagy a

13.9. ábrán az emeleti egységeket az épület hálózati csatlakozásaitól. A lépcsők közötti impedancia ebben az esetben elég arra, hogy a 13.19. ábrán látható soros impedanciákat pótolja, ezért ilyenkor nem is iktatnak be soros elemeket. Tudatában kell azonban lenni annak, hogy a kisebb feszültségen megszólaló védőkészülék az általa meghatározott szinten tartja a feszültséget és előfordulhat, hogy a nagyobb feszültségre beállított másik lépcső emiatt esetleg nem lép működésbe. Ilyen eset akkor következik be, ha a két lépcső között kicsi a távolság és soros impedancia nincs beiktatva. A 13.24. ábra azt mutatja, hogy a varisztor levágja a beérkező hullámot és egy visszavert hullámot indít el. Ez a bejövő hullámból levonódik és egyrészt megnöveli a hullám meredekségét a két készülék között, másrészt csökkenti a szikraközön megjelenő feszültséget. A szikraköz így nem szólal meg, hanem a varisztort terheli a bejövő hullám teljes energiája, amittől felrobban. A szokásos vezetékekkel ezért legalább 6 m, de inkább 10 m távolságot célszerű tartani az egyes lépcsők között, vagy soros impedanciát kell beiktatni.



13.24. ábra

A varisztorhoz közel elhelyezett szikraközön soros impedancia nélkül nincs elég nagy feszültség a megszólaláshoz.

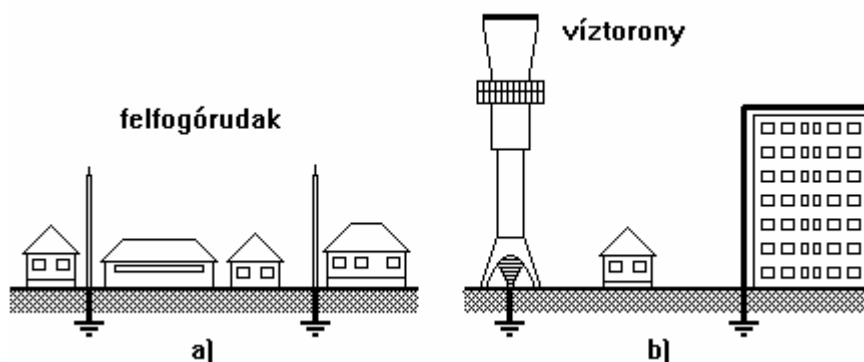
Az összekötő szerelvények és a túlfeszültségvédelmi elemek kiválasztásához az áram jellemzőit egyedileg kell kiszámítani. A különböző zónahatárokon beépített túlfeszültségvédelmi elemek kiválasztásánál az energiaelnyelő képességükre is tekintettel kell lenni. Ha túl nagy különbség van az egyes lépcsők megszólalási feszültsége között, akkor előfordulhat, hogy az első fokozat által átengedett,

levágott hullám energiája meghaladja a finomabb fokozat energia-elnyelő képességét és tönkreteszi azt.

14. Építmények közös (csoportos) villámvédelme

Az egymáshoz közel levő épületek villámvédelem szempontjából nem függetlenek egymástól, ezért közös elemek felhasználásával csoportos védelmet is ki lehet alakítani. A műszaki követelményeket meghatározó MSZ 274/3-81 szabvány csak a *közös felfogórendszer* fogalmát használja, tehát a csoportos villámvédelem többi eleme (levezetők, földelés, belső villámvédelem, elektromágneses villámimpulzus elleni védelem) már nem tekinthető közösnek. Tekintettel arra, hogy csoportos villámvédelem gazdasági és műszaki előnyöket nyújt, célszerű ezeket kihasználni.

A csoportos villámvédelemre jellemző, hogy a villámhárító a védendő épületek vagy építmények egy részétől, vagy mindegyiktől független, vagyis a **d** fokozatnak felel meg. Az épülettől független villámhárító műszaki követelményeit a szabvány meghatározza, de alkalmazását sehol sem írja elő kötelező jelleggel. Az épülettől független villámhárító megoldása akár épületcsoport, akár egyedi épület esetén azonos, ezért a következők mindkét esetre vonatkoznak.



14.1. ábra.

Az épülettől független villámhárítók

Akár az épülettől független villámhárítót, akár az épületcsoport közös védelmét nézve a létesítés, de elsősorban a felülvizsgálat szempontjából két csoportot lehet megkülönböztetni.

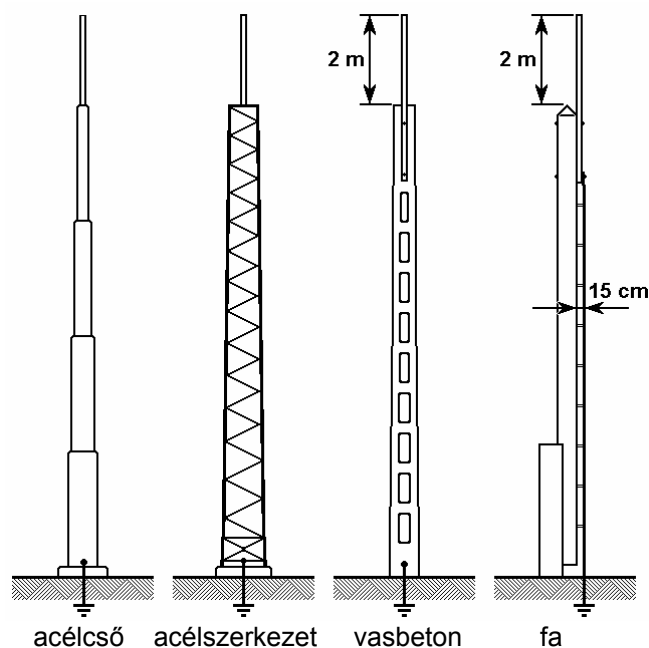
1. Az egyik csoportba tartoznak azok az esetek, ahol az épület, vagy épületcsoport villámvédelmét céltudatosan **d** fokozatú független

villámhárítóval valósították meg (14.1a ábra), elkerülve pl. a belső villámvédelem problémáinak egy részét.

2. A második csoportot azok az esetek alkotják, ahol az adott létesítmény (vagy épületcsoport) villámvédelmére a környezetben lévő természetes felfogókat, vagy a szomszédos építményeken létesített villámvédelmi berendezéseket használták fel és így a védendő épületen vagy épületeken esetleg semmilyen további védelem kiépítésére nincs szükség (14.1b ábra). Különösen a második esetre érdemes figyelni, mert a környezet adottságainak kihasználásával költséges és műszakilag indokolatlan intézkedéseket lehet megelőzni a felülvizsgálat során is.

14.1 A független villámhárító általános előírásai

A független villámhárító olyan műszaki megoldás, ahol a villámvédelmi berendezés részei, elemei az építményhez nem kapcsolódnak, hanem vagy külön erre a célra telepített szerkezeteken, vagy más építményeken vannak elhelyezve.

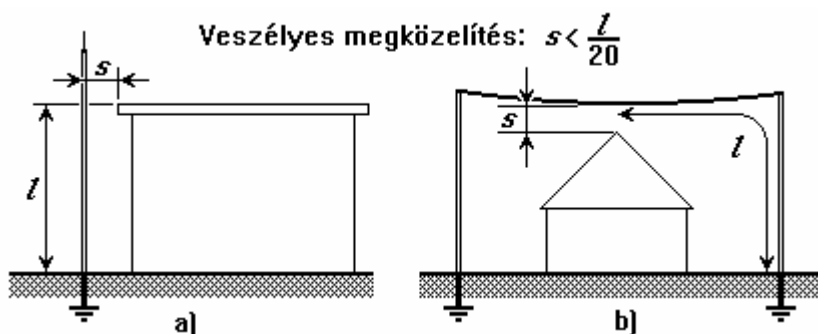


14.2. ábra.
Az épülettől független felfogóoszlopok

A *felfogórendszer* akár a védendő épülettől független felfogórudakból vagy felfogóvezetőkben (14.1a ábra), akár egy másik épület természetes vagy mesterséges felfogójához tartozó részekből állhat (14.1b ábra).

A különálló felfogórudak oszlopai készülhetnek teljes egészében fémből, betonból vagy fából. A beton és fa oszlopokra magasságukat legalább 2 méterrel meghaladó fém felfogórudat kell szerelni. A betonoszlopok levezetői elhelyezhetők közvetlenül az oszlopon, de futhatnak annak belsejében is, faoszlopok esetében viszont az oszlop és a levezető között legalább 15 cm távolságot kell tartani. (14.2. ábra).

Alapvető követelmény, hogy a független villámhárító vezetői nem közelíthetik meg olyan mértékben a védett épületet, hogy *másodlagos kisülés* veszélye álljon fenn. Ezt az MSZ 274/3 szabvány 7.1 szakasza alapján kell ellenőrizni. A 14.3. ábrán a független villámhárítókra jellemző két példa látható.

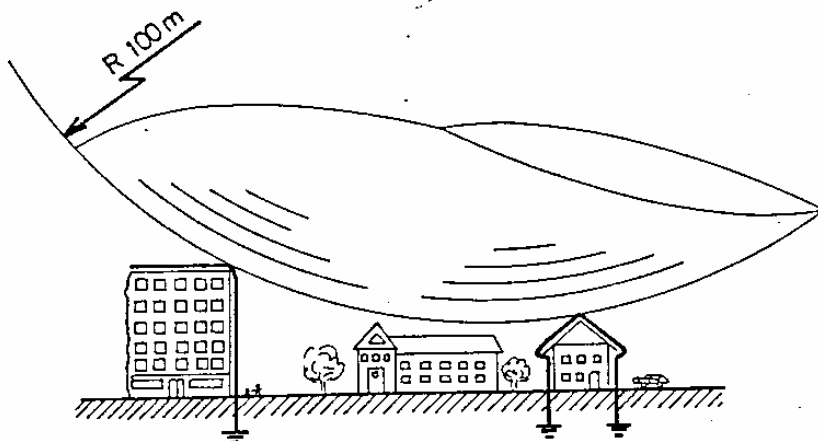


14.3. ábra.
Veszélyes megközelítés esetei független villámhárítónál

További általános érvényű szabály az is, hogy ha a független villámhárító valamelyik szerkezeti eleme valamelyik épületen van, akkor ki kell elégítenie az adott épületre vonatkozó követelményeket is. Így pl. **T5** vagy **T4** csoportba sorolt tetőn be kell tartani a **c** fokozatnak megfelelő 50 cm-es távolságot.

A független villámhárítónál az eredő áramút hosszát nem kell kiszámítani, hanem a szerkezeti elemek elrendezéséből a levezetők és a földelések száma is kiadódik.

A közös felfogórendszer előnyeit úgy is ki lehet használni, hogy a szomszédos épületek egységesen kezelt villámvédelme az egyes épületekre készítendő villámhárítót egyszerűsítheti. Erre nemcsak akkor van lehetőség, ha a 14.1b ábrához hasonlóan a közeli magas épületek védelmet nyújtanak egy alacsony épület számára, hanem az alacsonyabb épületekre felszerelt villámhárítók is jelentős mértékben hozzájárulhatnak a jóval magasabb épületek villámvédelméhez!



14.4. ábra.

Alacsony épület villámvédelme közös felfogórendszerrel.

Első példaként vizsgáljuk meg a 14.4. számú ábra közepén lévő épület villámvédelmét. Az épület 13 méter magas, a baloldalon ábrázolt épület pedig 22 méter távolságra van tőle, ezért a környezet becsapási veszélyt csökkentő hatásával nem számolhatunk. A középső épület magasság szerinti besorolása tehát **M2**, az többi szempontból pedig: **R3**, **T4** és **K1**. Az MSZ 274/3-81 szabvány értelmében a szükséges villámvédelmi fokozat (lásd: 7.1. és 7.2. táblázat):

V3c - L3a - F3/r.

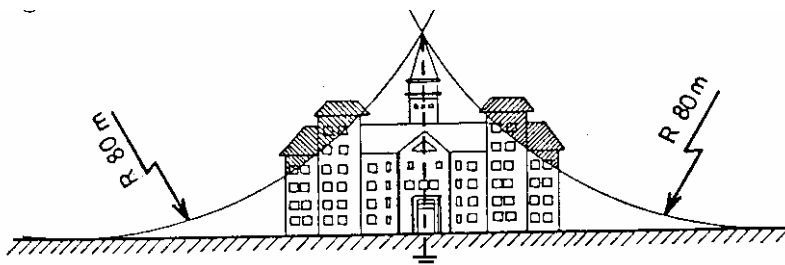
A **V3** fokozatnak $R = 100$ méter sugarú gördülő gömb felel meg, amely az ábra szerint a villámhárítók érintése nélkül nem érinti a védett épületet, tehát az épületre nem kell villámhárítót szerelni. Természetesen bármelyik közeli épület lebontása alapvetően megváltoztatná a helyzetet.

Második példánkban az **R3** csoportba sorolt múzeumépület villámvédelmét vizsgáljuk. Az épület közepén 41 méter magasságig

kiemelkedő tornyon helyeztek el felfogót, a többi részen nincs villámhárító. Az **M4**, **T3** és **K1** besorolásnak megfelelően a szükséges villámvédelmi fokozat:

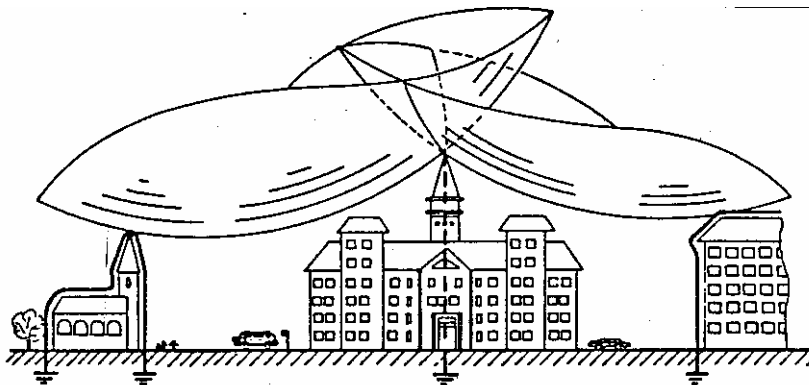
V4b - L5a - F4/r.

A **V4** fokozatnak $R = 80$ méter sugarú gördülő gömb felel meg, ezért a 14.5. ábra alapján úgy tűnik, hogy a villámvédelem nem felel meg az előírt követelményeknek. Ha viszont figyelembe vesszük a viszonylag nagy távolságra (35 és 26 méterre) lévő alacsonyabb épületek (mindkettő 27 méter magas) felfogóit is, a gördülő gömb a 14.6. ábra szerint már seholsem éri el a védendő épületet. Közös felfogórendszert véve figyelembe tehát a középső épület vilámvédelme megfelelő, ha egyébként a rajta levő villámhárító valamennyi szerkezeti elem eleme kielégíti a szabványos követelményeket.



14.5. ábra.

A környező épületek figyelembe vétele nélkül a felfogó nem felel meg.



14.6. ábra.

A környező épületek figyelembe vételével a felfogó megfelelő.

14.2. A közös illetve független villámhárító ellenőrzése

A közös felfogórendszert úgy kell kialakítani, hogy a védendő építményeket ne metszhesse a szükséges fokozatnak megfelelő sugarú gördülő gömb a felfogók érintése nélkül. A szükséges fokozatot épületenként kell megállapítani. Abban az esetben, ha a 7.1. táblázat szerint **V2** vagy **V3** fokozat van előírva, a gördülő gömb sugara a **V3** fokozatnak megfelelő $R = 100$ m. Fel kell hívni a figyelmet arra, hogy a **V3** fokozatú felfogó szerkesztésére egyébként szabványos védőszög ill. körlap módszer közös felfogó szerkesztésekor nem használható! Ha az előírt fokozat **V4...V6** akkor az adott épületre az annak megfelelő gömbsugarat kell alkalmazni. Az előbbiek szerint tehát előfordul, hogy ugyanazt a közös felfogórendszert különböző gömbsugarakkal kell ellenőrizni.

A felfogó ellenőrzésének menete a következő:

1. Minden egyes védendő épületre megállapítjuk a felfogóra előírt fokozatot a 7.1. táblázat felhasználásával.
2. A felfogó általános elrendezésének fokozata alapján mindegyik épületre meghatározzuk a gördülő gömb sugarát, figyelembe véve a **V2** fokozatra vonatkozó előbbi megjegyzést.
3. Szerkesztéssel vagy számítással ellenőrizzük, hogy a gördülő gömb érintheti-e az adott épületet a villámhárító felfogók érintése nélkül. Ezt a műveletet minden épületre el kell végezni 2. pont szerint hozzá tartozó gömbsugárral.
4. Ellenőrizzük a levezetőket, amelyekre kétféle követelmény lehet :
 - Abban az esetben, ha a közös villámhárító elemei a 14.1a ábra szerint független oszlopokon vannak, vagy természetes levezető van, vagy faoszlopnál a 14.3. ábra szerint egy levezető megfelel.
 - Abban az esetben, ha a közös villámhárító egyik eleme a 14.1b ábra szerint valamelyik épületen van, a levezetőnek meg kell felelnie az arra az épületre vonatkozó követelményeknek (vagyis a 7.2. táblázat szerinti fokozatnak).
6. Ellenőrizzük a földelési ellenállások értékét. Ebben az esetben szintén figyelembe kell venni a közös villámhárító felépítését.

- Az önálló felfogóoszlopokat **F2/x** fokozatú földelővel kell ellátni (10.1. ábra), tehát a földelési ellenállásra nincs előírás. Az épületen levő villámhárító földelésére ugyanaz érvényes, mintha egyedül lenne. Fokozatát az épület besorolása alapján a 7.2. táblázatból lehet meghatározni.
 - Ha a földelési ellenállás előírt értékét számítással kell meghatározni, akkor a (10/1) vagy a (10/2) képletben *A* az adott épület alapterülete.
 - Ha a közös villámhárítóval védett épületcsoportnak az összes épületre kiterjedő összefüggő földelőrendszere van az *A* terület a földelő által körülvevett terület.
7. Mindegyik épületre külön ellenőrizzük a 14.1. szakaszban tárgyalt többi követelmény (pl. belső villámvédelem) teljesülését.

15. A villámvédelem ellenőrzése és felülvizsgálata

Az elkészült új villámhárító berendezést az üzembevétel alkalmával ellenőrizni kell. A meglevő villámhárítót az OTSZ 40.§ (3) bekezdése szerint időszakos felülvizsgálatnak kell alávetni, mégpedig:

az **A** és a **B** tűzveszélyességi osztályba tartozó létesítmények esetén **3 évenként**;

a **C** tűzveszélyességi osztályba tartozó létesítmények esetén **6 évenként**;

a **D** és az **E** tűzveszélyességi osztályba tartozó létesítmények esetén **9 évenként**.

Az ellenőrzést illetve felülvizsgálatot csak megfelelő szakképzettségű személy végezheti el.

15.1. A helyszíni vizsgálat előkészítése

Első lépésként meg kell ismerkedni az létesítmény nagyságával, az ott folyó tevékenységgel, sőt, célszerű a technológiai folyamat főbb lépéseinek áttekintése is.

A helyszíni felülvizsgálatok előkészítésének legfontosabb része a *dokumentációk ellenőrzése*.

A villámhárító berendezés ellenőrzéséhez szükséges dokumentációkat az üzemeltetőnek kell a felülvizsgáló rendelkezésére bocsátania. Ha a dokumentációk hiányosak, a minősítéshez lényeges hiányzó adatokat a felülvizsgáló maga állapíthatja meg (akár reális becsléssel), de a jelentésben erre fel kell hívnia az üzemeltető figyelmét. Ha a felülvizsgáló által becsült adatok (pl. az épület tűzveszélyességi besorolása) és a később, pótlólag átadott hivatalos üzemi adatok eltérnek egymástól, a villámvédelmi felülvizsgálatot meg kell ismételni.

A villámvédelmi felülvizsgálat elvégzéséhez a következőkben felsorolt dokumentációk szükségesek:

Feltétlenül szükséges dokumentációk:

- a tűzveszélyességi osztályba való besorolás,
- az épület építészeti rajza (alaprajz, homlokzatok, tető rajz),

- az épület anyagának tűzrendészeti tulajdonságai (tető rétegrendek),
- a villámvédelmi berendezés tervdokumentációja,
- a tűzrendészeti hatóság vagy egyéb hatóság külön előírása,
- felújítások, javítások dokumentációja,
- egyéb hatósági engedélyek.

Az előbb felsorolt dokumentáció képezi az épület villámvédelmi besorolásának alapját, ezért feltétlenül szükséges!

Egyéb kiegészítő dokumentációk:

- az utolsó villámvédelmi felülvizsgálati jelentés,
- az utolsó tűzvédelmi-szabványossági felülvizsgálati jelentés,
- az utolsó érintésvédelmi szabványossági felülvizsgálati jelentés,
- a kábelhálózat nyomvonalrajza,
- a villamos hálózat helyszínrajza, az erősáramú földelők helyének megjelölésével,
- a közmű csatlakozások helyszínrajzai.

A tárgylagosság kedvéért meg kell említenünk hogy az előbb felsorolt valamennyi dokumentáció, minden felülvizsgálandó épületre vonatkozóan csak kivételesen ritka esetben áll a felülvizsgáló rendelkezésére. Ettől függetlenül a meglévő dokumentációt gondosan át kell tanulmányozni a következő két ok miatt:

1. a dokumentációk tartalma (pl.: a tűzveszélyességi osztályba való besorolás) a villámhárító szükséges fokozatának meghatározását segíti elő.
2. a villámvédelem esetleg meglévő problémáira a dokumentációk már eleve felhívhatják a figyelmünket.

A dokumentációk ellenőrzése során tett észrevételeinkről feljegyzéseket kell készíteni, mert erre a jelentés készítéséhez szükség lesz (lásd a 15.4. fejezetet). Ezekben pontosan le kell írni az adott dokumentáció azonosításához szükséges adatokat, mégpedig: ki készítette, mikor, mi a nyilvántartási száma, stb. Ha az azonosításhoz szükséges adatok egészen vagy részben hiányoznak, ezt a tényt kell rögzítenünk, például így:

"a tervdokumentáció rajzain a szövegmező olvashatatlan, az aláírások szintén olvashatatlanok".

A dokumentált adatokat nem pótolja az éppen a helyszínen levő "szakemberek" szóbeli nyilatkozata, amely a hozzáértés hiánya vagy a, felületes emlékezet miatt gyakran megbízhatatlan.

Az azonosító adatok után az ellenőrzött dokumentációval kapcsolatos észrevételeinket kell feljegyeznünk, amelyek az alább felsoroltak lehetnek.

A *tűzveszélyességi osztályba* való besorolás ma már szinte minden vállalatnál megtalálható. Villámvédelmi szempontból a teljes épület besorolása a döntő, így az egyes helyiségek, de különösen a tűz-szakaszok besorolásával szükségtelen behatóbban foglalkoznunk. Ha viszont a tűzveszélyességi besorolás megváltozott, ez a körülmény döntően befolyásolhatja a felülvizsgálat eredményét.

Az *épület építészeti rajza* - az új épületekét kivéve - ugyancsak ritkán található meg. Ez sajnálatos körülmény, hiszen a villámvédelem felülbírálatához feltétlenül szükség van a léptékhelyes építészeti rajzokra, ennek hiányában ugyanis nem lehet a villámhárító felfogót az előírt sugarú gördülő gömbbel ellenőrizni. Ha elkerülhetetlenül indokolt, az építmény (részleges) építészeti felmérési dokumentációját el lehet készíttetni.

Az *épületszerkezetek éghetőségéről* többnyire alig találhatók hiteles adatok. Megfelelő tanusítvány (műbizonylat, termékleírás stb.) hiányában célszerű az anyag gyártójához esetleg minősítő intézethez fordulni. Jobb híján katalógus adatokat is el lehet fogadni.

A *villámvédelmi berendezés tervdokumentációjának ellenőrzése* az előkészítés egyik fontosabb része. Az ellenőrzés alkalmával a terveket az alább felsorolt valamennyi szempont szerint minősítünk kell.

1. A tervdokumentációnak tartalmaznia kell az MSZ 274/2 szabványban az épület villámvédelmi besorolását (a szabványos jelöléssel) és az ehhez szükséges kiinduló adatokat:
 - az épület rendeltetését és az ennek megfelelő csoportba való besorolást;
 - az épület magasságára és környezetére vonatkozó adatokat és az ennek megfelelő csoportba való besorolást;

- tetőszerkezet és héjázat leírását és anyagait valamint a tető besorolását;
 - a körítőfalak anyagának adatait és az ennek megfelelő besorolást;
 - a környező levegő szennyezettsége szerinti besorolást.
2. A tervdokumentációban fel kell tüntetni a villámhárító berendezés szabvány szerinti fokozatát (lásd a 4.3. fejezetet).
 3. A tervdokumentációnak tételesen tartalmaznia kell a belső villám- védelemmel kapcsolatos összekötések előírását.
 4. A tervdokumentációban fel kell tüntetni a földelők helyét és méreteit, a különböző földelők közötti összekötéseket, valamint a földelési ellenállásra vonatkozó követelményeket.
 5. A tervdokumentáció egyértelműsége céljából a szükséges mélységig ki kell térni valamennyi - elsősorban az adott épület sajátosságaiból eredő - részletmegoldásra, amely az alapvető villanszerelői szak-tudást meghaladó mértékű ismereteket kíván, vagy amelyre kettő vagy több megoldási lehetőség adódik.

A tűzrendészeti hatóság vagy egyéb szerv külön előírására azért van szükség, mert a hatóságok sok esetben a szabvány előírásain túlmenő intézkedésekre is kötelezték az üzemeltetőt.

A legutolsó villamos biztonságtechnikai felülvizsgálati jelentések átnézése (ha egyáltalán vannak ilyenek) már önmagában is segítséget nyújthat a felülvizsgálat elvégzéséhez. Ez ugyanis általános képet ad az üzem műszaki állapotáról, sőt, – a hibák jellege és száma alapján – az üzem vezetéséről is!

A vezetékek és kábelek nyomvonalrajza elsősorban a villámcsapás másodlagos hatásai elleni védelem szempontjából lehet fontos.

15.2. A helyszíni vizsgálat elvégzésének módja

A helyszíni vizsgálat módszere a *szemrevételezés* és a *mérés*. A vizsgálat menetét a 4., 7...10. fejezetek már részben összefoglalták.

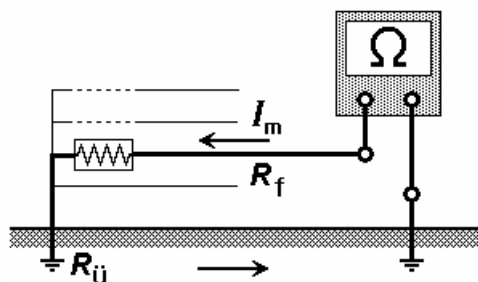
A **szemrevételezés** minden ellenőrző vizsgálatnak – és így a villámvédelmi felülvizsgálatnak is – elsődleges, alapvetően fontos része. Szemrevételezéssel kell ellenőrizni magát az épületet, a

villámhárítót és a környezetet. Az épület ellenőrzés a dokumentációban talált adatokra, az épület állagára és a dokumentációval való összhangjára terjed ki. Itt említjük meg, hogy a villámhárítót mindig a létesítés idején érvényben volt szabvány alapján kell ellenőrizni (tehát pl. egy 1978-ban létesített villámhárító nem a jelenleg érvényes villámvédelmi szabvány előírásainak, hanem az 1978-ban érvényes MSZ 274-72 szabvány követelményeinek feleljen meg. A régi kiadások a szabványtárban kereshetők meg). Ha a tetőt ill. a villámhárítót felújították, a felújítás idején érvényes szabványnak kell megfelelnie. A villámhárító és a környezet szemrevételezéses ellenőrzése szerves része a felülvizsgálatnak. A környezet ellenőrzése kapcsán hívjuk fel a figyelmet arra, hogy a minősítés teljesen független attól, hogy a környezetben talált építmények kinek a tulajdonában vannak. Fontos lehet azonban a környezet bármilyen megváltozása akkor, ha ezáltal az eredetileg kialakított közös felfogórendszer is módosul.

A **mérések** elvégzésével kapcsolatosak a következők tudnivalók: A méréssel a villámhárító folytonosságát és a földelési ellenállásokat vizsgálhatjuk. Az utóbbinál előnyben kell részesíteni az erősáramú mérési módszereket. A gyakorlatban sokszor gyári célműszereket használnak, mint amilyenek az ÉVÉ-AUT II., ÉVÉ-UNIVERSAL, vagy a gyengeáramúak közül a XT típus vagy az EVERSLED gyártmányú induktoros mérőműszer, viszont hangsúlyozni szeretnénk azt is, hogy az MSZ 4851/2 szabvány előírásait kielégítő elemeket tartalmazó, "házilag" összeépített mérőkör is éppen úgy megfelel a célnak.

A műszereket kétévenként hitelesíteni kell. A mérések során fokozottan kell figyelni a balesetvédelmi szabályokra és a környezeti adottságokra (pl. áram-védőkapcsoló). A hálózati feszültséggel végzett erősáramú mérésnél is szükség van segéd földelőre, amelyet olyan helyre kell telepíteni, hogy legalább 20 méterre legyen a vizsgált földelőtől és valamennyi földben lévő csővezetékétől. Ez a követelmény a legtöbb esetben gyakorlatilag teljesíthetetlen. A villámhárító földelési ellenállása kielégítő pontossággal ellenőrizhető a következő módon: A vizsgálandó földelő és a fázisvezető bevonásával hurokellenállást mérünk és a mért értéket először összehasonlítjuk a megengedett értékkel. Ha a mért hurokellenállás 2

Ω -nál kisebb, az eredmény mindenképpen megfelelő. Ha $2\ \Omega$ -nál nagyobb, akkor a mért értékből $1,5\ \Omega$ -ot levonunk és az így kapott értéket hasonlítjuk össze a megengedett határértékkel. Ez a módszer azon a feltételezésen alapul, hogy a 15.1. ábrán az I_m mérőáram körében a vizsgált földelővel sorba kapcsolódó $R_{\text{ü}}$ üzemi földelési ellenállás és a fázisvezető R_f ellenállásának eredője $1,5\ \Omega$ -ra becsülhető.



15.1. ábra.

A földelési ellenállás ellenőrzése a hurokellenállás mérésével.

A földelési ellenállás méréséhez egyenként bontani kell a vizsgáló összekötőket és meg kell mérni a földelő és a földelőtől felfelé menő, villámhárítóhoz csatlakozó vezetékvégeken lévő földelési ellenállás-értékeket. A mérések megkezdése előtt a villámhárító és az erősáramú védővezető közötti összekötést meg kell szüntetni (lásd: 13.9., 13.21. és 13.22. ábra).

Különösen körültekintően kell eljárni olyan esetben, amikor a levezetőben nincs vizsgáló összekötő (robbanásveszélyes környezet), hiszen ekkor nem lehet mérni az egyes földelők szétterjedési ellenállását. A különböző összekötések *folytonosságát* a hurokellenállás mérésével kell ellenőrizni (10.6. ábra).

A **helyszíni feljegyzések** helyes elkészítése igen fontos, hiszen ez képezi a jelentéskészítés alapját.

Legelső feladat a kapott és szükséges *dokumentációk* adatainak, és az észrevételeknek a rögzítése (kiállító, dátum, stb.). Sokszor olyan *szóbeli információt* is kapunk, amelyek fontosak lehetnek. Ilyenkor az a leghelyesebb, ha az információt adó személyt még egyszer megkérdezzük, és kritikusnak vélt szavait a jelenlétében hangosan

megismételve írjuk le. Szükség esetén célszerű az információkat írásban kérni. Ez segít a kompetencia tisztázásában is, szakmai ill. jogi szempontból egyaránt. Sohase felejtjük el feljegyezni azok nevét, akikkel felülvizsgálatunk alkalmával kapcsolatba kerültünk. Idegen üzem területén végzett felülvizsgálat esetén célszerű elmagyaráztatnunk magunknak az üzem termelési tevékenységének menetét (legalábbis a főbb lépéseket). A villámhárító felülvizsgálatánál alapvetően fontos feladat a helyszín pontos leírása, lerajzolása.

Az egyes épületek felülvizsgálata során célszerű a 15.4. valamint a 16. fejezetben található űrlapokat mintaként alkalmazni, amelyekből épületenként egyet-egyet kell értelemszerűen kitölteni, mert ez a helyszíni és a további munkánkat megkönnyíti.

A **biztonságtechnikai előírások** gyakorlatilag ugyanazok, mint az erősáramú villamos berendezéseken végzett munkáknál, tehát értelemszerűen alkalmazni kell az MSZ 1585 és az MSZ 4851/2 szabvány előírásait, amelyek közül különösen az alábbiakra hívjuk fel a figyelmet. Zivataros időben nem szabad munkát végezni.

Ha a felülvizsgálatot idegen vállalatnál végezzük, ne mulasszuk el kérni a balesetvédelmi *kioktatást*, vagyis tájékoztatást a várható villamos és nem villamos jellegű veszélyekről.

Testsúlyunkat mindig csak olyan biztonságos támaszra szabad helyezni, amely biztosan kellő szilárdságú. Bizonytalan helyen többszöri nyomogatással ki kell próbálni a szilárdságot. A szerszámokat olyan zárt táskában, vagy zsebben kell hordanunk, ahonnan nem eshetnek ki.

A különböző földelők és egyéb pontenciálkiegyenlítő kötések szétbontásánál vagy szétbontás után nem szabad egyszerre érintenünk mindkét szétbontott felet. Műszerrel való mérésnél nagyon lényeges szabály az, hogy a hálózati feszültségre csak akkor szabad csatlakoztatni, ha a mérőkör teljes egészében elkészült; a mérés befejezése után azonnal meg kell szakítani a hálózati feszültség betáplálását, mégpedig nem az általunk létesített ideiglenes vezeték (zsinór) mentén, hanem először az épülethez tartozó csatlakozási pontnál.

A-1, A-2, B-1, B-2 és B-3 villamos besorolású, robbanás-veszélyes helyeken csak az üzemeltető *helyet* és *időpontot* egyértelműen megjelölő *írással engedélyének* birtokában szabad kellő körültekintéssel mérést végezni.

15.3. A túlfeszültség-védelem felülvizsgálata

Az épületben levő kiefeszültségű és elektronikus berendezések túlfeszültség-védelmét, azaz az elektromágneses villámimpulzus elleni védelmet az MSZ IEC 1312-1:97 szabvány írja le. Ennek alkalmazása csak az **A** és a **B** tűzveszélyességi osztályba tartozó létesítményekben kötelező, máshol a keletkező kár elhárítása az üzemeltető felelősségére van bízva. Ennek értelmében a felülvizsgálónak is csak olyan létesítményekben kell ezzel foglalkoznia, ahol **A-1, A-2, B-1, B-2** vagy **B-3** villamos besorolású helyiségek vagy övezetek vannak.

Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem olyan különleges felkészültséget kíván, amely meghaladja a felülvizsgálóval szemben támasztott követelményeket. Ebből kiindulva a felülvizsgálat a következőkre terjedhet ki:

1. Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem létesítésének szükségessége a tűzveszélyességi osztály alapján.
2. A dokumentációk felülvizsgálatának keretében annak ellenőrzése, hogy megvannak-e az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem tervei.
3. A tervek alapján az egyenpotenciálú hálózat kialakításának, és a tervben szereplő védőeszközök beépítésének ellenőrzése.
4. Az összekötő vezetők keresztmetszetének ellenőrzése annak figyelembe vételével, hogy a terv szerint várható terhelés a villámáram jelentős része vagy kis része (13.1. táblázat).
5. A beépített túlfeszültség-védelmi eszközök ellenőrzése abból a szempontból, hogy a rajtuk levő kijelző szerint üzemképesek-e, vagy a kijelző meghibásodást mutat.
6. A felülvizsgáló ellenőrizheti azt is, hogy a beépített túlfeszültség-védelmi eszközöknek van-e a minőségüket igazoló dokumentuma,

amely vizsgálati jegyzőkönyv, forgalmazási engedély, vagy a készüléken elhelyezett jel (pl. MEEI, GS, VDE) lehet. Kétes eredetű készülékhez célszerű minőségvizsgálati tanusítványt kérni.

15.4. A felülvizsgálói jelentés készítése

A villámhárító berendezés és az egyéb villámvédelmi intézkedések (pl. belső villámvédelem) ellenőrzésének az a célja, hogy feltárható és megszüntethetők legyenek a villámvédelmi hibák, hiányosságok. Ezeket írásos dokumentációban (a felülvizsgálói jelentésben) kell rögzíteni azért, hogy a villámhárítók és villámvédelmi berendezések állapotáról az illetékesek (pl. a felelős üzemeltető) hiteles képet kapjanak.

A jelentés készítésének kötelezettségét az MSZ 274/4-77 szabvány 3. fejezete írja elő. A jelentés gyakorlati kialakítását azonban egyetlen előírás sem rögzíti, ezért ez a fejezet összefoglalja azokat (és csak azokat) az adatokat, amelyek a villámvédelem megfelelőségének elbírálásához illetve tanúsításához szükséges. Cél az is, hogy *egységes*, mindenki által elfogadható, érthető, a konkrét ellenőrzéseknél alkalmazható jelentésminta alakuljon ki.

A felülvizsgálói jelentés legelső lapja, az ún. **fejlap**, amely a vizsgálatra vonatkozó lényeges adatokat tartalmazza. Az itt rögzített adatok rendeltetése csupán az, hogy a jelentés elolvasása nélkül is megállapítható legyen, hogy miről szól a jelentés, pontosan hol és mikor történt a vizsgálat, ki végezte azt, illetve ki az a személy vagy jogi személy, aki a benne foglaltakért vállalja a felelősséget. Ezek az adatok elég egyértelműek, ezért a következőekben magyarázat nélkül adunk közre egy ún. mintafejlapot.

Fejlap minta:

Jelentés
a vállalatnál elvégzett időszakos, kötelező villámvédelmi felülvizsgálatról az MSZ 274/4 szabvány alapján.
A telephely megnevezése:
A felülvizsgálat ideje:

A felülvizsgálatot végezte és
a jelentést készítette (személy vagy cég):

Dátum

aláírás

Amennyiben a gazdálkodó szervezetnek több telephelye van és mindegyiknek a felülvizsgálata feladatunkat képezi; célszerű minden egyes telephelyről külön felülvizsgálói jelentést készíteni.

A felülvizsgálói jelentés javasolt **tartalomjegyzéke** a következő:

1. Bevezetés
2. A helyszíni vizsgálat eredménye
 - Épületek, építmények villámvédelme
 - Különleges felfogórendszerek
 - Közös felfogórendszerek
3. Mérési jegyzőkönyv
4. Villámvédelem minősítése

A villámvédelem kötelező felülvizsgálata általában egy telephely több (vagy valamennyi) épületére, építményére, védendő tárgyaira terjed ki, ezért a helyszíni vizsgálat eredményét tartalmazó fejezeteket értelemszerűen tovább kell bontani.

Például:

2.1. Épületek, építmények villámvédelme

- 2.1.1. Irodaépületek
- 2.1.2. Szerszámgépcsarnok
- 2.1.3. 1.sz. raktárépület
- stb.

2.2. Különleges építmények villámvédelme

- 2.2.1. Kazánházi kémény
- 2.2.2. Pakura tartály
- 2.2.3. Hőtávvezeték
- stb.

Jelentésünk első fejezete a *Bevezetés*. Ez négy egymástól elkülönülő, jól megkülönböztethető tartalmú részre bontható. Első részben a megbízás és a vizsgálat lényeges körülményeit rögzítjük: hol, kinek a megbízásából végeztük és mi a vizsgálat tárgya, továbbá a

megbízás szerinti vizsgálatot esetlegesen befolyásoló körülmények felsorolása.

A második részben rögzítjük a vizsgálatunk alapját képező előírásokat: szabványok, rendeletek, egyéb előírások.

A bevezetés harmadik része azon dokumentációk ismertetése, amelyeket a felülvizsgálat hatékony elvégzéséhez használtunk fel.

Az utolsó, befejező részben a vizsgálat módszerét és a felhasznált mérőműszerek adatait soroljuk fel.

Az előbbieket szemléltetésére mintaként röviden vázoljuk egy jelentés bevezető fejezetét.

A Vállalat műszaki igazgatójától kapott keltű, számú megbízás alapján a vállalat telephelyén elvégeztük a villámvédelem kötelező időszakos felülvizsgálatát az MSZ 274/4 szabvány szerint. A vizsgálat nem terjedt kiépület villámvédelmére, a folyamatban levő tetőfelújítás miatt. Ennek az épületnek a villámvédelmi felülvizsgálatáról a felújítás után gondoskodni kell.

A felülvizsgálatot az alábbi előírások alapján végeztük:

- MSZ 274/1...4 - 81
- MSZ 4851/1, 2 - 73
- MSZ 172/1 8 - 86
- (stb. tételesen felsorolva).

A vizsgálatához felhasználtuk az alábbi dokumentációkat:

- a vállalat tűzveszélyességi osztályba sorolását (igazgató, 1987)
- a villámvédelem felülvizsgálatáról 1989-ben készült jelentést
- a telephely helyszínrajzát (földelések, közművezetékek bejelölve)
- (stb. tételesen felsorolva)

Felülvizsgálatunkat az MSZ 274/4 és 4851/2 szabványokban meghatározott módon, szemrevételezéssel és a földelési ellenállásmérésével végeztük. A villámhárító fokozatok minősítését és a létesítési előírások vizsgálatát az MSZ 274/3, valamint az ME 124 szabványok szerint végeztük. Méréseinken az ÉVÉ UNIVERZÁL típusú 226405 gyári számú, erősáramú érintésvédelmi célműszert használtuk.

Jelentésünk leglényegesebb fejezete a *helyszíni vizsgálat* eredményeinek rögzítése. Ezt minden esetben épületenként, építményenként kell teljeskörűen összeállítani.

A vizsgálati eredmények ismertetésének célszerű, kötött sorrendje van, amelyet részben a teljeskörűség, részben az áttekinthetőség miatt ajánlatos követni. Ennek tartalmi vázlata a következő:

- Az *épület besorolása* az MSZ 274/2-81 szabványban meghatározott **R, M, T, K, S** csoportokba. Erre a csoportosításra mind a meglévő, mind a szükséges villámhárító megállapításához szükség van.
- A *meglévő villámhárító* fokozata és állapotának meghatározása ill. ismertetése (felfogó, levezető, földelő, belső villámvédelem).
- A *villámhárító szükséges fokozata* (felfogó, levezető, földelő, belső villámvédelem stb.).
- Az épület villámvédelmének általános *minősítése* (megfelelő vagy nem megfelelő).
- *Javaslatok* a nem megfelelőnek minősített részek kijavítására.

A *különleges épületek, építmények* (kémény, torony, tartály, csővezeték, stb.) vizsgálata és eredményeinek leírása is az ismertetett sorrendet követi, itt azonban az MSZ 274/3 szabvány 9. fejezetének különleges (eltérő, vagy szigorító) előírásaira is figyelni kell.

Az *épületcsoport közös villámvédelmének* vizsgálati leírása fentiektől kis mértékben eltér, ezért ennek rövid tartalmi (sorrendi) vázlatát is közöljük.

Közös felfogórendszerrel védett épületcsoport vizsgálata

- A közös védelemhez tartozó (vagy tartozónak vélt) épületek és egyéb építmények (pl. terménytároló, tartály, stb.) *felsorolása*, és *egyenkénti besorolása* az **R, M, T, K, S** csoportokba).
- A *villámhárító szükséges fokozatát* valamennyi épületre és egyéb építményre (akár van rajtuk villámhárító, akár nincs!) meg kell határozni és le kell írni. Az ismertetésből ki kell derülnie, ha valamelyik épületre **V3**-nál magasabb fokozatú felfogó szükséges.

- A *megelevő* közös felfogórendszer leírása és az általa az egyes épületekre megvalósított védelem fokozatának meghatározása. Azokra az épületekre, amelyeken a (közös) villámhárítóhoz tartozó elemek vannak elhelyezve, meg kell határozni a megelevő levezetőknek és a földelésnek a saját épületre vonatkozó fokozatát.
- A megelevő *felfogó rendszer* fokozatának *minősítése* a közös védelem követelményei szerint.
- A megelevő *levezetők* és a *földelők* fokozatának *minősítése*, akár függetlenek, akár valamelyik épületen vannak elhelyezve.

Megjegyezzük, hogy a közös felfogó rendszer *védőhatásának* meghatározása minden esetben kisebb-nagyobb szerkesztési munkát is igényel. Az erre vonatkozó ábrák a jelentés ezen fejezetének lényeges tartozékai.

Az előbbieken ismertetett elvi tartalmi vázlat és sorrend figyelembe vételével kell kialakítani az épületekre, különleges építményekre, valamint a közös villámvédelemre vonatkozó konkrét jelentésrészek tartalmilag és formailag is megfelelő végső szerkezetét, amelyet célszerűen egy (táblázatos) **vizsgálati lap** foglal össze. Tekintettel arra, hogy az esetek nagy részében épület villámvédelmét kell vizsgálnunk, a könnyebb érthetőség érdekében egy példaként választott épület kitöltött vizsgálati mintalapját is közöljük.

Kultúrház épület villámvédelmének helyszíni vizsgálata

1. Az épület leírása és besorolása az MSZ 274/2 szerinti csoportokba		
Általános adatok	A 15 m magas, 10x25 m alapterületű, lapostetős épületet 1986.évi tervek alapján 1989.évben létesítették. Kultúrterme 560 fő befogadóképességű	
Besorolás	jele	indoklás
Rendeltetés	R2	tömegtartózkodásra szolgáló épület
Magasság és környezet	M2	20 m-nél alacsonyabb, környezeti hatás nincs
Tetőzet	T5	neacid héjazat, vasbeton födémen
Körítőfalak	K1	tégla falak

Környezõ levegõ	S2	nagyvárosi levegõ
-----------------	----	-------------------

2. A villámvédelem vizsgálata					
Tárgya	Meglevő	Szükséges	Minősítés	Megjegyzés	
felfogó fokozata állapota	V2b hibás	V3c	nem megf. nem megf.	4.1.	
levezető fokozata állapota	L2a hibás	L3a	nem megf. nem megf.	4.2	
földelés fokozata állapota	F2/x hibás 25 Ω	F3/r 37 Ω	nem megf. nem megf.	4.3	
méretfokozat	k	k	megfelelő		
belső villámvédelem EPH rendszere	nincs	szükséges	nem megfelelő	4.4.	
túlfeszültség-véd.	nincs	nem szüks	megfelelő		

3. Az épület villámvédelmi minősítése	nem megfelelő
--	----------------------

4. Megjegyzés, javaslat:

- 4.1.** A felfogó szükséges **V3c** fokozatához a tetőzet hosszanti közép-vonalában levő egyetlen felfogó nem elegendő, a felfogóvezető és az éghető héjázat között 30 cm távolság nem megfelelő. Természetes felfogó alkalmazása nem lehetséges. Javasoljuk, hogy a jelenlegi felfogóvezető helyett a tetőzet kerülete mentén körbefutó felfogóvezetőt létesítsenek, a vezetők legalább 50 cm-es kiemelésével, amelyek a tető széleitől 50 cm távolságban futnak. A létesítést az MSZ 274/3-81 szabvány 4.1.4. és 4.3.2.3. ill. 4.3.2.4 szakaszai szerint kell elvégezni. A felfogóvezetők jelenlegi összekötése hibás. Az M4 méretű szorítócsavarok helyett M6 méretűt kell használni, és UNIMAX típusú csavaros összekötőket (szorítók) javasolunk, a jelenlegi (lazulás ellen védő) szorítóbilincsek helyett.
- 4.2.** A levezető szükséges **L3a** fokozatához a jelenlegi egyetlen levezető nem elegendő. Helyette az épület négy sarkánál egy-egy (összesen 4 db) levezető létesítésére van szükség. A levezetőknél a jelenlegi vizsgáló csatlakozó helyett bontható vizsgáló összekötőket kell elhelyezni (MSZ 274/3-81 6.5. pont) és a levezetők mechanikai védelméről is gondoskodni kell (MSZ 274/3-81 5.4. pont).

4.3. A szükséges **F3/r** fokozatú földelő követelménye teljesül a 4.2 pontban javasolt levezetők földelésével (épület négy sarkán a jelenlegi földelővel azonos kivitelű földelők létesítendők). A jelenlegi földelő indokolatlanul nagy iránytöréssel csatlakozik a levezetőhöz, ami nem megfelelő. A telepítendő földelőket az MSZ 274/3 6.3 és MSZ 172/1 földelésre vonatkozó előírásai szerint kell létesíteni.

4.4. A jelenlegi villámhárító földelőtől 20 m távolságon belül két érintésvédelmi célú földelés is található (a kultúrház épület és a 0,4 kV-os fogadóépület földelése), ezeket nem kötötték össze a villámhárító földelőjével, és az épületen belül nem alakítottak ki EPH rendszert. Ez az állapot nem megfelelő. Az EPH rendszert ki kell alakítani és a különböző földelőket a fő EPH-sínre kell csatlakoztatni. Az épületben levő nagykiterjedésű fémtárgyakat (csővezetéseket) be kell kötni az EPH rendszerbe.

Az egyéb építményekre és a közös villámvédelemre vonatkozó felülvizsgálati jelentés céljára az előbbihez hasonló (táblázatos) *vizsgálati lap* dolgozható ki.

A **mérési jegyzőkönyv** a jelentés harmadik fejezete. A villámhárító vizsgálatakor földelési ellenállásokat mérünk, mégpedig:

- egyetlen földelő, vagy vizsgáló összekötővel leválasztható egyedi földelő, ill. földelőcsoport esetén a saját földelési ellenállását,
- összefüggő földelőrendszernél az eredő földelési ellenállást.

Az MSZ 274/4-77 szabvány előírása szerint vizsgáló összekötőknél (bontás után) két-két mérést, vizsgáló csatlakozóknál egy-egy mérést kell végeznünk.

A mérések eredményeit épületenként a földelési ellenállás mérési jegyzőkönyvében rögzítjük, megadva az egyes levezetőkhez tartozó összes mérési eredményt. A mérési jegyzőkönyv a mért értékeken kívül minősítést is tartalmaz, amely a villámhárító földelési ellenállásának megengedett értékén alapul. Ez vagy 2 ohm, ha a mérési eredmény legfeljebb 2 ohm, vagy a (10/1) illetve a (10/2) képlettel (MSZ 274/3-81 6.2.2 szakasza) kiszámított érték. Az utóbbi esetben a talaj fajlagos ellenállásának a számításba vett értékét és ennek alapját

(a szabvány táblázata, korábbi mérések eredménye, stb.) a jelentés bevezetésében a vizsgálat módszere cím alatt kell megadni.

A mérési jegykönyvhöz célszerű az alábbi táblázatot használni.

sor- szám	a mérési hely		a földelési ellenállás		folyto- nossági mérés ohm	minősí- tés	meg- jegyzés
	azonosít ó jele	típusa	mért értéke ohm	meg- engedett értéke ohm			
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	a) lev.	eredő	1,2	2	–	jó	
2.	a) lev.	eredő	1,3	2	–	jó	
3.	a) lev.	egyedi	1,3	2	–	jó	
4.	a) lev.	egyedi	1,2	2	–	jó	
5.	a) lev.	folyt.	–	–	100	rossz	
6.	b) lev	eredő	4,8	6	–	jó	
7.	b) lev	eredő	4,7	6	–	jó	
8.	b) lev	egyedi	4,9	12	–	jó	
9.	b) lev	egyedi	4,8	12	–	jó	
10.	b) lev.	folyt.	–	–	100	rossz	

A táblázat fejlécével kapcsolatban meg kell említeni, hogy a mérési hely azonosító jele általában a levezető sorszáma, típusa pedig bontatlan vizsgáló összekötőnél vagy vizsgáló csatlakozónál végzett *eredő* mérés, vagy bontott vizsgáló összekötőnél végzett *egyedi* mérés lehet. A földelési ellenállás megengedett értéke (5. oszlop) az előbbiek figyelembe vételével vagy 2 ohm, vagy a képlettel kiszámított érték. A folytonossági mérést a földelés mérésével egy sorba lehet írni, ha a mérési hely ugyanaz, és a minősítésük azonos, különben viszont célszerűbb külön sorba írni és a minősítést külön-külön megadni. A megjegyzés rovatban elegendő feltüntetni a mérési helyekhez tartozó villámhárító berendezés vizsgálati lapjának azonosító számát (pl. 2.5.4.4.) hiszen a földelő fokozatának és kialakításának teljeskörű felülvizsgálati adatai ezeken szerepelnek.

A táblázatba beírt adatok olyan esetre mutatnak példát, amikor két levezető és földelő van és mindegyik földelési ellenállást kétszer mérték meg. Az adatok szerint mindkét földelő megfelel. A

folytonossági mérések viszont azt mutatják, hogy a villámhárító föld feletti részei nem függenek össze, tehát valahol meglazult összekötő vagy szakadás lehet. Mivel ebben a példában a földelési ellenállások és a folytonossági ellenőrzés minősítése különböző, ezek a mérések külön sorokban vannak.

A villámvédelem minősítése a jelentés utolsó fejezete.

Ez a fejezet a gazdálkodó egység felelős vezetőjének szól, aki legtöbbször nem villamos (villámvédelmi) szakember. Megfogalmazása tehát egyrészt olyan általános műszaki színvonalú legyen, hogy különleges szakismeretek nélkül is érthető legyen, másrészt a villámvédelmi vizsgálat eredménye (a javítások szükségessége és célszerű sorrendje) egyértelműen kiderüljön.

Ebben a fejezetben a vizsgált telephely villámvédelmének minősítését kell elsősorban a megfelelő vezetői döntés előkészítéséhez ismertetnünk (mely épületeken szükséges villámhárító, hol javasoljuk ennek megtervezését, a meglévő de nem megfelelő villámhárítók kijavításának sürgősségi sorrendje; egyéb lényeges villámvédelmi műszaki intézkedések, stb.).

Röviden ki kell térnünk a jövőben végrehajtandó előírásokra is, mint pl. következő kötelező vizsgálat időpontja; tűzveszélyességi osztályba sorolás korrekciója, stb.

Mindezek gyakorlatilag a jelentés utolsó oldalára kerülnek. Ezt az oldalt kell a felülvizsgálatot végzőknek (vizsgabizonyítvánnyal rendelkező személynek) aláírnia, ezzel vállalva a jelentésben foglaltakért a felelősséget.

15.5. A felülvizsgáló képesítése és személyi tulajdonságai

A VILLÁMVÉDELEM FELÜLVIZSGÁLÓJA szakképesítés az Országos Képzési Jegyzékben 07 9 3154 07 9 0 15 azonosító szám alatt szerepel. Ez a szakképesítés az ipari, mezőgazdasági és más külszíni létesítmények villámvédelmének az OTSZ és az MSZ 274-4 szabvány szerinti, kötelezően előírt felülvizsgálatának elvégzésére, ill. ennek alapján a teljes felelősséggel kiállítandó *minősítő nyilatkozat* megtételére jogosít. A szakképesítéssel végezhető tevékenységek:

- a külső villámvédelem műszakilag és biztonságtechnikailag helyes kialakításának felülvizsgálata;
- a földelések kialakításának vizsgálata;
- a belső villámvédelem veszélyeinek feltárása;
- különleges létesítmények villámvédelmének vizsgálata;
- földelési ellenállások mérése.

A szakképesítés megszerzéséhez a következő témakörökben kell a megfelelő felkészültséget vizsga letételével bizonyítani:

- A villámvédelemmel kapcsolatos szerkezeti anyagoknak és mérési módszereknek, a villámcsapás tulajdonságainak és káros hatásainak valamint a mentésnek és az elsősegélynyújtásnak az ismerete.
- Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat villámvédelemmel kapcsolatos rendelkezéseinek, az MSZ 274/1...4 szabványok előírásainak, az MSZ 172/1, az MSZ 4851/1...2 szabványok villámvédelemmel kapcsolatos előírásainak, a villámvédelem felülvizsgálati módszereinek valamint az ezzel kapcsolatos mérési eljárásoknak az ismerete.

A szakképesítés megszerzéséhez tanfolyamon kell részt venni és ennek keretében el kell végezni a hozzá tartozó szerkesztési, valamint mérési gyakorlatokat. Először mindig a szerkesztési gyakorlatot kell teljesíteni és ezt követően kerülhet sor a mérési gyakorlatra.

A villámvédelem felülvizsgálatára feljogosító vizsgát nemcsak erősáramú villamos, hanem egyéb műszaki szakképesítésű (pl. építész, épületgépész) személyek is megszerezhetik, ha a villámvédelemmel foglalkozó előképzésen vesznek részt

Szerkesztési gyakorlat

A szerkesztési gyakorlat célja, hogy a felülvizsgálatot végző műszaki szakembereknek egységes szemléletet adjon a villámhárítók tervezéséről, kivitelezéséről és ellenőrzéséről. A gyakorlatokon segédeszközöket (szabvány, jegyzet, stb.) lehet használni, hiszen a felülvizsgálat közben is ezekre támaszkodva kell a munkát végezni. A gyakorlat felmérés jellegű. Az itt elért eredmények a vizsgaeredmény értékelésébe nem számítanak bele.

Feladatanyagát a mindenkori gyakorlatvezető állítja össze, a kidolgozásra felhasználható idő figyelembe vételével. A feladatok felölelik a villámvédelmi csoportosításával, a villámhárító előírt fokozatának meghatározásával, a felfogórendszer szerkesztésével, a levezetők fokozatához tartozó eredő áramút meghatározásával, és a földelési ellenállással kapcsolatos szerkesztési és számítási módszereket. Legalább egy feladat a különleges épületek és egyéb építmények védelmére vagy a belső villámvédelemre vonatkozik.

Mérési gyakorlat

A villámvédelem felülvizsgálatához az MSZ 4851/2 szabvány szerinti földelési ellenállás mérésére van szükség. A talaj fajlagos ellenállásának mérése a felülvizsgáló gyakorlatában csak kivételesen fordul elő. A mérési gyakorlat is tájékoztató jellegű, eredménye a vizsga értékelésébe nem számít bele. A mérési gyakorlatra való felkészüléshez elegendő az MSZ 4851/2 szabványnak ill. e tankönyv 10.4. fejezetének a tanulmányozása (földelési ellenállás mérés elve, műszerek leírása, stb.).

A mérési gyakorlat elvégzése alól mentesülnek azok, akik

- érintésvédelmi vizsgabizonyítványt szereztek;
- villámvédelmi vagy érintésvédelmi mérési gyakorlaton már részt vettek (akkor is, ha utána a vizsgájuk sikertelen volt);
- a mérési gyakorlatot megelőzően érintésvédelmi tanfolyamra, vagy tanfolyam nélküli vizsgára már írásban jelentkeztek, ill. ilyen tanfolyamon már részt vesznek.

A földelési ellenállás mérését lehetőleg egy épület villámhárító levezetőjén (vizsgáló összekötőnél vagy vizsgáló csatlakozónál) kell a mérési gyakorlat keretében elvégezni. A mérés elvégzéséhez bármilyen erősáramú érintésvédelmi vagy földelési ellenállást mérő célműszer felhasználható. Szondatelepítési nehézségek esetében a földelési ellenállás mérése helyett hurokellenállást is lehet mérni, amelynek eredményét a 10.4. fejezetben leírt módon kell kiértékelni.

A mérési gyakorlat a mérőkör összeállításából, a folytonosság ellenőrzéséből, és a mérési eredmények értékeléséből áll. Ennek keretében többféle fajlagos talajellenállás (pl. 10, 100, 1000 $\Omega\cdot\text{m}$), valamint egyedi földelő ill. földelőrendszer feltételezésével meg kell

állapítani a megengedhető földelési ellenállást. A mérésről gyakorlás céljából jegyzőkönyvet kell kitölteni, amely a vizsgált földelő minősítését is tartalmazza.

A felülvizsgáló személyi tulajdonságai

A felülvizsgálatot végző szakember a felülvizsgált létesítmény fenntartójának alkalmazottja, vagy független személy ill. idegen vállalat dolgozója is lehet. Ettől függetlenül azonban tisztában kell lennie azzal, hogy helyszíni tevékenysége során minden mozdulatát, minden kijelentését figyelik, és az így szerzett benyomásokból nemcsak a személyiségéről, hanem magáról a villámvédelemről, és annak fontosságáról is képet alkotnak. Mindebből következik, hogy a felülvizsgálónak nem elég jó szakembernek lennie, hanem olyan emberi tulajdonságokkal is rendelkeznie kell, mint a megfontoltság, higgadtság, beszédképesség, udvariasság, emberismeret, lelkiismeretesség, helyzetfelismerő készség, emlékezőtehetség és gyorsaság.

A *megfontoltság* egyik alapvető követelmény a felülvizsgáló munkájában, hiszen a talált helyzet alapos, sokoldalú mérlegelésének elmulasztása miatt esetleg a jó állapotot nem megfelelőnek minősíti és költséges átalakításokat ír elő.

A *higgadtságra* viszonylag gyakran van szükség a felülvizsgáló munkája közben. Előfordul, hogy a helyi dolgozók lenéző, sértő kijelentéseket tesznek a munkájára, és a villámvédelem feleslegességére céloznak. Az ilyen megjegyzéseket el kell engednünk a fülünk mellett. Higgadtságra akkor is szükségünk lehet, amikor egy-egy talált állapot (pl. egy teljesen új, de nem megfelelően kivitelezett villámhárító esetén) magunkban méltatlankodunk. Ilyenkor se tegyünk kategórikus, szélsőségesen ecsetelt elmarasztaló kijelentést (az írásos jelentésben később úgyis le kell írunk a szakmailag megfelelően alátámasztott véleményünket).

A *beszédképesség* egy olyan emberi tulajdonság, amely a felülvizsgáló számára rendkívül fontos, mert naponta találkozik ismeretlen emberekkel, akikkel tömören közölnie kell a gondolatait úgy, hogy teljes egészében megértsék. Ehhez jól hallhatóan, tiszta kiejtéssel és egyértelműen kell beszélnie, hogy szavai könnyen érthetők legyenek. Ez különben a társadalmi élet minden területén követelmény lenne, bár mostanában sok tanult ember beszédét is alig lehet megérteni.

Az *udvariasság* nemcsak köszönésből és szükség szerinti bemutatkozásból áll, hanem a kíváncsiskodó emberekkel szembeni türelmet is magába foglalja. Bár nem szükséges részletes "csevegésbe" kezdeni mindenkivel, de azt is látnunk kell, hogy például annak a juhásznak az életében, akinek juhhodályát ellenőrizzük, érdekes, különleges és emlékezetes esemény lehet az általunk végzett munka.

Az *emberismeret* nagyon fontos. A villámvédelmi berendezés minősítéséhez szükséges adatok – de különösen a mellékkörülmények – egy részéről csak szóban kapunk tájékoztatást. Ugyanannak a szóbeli közlésnek a mérlegelése döntően függhet attól, hogy milyen beállítottságú embertől hallottuk. Itt nem elsősorban arról van szó, hogy a felülvizsgálót esetleg tudatosan félre akarják vezetni (bár ennek a lehetőségét sem lehet kizárni!), hanem arról, hogy a hiányos felkészültségű emberek jóhiszeműleg gyakran beillesztik saját téves nézeteiket is a kijelentéseikbe.

A *lelkiismeretesség* természetes követelmény, mert az általános erkölcsi normákon és az elvárható állampolgári felelőségen túl a lelkiismeretlen munka jogi következményekkel is járhat. Ezzel kapcsolatban arra is rá kell világítanunk, hogy a már megépített villámvédelmi berendezést ellenőrző dolgozónak jóval nehezebb a munkája, mint a berendezés tervezőjének. A tervező ugyanis kritikus esetben kiegészítő megoldást javasolhat, a felülvizsgálónak viszont a legélesebb határesetekben is helyesen kell döntenie!

A *helyzetfelismerő-készség* különösen a felülvizsgálatot szolgáltatás-képpen végző szakembernek fontos, hiszen naponta idegen helyeken fordul meg, amelyekhez alkalmazkodnia kell.

Az *emlékezőtehetség* – általános fontosságán túlmenően – a felülvizsgáló számára azért is lényeges, mert a felülvizsgálat során sokféle adatot, tájékoztatást és helyszínt kell áttekintenie, és ezeket különböző előírások alapján minősítenie.

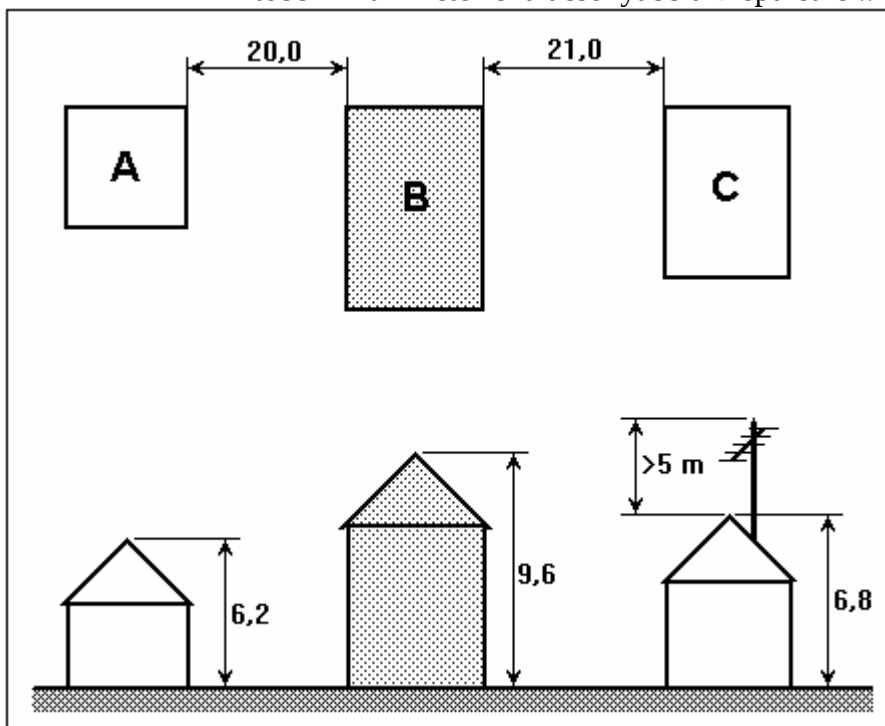
A *gyorsaság* sem nélkülözhető tulajdonsága a felülvizsgálónak, mert a helyszíni munkát többnyire rövid idő alatt kell elvégeznie (pl. robbanásveszélyes környezetben csak üzemmentes állapotban szabad mérést végezni) és a legtöbbször ismételésre sincs lehetőség.

16. Kidolgozott példák, feladatok

1. példa.

Meghatározandó a 16.1 ábrán látható *B* jelű családi ház szükséges villámvédelmi fokozata, ha jellemző adatai a következők:

- a tető: fa gerendákon, fa lécezésre rögzített palafedés;
- a körítőfal: kisméretű tömör téglá;
- a környezet: a *C* épület 20 m-nél távolabb van és az *A* épület több mint 2 méterrel alacsonyabb a *B* épületnél..



16.1. ábra.

Példa családi ház villámvédelmének felülvizsgálatára

A létesítmény villámvédelmi besorolása:

rendeltetés szerint: **R1** mert közönséges épület;

magasság és környezeti hatás szerint: **M2**, mert az épület alacsonyabb 20 méternél és környezeti hatást nem kell figyelembe venni;

tető anyaga és szerkezete szerint: **T3** mert éghető szerkezeten nem éghető héjazat van.

a körítőfalak szerint: **K1** mert nem éghető anyagú a fal

a levegő szennyezettsége szerint: **S2** mert a nagyvárosi ipartelep környezetében fűtési égéstermékek szennyeznek.

Az épület és a besorolás adatait a következő táblázat foglalja össze.

Besorolási szempont	Az épület leírása vagy adata	Csoport
Rendeltetése	Családi ház	R1
Magassága	9,6 m	M2
Környezeti hatás	Nincs	
Tetőszerkezet	Fa gerendák, fa lécezéssel	T3
Tetőhéjazat	Pala	
Körítőfal	Tégla	K1
Légszennyezettség	Városi környezet, égéstermékekkel	S2
Alapterület	8x12 m	–

A létesítmény villámvédelmi besorolása:

R1–M2–T3–K1–S2

A szükséges villámvédelmi fokozat:

a felfogó: **V0o** az **R1–M2–T3** besorolás alapján az MSZ 274/3 1.sz. táblázata (a jegyzet 7.1. táblázata) szerint.

a levezető: **L0o** az **R1–M2–K1** besorolás alapján az MSZ 274/3 2.sz. táblázata (a jegyzet 7.2. táblázata) szerint, és mert felfogó nincs, levezető sem kell.

a földelés: **F0/x** az **R1–M2** besorolás alapján a 7.2. táblázat szerint és **L0o** miatt.

A villámhárító előírt fokozata:

V0o–L0o–F0/x

azaz *nem szükséges villámhárítót készíteni.*

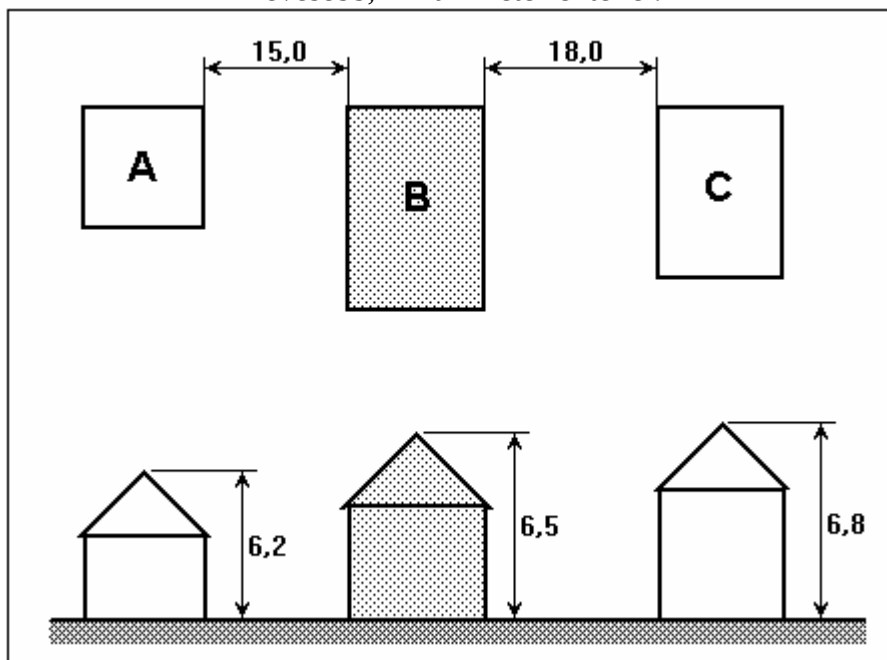
Mi a teendő, ha az épületen a tető gerincét 5 méterrel meghaladó, TV antenna van felszerelve?

Tekintettel arra, hogy az antennát mint természetes felfogót figyelembe kell venni, ezért az antenna tartórúdját **F2/x** fokozatú földelővel kell összekötni közvetlenül, vagy ha ennek akadálya van, akkor max. 3 cm-es szikraközön keresztül.

2. példa.

Határozzuk meg egy falumúzeum **B** jelű épületének szükséges villámvédelmi fokozatát az alábbi adatok alapján (16.2.ábra).

- a tető: fa gerendákon acélhuzalokkal rögzített nádfedés;
- a körítőfal: kisméretű tömör téglá;
- a környezet: két oldalán levő a párhuzamos épületek magassága kevesebb, mint 2 méterrel tér el.



16.2. ábra.

Példa falumúzeum épületének felülvizsgálatára

A létesítmény villámvédelmi besorolása

rendeltetés szerint: **R2**, mert kulturális értékű épület;

magasság és környezeti hatás szerint: **M1**, mert a magas környezet a villámcsapás veszélyét csökkenti;

tető anyaga és szerkezete szerint: **T5**, mert a héjazat könnyen éghető, zárt burkolatot nem képező fémet tartalmaz és nem éghető tetőszerkezeten van;
a körítőfalak szerint: **K1**, mert a fal nem éghető;
a levegő szennyezettsége szerint: **S1**, mert falusi környezetnek megfelelő szennyezés van.

Az épület és a besorolás adatait a következő táblázat foglalja össze.

Besorolási szempont	Az épület leírása vagy adata	Csoport
Rendeltetése	Falumúzemi épület	R2
Magassága	6,5 m	M1
Környezeti hatás	Magas környezet	
Tetőszerkezet	Fa lángmentesítve	T5
Tetőhéjazat	Nád, folytonos huzalokkal	
Körítőfal	Tégla	K1
Légszennyezettség	Mezőgazdasági terület	S1
Alapterület	7x16 m	–

Az épület villámvédelmi besorolása

R2–M1–T5–K1–S1

A villámhárító előírt fokozata:

- a felfogó:* **V2c** az **R2–M1–T5** besorolás alapján az MSZ 274/3 1.sz. táblázata (a jegyzet 7.1. táblázata) szerint.
a levezető: **L2a** az **R2–M1–K1** besorolás alapján az MSZ 274/3 2.sz. táblázata (a jegyzet 7.2. táblázata) szerint, és mert **V2** fokozatú felfogó van.
a földelés: **F2/x** az **R2–M1** besorolás alapján a 7.2. táblázat szerint és **L2** miatt.
a méretfokozat: **n** az **R2– S1** besorolás alapján.

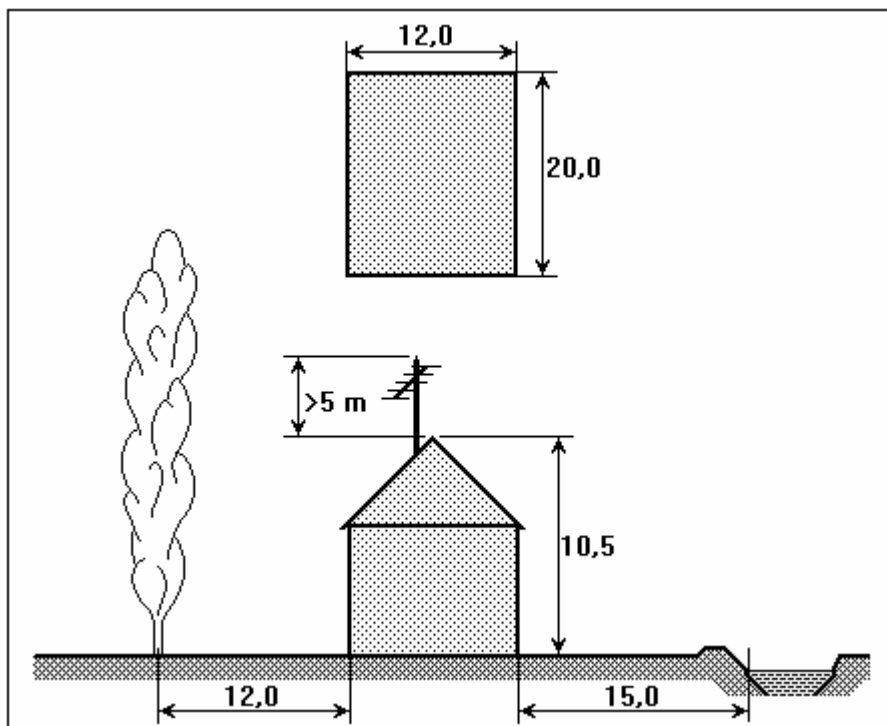
A létesítendő villámhárító fokozata:

V2c–L2a–F2/x–n

Ez megvalósítható:

- egy 2 m magas felfogórúddal vagy a gerincen végighaladó felfogóvezetővel, amely a gerinctől 50 cm-re ki van emelve.

- egy levezetővel, amelynek a faltól mért távolságára nincs előírt követelmény;
- egy mesterségesen létesített földelővel, amelynek a földelési ellenállására nincs előírás, de a minimális méreteit a szabvány előírja (pl. 2 m-es rúd földelő);
- a föld feletti alkatrészeknek legalább 6 mm átmérőjű acélhuzalból kell készülniök.



16.3. ábra.
Példa étteremi épület felülvizsgálatára

3. példa.

A 16.3 ábrán feltüntetett étterem felülvizsgálata során azt tapasztaljuk, hogy villámvédelem nincs kiépítve. Ellenőrizze, hogy így megfelel-e az épület villámvédelme!

Az épület jellemző adatai:

- | | |
|--------------|--|
| a tető: | fa gerendákon acélhuzalokkal rögzített nádfedés; |
| a körítőfal: | kisméretű tömör téglá; |

a környezet: az épülethez 20 méternél közelebb nincs mindkét oldalról hasonló vagy nagyobb magasságú építmény vagy tárgy és nincs a becsapási veszélyt fokozó környezet.

Az épület és a besorolás adatait a következő táblázat foglalja össze.

Besorolási szempont	Az épület leírása vagy adata	Csoport
Rendeltetése	50 fős étterem és szálló	R1
Magassága	10,5 m	M2
Környezeti hatás	Nincs	
Tetőszerkezet	Fa lánghmentesítve	T5
Tetőhéjazat	Nád, folytonos huzalokkal	
Körítőfal	Tégla	K1
Légszennyezettség	Mezőgazdasági terület	S1
Alapterület	12x20 m	–

A létesítmény villámvédelmi besorolása

rendeltetés szerint: **R1**, mert 300 fő alatti a befogadó képessége miatt az OÉSZ szerint nem nagyforgalmú épület;
magasság és környezeti hatás szerint: **M2**, mert a magassága kisebb, mint 20 m és a besorolást módosító környezeti hatás nincs;
tető anyaga és szerkezete szerint: **T5**, mert a héjazat könnyen éghető, zárt burkolatot nem képező fémet tartalmaz és nem éghető tetőszerkezeten van;
a körítőfalak szerint: **K1**, mert a fal nem éghető;
a levegő szennyezettsége szerint: **S1**, mert falusi környezetnek megfelelő szennyezés van.

Az épület villámvédelmi besorolása

R1–M2–T5–K1–S1

A villámhárító előírt fokozata:

a felfogó: **V2c** az **R1–M2–T5** besorolás alapján az MSZ 274/3 1.sz. táblázata (a jegyzet 7.1. táblázata) szerint.
a levezető: **L2a** az **R1–M2–K1** besorolás alapján az MSZ 274/3 2.sz. táblázata (a jegyzet 7.2. táblázata) szerint, és mert **V2** fokozatú felfogó van.

a földelés: F2/x az R1–M2 besorolás alapján a 7.2. táblázat szerint és L2 miatt.

a méretfokozat: n az R1– S1 besorolás alapján.

A létesítendő villámhárító fokozata:

V2c–L2a–F2/x–n

Mivel az épületen a tetőgerinc fölé 5 m-nél magasabban kinyúló TV antenna rendszert szereltek, ez természetes felfogóként felhasználható. Egyébként is kötelező ellátni F2/x földeléssel.

Az előzők alapján megállapítható, hogy az épületre villámhárítót kell létesíteni. Felfogónak a megfelelően földelt antennarúd is felhasználható.

4. Példa.

Határozza meg a 16.4. ábrán látható, 500 fő befogadóképességű B jelű szálloda szükséges villámvédelmi fokozatát.

Az épület jellemző adatai:

- a tető: lapos tető összefüggő kavicsréteggel borítva;
- a körítőfal: vasbetonváz, téгла kitöltéssel;
- az alapozás: beton alap összefüggő acélbetétekkel;
- a környezet: az épülethez 20 méternél közelebb vízfolyás van, az A és C épület 20 m magas;
- a mért földelési ellenállás: 3 Ω.

Az épület és a besorolás adatait a következő táblázat foglalja össze.

Besorolási szempont	Az épület leírása vagy adata	Csoport
Rendeltetése	Szálloda, 500 fő felett	R2
Magassága	25 m	M4
Környezeti hatás	Közelebb vízfolyás miatt fokozott	
Tetőszerkezet	Vasbeton	T2
Tetőhéjazat	Kavicsréteggel fedett műanyag	
Körítőfal	Vasbeton váz	K2
Légszennyezettség	Üdülőterület	S1
Alapterület	14x24 m	–

A létesítmény villámvédelmi besorolása

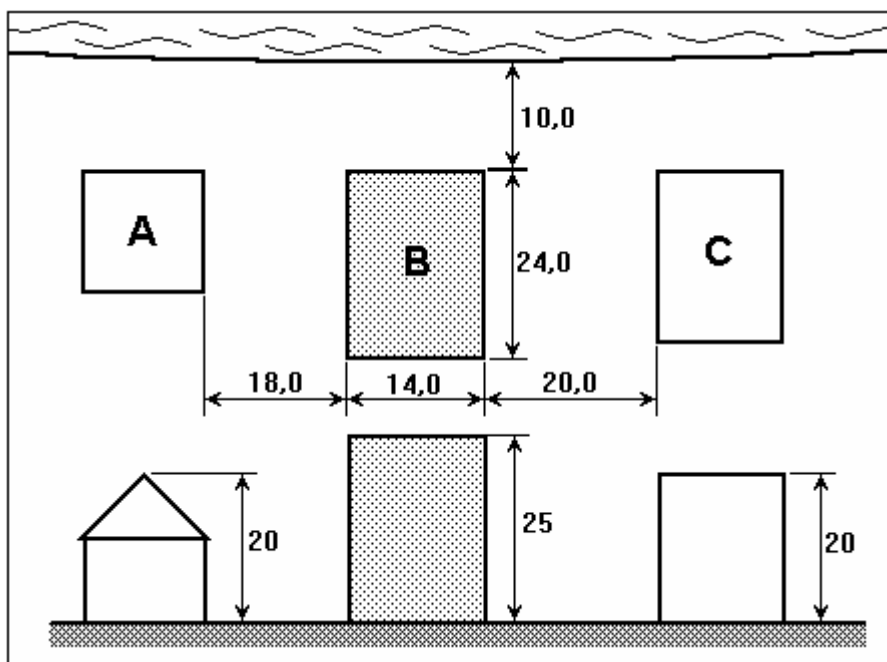
rendeltetés szerint: **R2**, mert 300 fő feletti befogadó képessége miatt az OÉSZ szerint nagyforgalmú épület;

magasság és környezeti hatás szerint: **M4**, mert 20 m és 30 m között van a magassága és a becsapási veszélyt fokozó környezeti hatás van, a szomszédos épületek több, mint 2 méterrel alacsonyabbak, ezért magas környezettel nem lehet számolni;

tető anyaga és szerkezete szerint: **T2**, mert a héjazat nem éghető, és a tetőfödém összefüggő fémszerkezetet alkot;

a körítőfalak szerint: **K2**, mert nem éghető és a vasbeton váz acélbetétei összefüggő fémszerkezetet alkotnak;

a levegő szennyezettsége szerint: **S1**, mert tiszta levegőjű üdülőterületen van.



16.4. ábra.

Példa nagyforgalmú szálloda és étterem felülvizsgálatára

Az épület villámvédelmi besorolása

R2–M4–T2–K2–S1

A villámhárító előírt fokozata:

a felfogó: **V1o** az **R2–M4–T2** besorolás alapján az MSZ 274/3

1.sz. táblázata (a jegyzet 7.1. táblázata) szerint.

a levezető: **L1o** az **R2–M4–K2** besorolás alapján az MSZ 274/3

2.sz. táblázata (a jegyzet 7.2. táblázata) szerint.

a földelés: **F1/r** az **R2–M4** besorolás alapján a 7.2. táblázat

szerint, mert az alapozás a betonalap-földelőre vonatkozó követelményeknek megfelel;

a méretfokozat: **e** az **R2–S1** besorolás alapján.

A létesítendő villámhárító fokozata:

V1o–L1o–F1/r–e

A betonalap-földelő szétterjedési ellenállását a 10. fejezet szerint kell ellenőrizni. Ennek alapján az eredő földelési ellenállás megengedett értéke:

$$R = 3 \frac{\rho}{\sqrt{A}} \Omega$$

$$R = 3 \frac{100}{\sqrt{14 \times 24}} = 16,36 \Omega$$

ahol $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$ fajlagos talajellenállást vettünk számításba.

Tekintettel arra, hogy a mérés szerint a betonalap-földelő $R = 3 \Omega$ földelési ellenállása lényegesen kisebb az előírtnál, a földelés megfelelő. Ebben szerepe lehet a közeli vízfolyás hatásának is.

5. példa.

Határozza meg egy villámhárító nélküli **C** tűzveszélyességi besorolású lóistálló épület villámvédelmi besorolását és nyilatkozzék a villámhárító szükségességéről.

Az épület jellemző adatai:

- a tető: fa gerendákból készült tetőszerkezet, cserép
héjazattal. A padláson szénát tárolnak.
- a körítőfal: terméskő;
- az alapozás: falazott, terméskő;

a környezet: Az épület 8 méter magas. Kétoldalt a falaktól kb. 5-8 m távolságban párhuzamos jegenyesor van. A fák magassága 8-14 m.

Az épület és a besorolás adatait a következő táblázat foglalja össze.

Besorolási szempont	Az épület leírása vagy adata	Csoport
Rendeltetése	Istálló, szénapadlással (C tűzv.o.)	R3
Magassága	8 m	M3
Környezeti hatás	Közeli jegenyesor, fokozott v.	
Tetőszerkezet	Fa	T3
Tetőhéjazat	Cserép	
Körítőfal	Tégla	K1
Légszennyezettség	Mezőgazdasági terület	S1
Alapterület	8x24 m	–

A létesítmény villámvédelmi besorolása

rendeltetés szerint: **R3**, mert **C** tűzveszélyes anyagot tárolnak;
magasság és környezeti hatás szerint: **M3**, mert 20 m-nél
alacsonyabb és az egyenlőtlen magasságú fasor a
becsapási veszélyt fokozza;
tető anyaga és szerkezete szerint: **T3**, mert a héjazat nem éghető,
de a tetőszerkezet igen és a padláson éghető anyagot
tárolnak;
a körítőfalak szerint: **K1**, mert nem éghető anyagból készült;
a levegő szennyezettsége szerint: **S1**, mert tiszta levegőjű
területen van.

Az épület villámvédelmi besorolása

R3–M3–T3–K1–S1

A szükséges villámvédelmi fokozat:

$V4b - L4a - F1/r$

a felfogó: **V4b** az **R3–M3–T3** besorolás alapján az MSZ 274/3
1.sz. táblázata (a jegyzet 7.1. táblázata) szerint.

a levezető: **L4a** az **R3–M3–K1** besorolás alapján az MSZ 274/3
2.sz. táblázata (a jegyzet 7.2. táblázata) szerint

a földelés: F4/r az R3–M3 besorolás alapján a 7.2. táblázat szerint.

a méretfokozat: n az R3– S1 besorolás alapján.

A létesítendő villámhárító fokozata:

V4b–L4a–F4/r–n

Az istállóépületre tehát villámhárítót kell készíteni.

6. példa.

Vizsgálja meg egy asztalosüzem villámvédelemére vonatkozó követelményeket. Az épület jellemző adatai:

- a tető: lángmentesített fa gerendákon cserépfedés;
- a körítőfal: kisméretű tömör téglá;
- a környezet: a becsapási veszélyt csökkentő vagy fokozó környezeti hatás nincs.

Az épület és a besorolás adatait a következő táblázat foglalja össze.

Besorolási szempont	Az épület leírása vagy adata	Csoport
Rendeltetése	Asztalosüzem, (C tűzv. o.)	R3
Magassága	16 m	M2
Környezeti hatás	Nincs	
Tetőszerkezet	Betonfödém,	T1
Tetőhéjazat	Nehezen éghető műanyag	
Körítőfal	Tégla	K1
Légszennyezettség	Közepesen szennyezett terület	S2
Alapterület	16x48 m	–

A létesítmény villámvédelmi besorolása

rendeltetés szerint: **R3**, mert az épület a benne folytatott tevékenység miatt a C tűzveszélyességi osztályba tartozik;

magasság és környezeti hatás szerint: **M2**, mert a magassága kisebb, mint 20 m és a besorolást módosító környezeti hatás nincs;

tető anyaga és szerkezete szerint: **T1**, mert, nem éghető tetőszerkezeten nehezen éghető héjazat van;

a körítőfalak szerint: **K1**, mert a fal nem éghető;
a levegő szennyezettsége szerint: **S2**, mert közepesen szennyezett
levegőjű környezetben van.

Az épület villámvédelmi besorolása

R3–M2–T1–K1–S2

A villámhárító előírt fokozata:

a felfogó: **V3a** az **R3–M2–T1** besorolás alapján az MSZ 274/3

1.sz. táblázata (a jegyzet 7.1. táblázata) szerint.

a levezető: **L3a** az **R3–M2–K1** besorolás alapján az MSZ 274/3

2.sz. táblázata (a jegyzet 7.2. táblázata) szerint.

a földelés: **F3/r** az **R3–M2** besorolás alapján a 7.2. táblázat
szerint.

a méretfokozat: **k** az **R3– S2** besorolás alapján.

A létesítendő villámhárító fokozata:

V3a–L3a–F3/r–k

A szükséges földelési ellenállás egyedileg vizsgálható földelőkre
és $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$ fajlagos talajellenállással számolva:

$$R = 6 \frac{\rho}{\sqrt{A}} \Omega$$

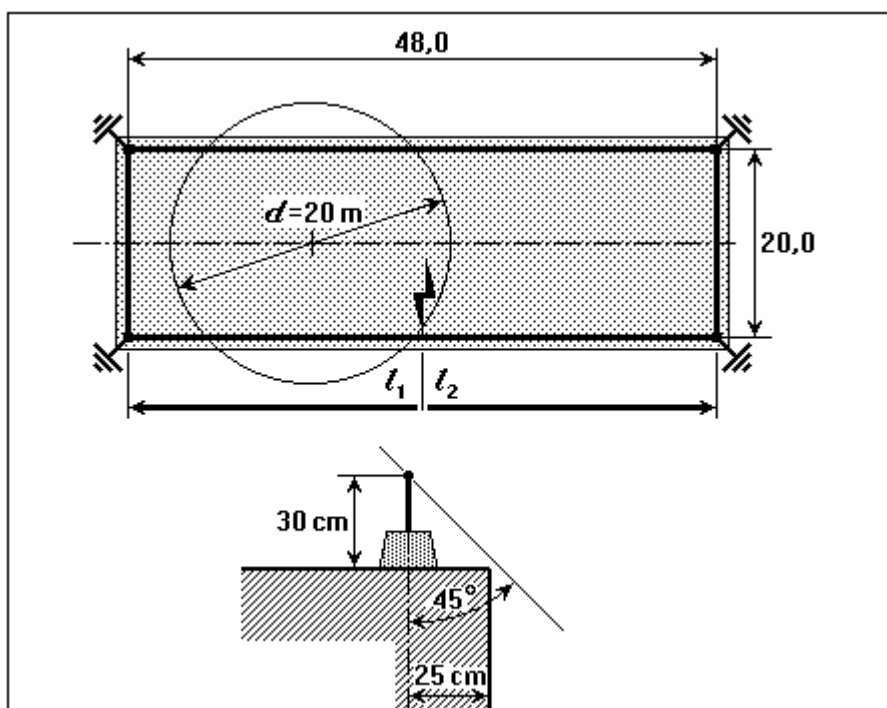
$$R = 6 \frac{100}{\sqrt{16 \times 48}} = 21,65 \Omega$$

A tervező által megadott $R = 15 \Omega$ földelési ellenállás kisebb
fajlagos talajellenállásnak felel meg, de ez mérés hiányában a becslés
bizonytalansága miatt nem túlzott és elfogadható.

A felfogórendszert a lapostetőn elhelyezett 30 cm kiemelésű, az
épület kerülete mentén az élektől 25 cm-re körbefutó felfogóvezetők
alkotják. Az épület négy sarkán létesítettek földelőket, amelyekhez a
levezetők a faltól 10 cm-re futnak le. Ellenőrizzük, hogy ez a
villámhárító megfelel-e a követelményeknek

A **V3** fokozatú felfogót a 8.3. ábrán bemutatott szabványos
módszerek közül $d = 20 \text{ m}$ átmérőjű körlappal és $\alpha = 45^\circ$ védőszöggel

lehet ellenőrizni. Ezek alkalmazását a vizsgált épületre a 16.5. ábra mutatja. Ebből megállapítható, hogy a körlapot nem lehet a felfogók érintése nélkül a tetőre ráhelyezni, a védőszög pedig $\operatorname{tg} \alpha = 25/30$ összefüggésből: $\alpha = 40^\circ < 45^\circ$. A felfogó általános elrendezése tehát megfelelő. A tető fölé emelkedő nagyobb fémtárgyakat össze kell kötni a felfogórendszerrel.



16.5. ábra.

A felfogórendszer ellenőrzése a V3 fokozat és az L3 fokozatból adódó áramutak szempontjából.

A levezetők fokozata **L3a**, ezért legalább 2 levezető szükséges olyan elrendezésben, hogy az áramút vízszintes vetületének eredője legfeljebb 15 m lehet. A levezetők és a fal között nem kell távolságot tartani, tehát az alkalmazott 10 cm megfelel.

Az épület négy sarkán létesített 4 levezető figyelembe vételével a legkedvezőtlenebb becsapási pont az épület hosszának közepén vehető fel.. Innen két áramút vezet a levezetőkhez, amelyeknek eredőjét a következők szerint lehet kiszámítani:

$$l_1 = l_2 = \frac{48}{2} = 24 \text{ m}$$

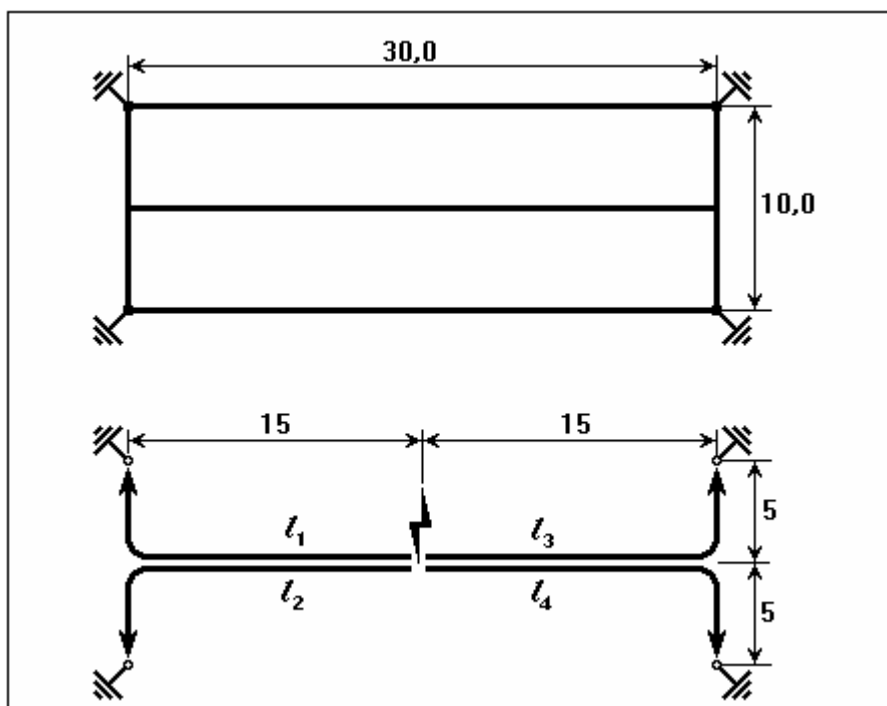
$$\frac{1}{l_e} = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} = \frac{2}{l_1}$$

$$l_e = \frac{l_1}{2} = 12 < 15 \text{ m}$$

Mivel az áramutak eredő hossza az előírt érték alatt van, a levezetők száma és elhelyezése megfelel a követelményeknek.

7. példa.

Lapos tetejű épület villámhárító felfogóvezetői a tető kerülete mentén és a tető hosszanti középvonalaiban húzódnak. A levezetőrendszernek **L3** fokozatú, amit a négy sarkon elhelyezett levezetőkkel valósítottak meg. Számítsa ki az eredő áramutat és minősítse a levezetőrendszert.



16.6. ábra.

Az áramutak kijelölése és hossza lapostetőn, négy levezető esetén.

A legkedvezőtlenebb becsapási pont a középén levő felfogó-vezető közepe, mert ez esik legtávolabb a levezetőktől. Innen a 16.6. ábra szerint négy áramút vezet a földelőkhöz, amelyek hossza a szimmetria miatt egyenlő. Ezeknek az áramutaknak az eredő hosszát a következők szerint számíthatjuk ki:

$$l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = 2 \times 15 + 5 = 35 \text{ m}$$

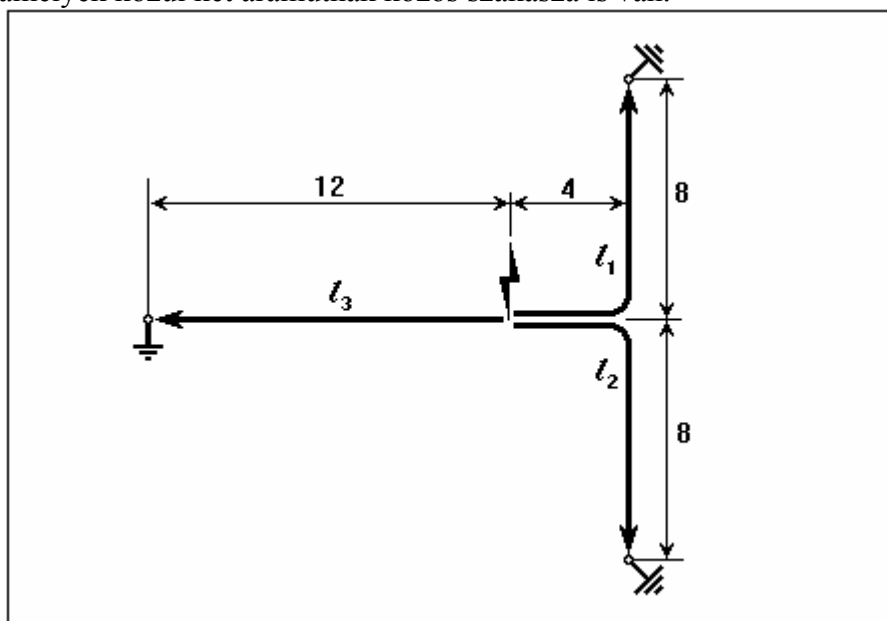
$$\frac{1}{l_e} = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_4} = \frac{4}{l_1}$$

$$l_e = \frac{l_1}{4} = \frac{35}{4} = 8,75 < 15 \text{ m}$$

Mivel az áramutak eredő hossza kisebb, mint az **L3** fokozatra megengedett érték, a levezeték száma és elhelyezése megfelelő.

8. példa.

Számítsa ki a 16.7. ábrán látható három párhuzamos áramút eredőjét, amelyek közül két áramutnak közös szakasza is van.



16.7. ábra.

Példa három áramút eredőjének számítására közös szakasszal.

$$l_1 = l_2 = 2 \times 4 + 8 = 16 \text{ m}$$

$$l_3 = 12 \text{ m}$$

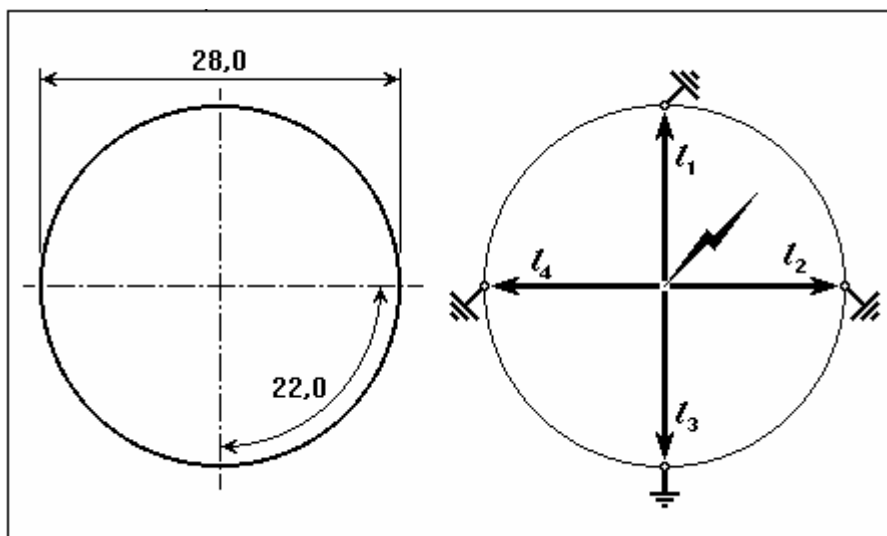
$$\frac{1}{l_e} = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} = \frac{2}{16} + \frac{1}{12} = \frac{5}{24}$$

$$l_e = \frac{l_1}{4} = \frac{24}{5} = 4,8 < 10 \text{ m}$$

Az eredmény alapján megállapítható, hogy a három áramút eredője az **L4** fokozatra előírt követelménynek is megfelel.

9. példa.

A 16.8. ábrán felülnézetben látható kupolatetőre a legmagasabb pontjától sugárirányban futó négy felfogóvezetőt szereltek, amelyek egymástól 22 m távolságra lévő levezetőkhöz csatlakoznak. Mindegyik levezetőhöz külön és földelő tartozik. Rajzolja le az áramutak képet és határozza meg, hogy a levezetőrendszer milyen fokozatnak felel meg.



16.8. ábra.

Példa az áramutak eredőjének számítására kupolatető esetén.

$$l_1 = l_2 = l_3 = l_4 = \frac{d}{2} = \frac{28}{2} = 14 \text{ m}$$

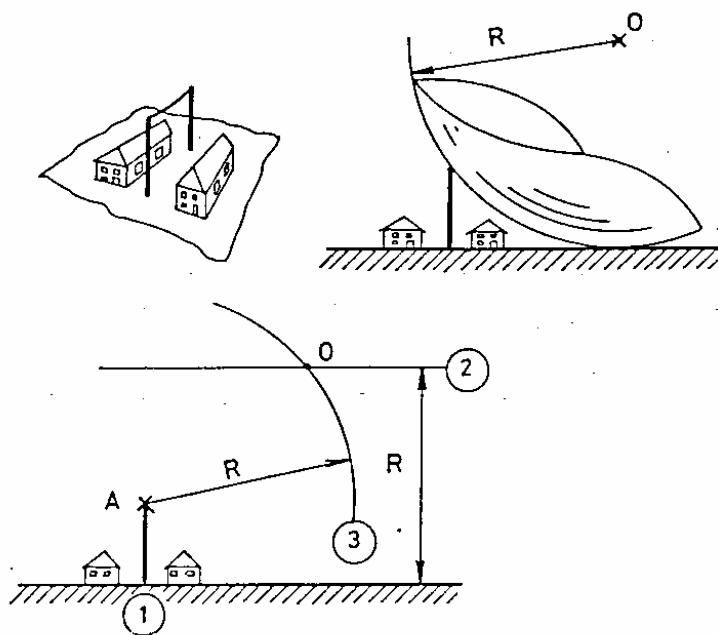
$$\frac{1}{l_e} = \frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2} + \frac{1}{l_3} + \frac{1}{l_4} = \frac{4}{l_1}$$

$$l_e = \frac{l_1}{4} = \frac{14}{4} = 3,5 < 10 \text{ m}$$

Az eredmény alapján megállapítható, hogy a kupolatető levezetői az eredő áramút szempontjából kielégítik az **L4** fokozatra előírt követelményt.

10. példa.

Ellenőrizze a 16.9. ábra szerint két, 6 m magas épületből álló épületcsoport **V5c-L4b-F4/r** fokozatú közös felfogórendszerét, amely egy 16 m magasságban kifeszített felfogóvezetőből áll.



16.9. ábra.

Közös felfogóvezető ellenőrzése szerkesztéssel.

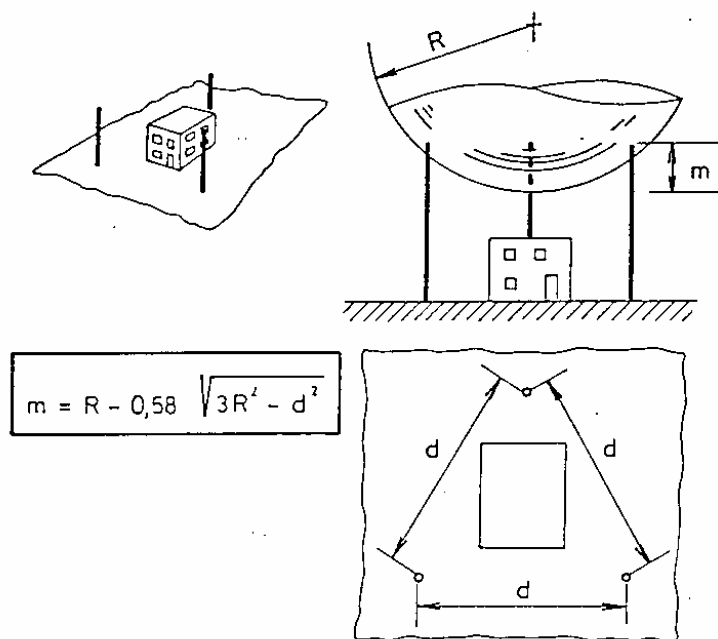
A **V5** fokozatnak megfelelően 20 méternél alacsonyabb épületre a gördülő gömb sugara: $R = 40$ m.

A szerkesztés menete:

- 1) Léptékhelyesen ábrázoljuk a védendő épületeket és a villám-védelmi rendszert (pl. 1 mm feleljen meg 1 m-nek).
- 2) A képzeletbeli gömb sugarával egyenlő távolságban párhuzamost húzunk a talajszinttel.
- 3) A felfogóvezetőtől mint középponttól a gömb sugarával körívet húzunk, amely az egyenesből kimetszi a gömb középpontját.
- 4) Ha az így megrajzolt gömb alatt helyezkednek el az épületek, tehát a villámvédelem megfelelő.

11. példa.

Ellenőrizze egy 6 m magas épületre előírt **V6c-L4b-F4/r** fokozatú villámvédelmét, ha helyette a 16.10. ábrán látható **V6d** fokozatú felfogórendszert valósították meg.



16.10. ábra.

Három felfogórúdból álló V6d fokozatú felfogórendszer ellenőrzése.

A képzeletbeli gömb m belógása a megadott képlettel számítható ki. Ha ezt a felfogórudak magasságából kivonva az épület magasságánál nagyobb eredmény adódik, a védelem megfelelő

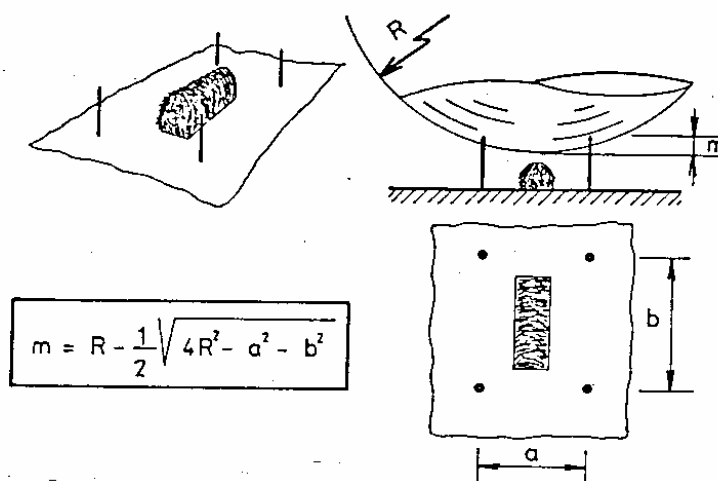
A **V6** fokozathoz $R = M+10 = 6+10 = 16$ m gömbsugár tartozik. A felfogórudak magassága 15 m, és háromszöget alkotva egymástól egyenlő távolságra helyezkednek el, tehát $d = 20$ m.

Tekintettel arra, hogy az ábra adatait felhasználva

$$15 - 4,87 = 10,13 \text{ m} > 6 \text{ m}$$

tehát a **V6d** fokozatú felfogórendszer megfelelő.

Mivel a felfogóoszlopok a védendő épülettől távol vannak, az egyes leveztők és a földelés fokozata egyszerűsíthető, tehát a független villámhárító fokozata **V6d-V2a-F2/x** lesz.



16.11. ábra.

V4d fokozatú független villámhárító négy felfogórúddal

12. példa.

Vizsgálja meg, hogy egy 10 m magas kazalra előírt **V4c-L4b-F3/r** fokozatú villámhárító helyett milyen magas felfogórudakkal lehet **V4d** fokozatú független felfogórendszert kialakítani a 16.11. ábrán látható, négy felfogórúddal.

A felfogórudak közötti távolságok:

$$a = 40 \text{ m};$$

$$b = 50 \text{ m};$$

A gördülő gömb sugara **V4** fokozatra: $R = 80 \text{ m}$.

Az ábrán látható képlet felhasználásával a gömb belógása:

$$m = 6,7 \text{ m.}$$

A szerkesztés szerint a gördülő gömb legmélyebb pontjának magasabban kell lennie, mint a védendő kazal $M = 10 \text{ m}$ magassága. Ebből következik, hogy a felfogórúdak magasságaa legalább

$$M + m = 16,7 \text{ m}$$

legyen. A **V4d** fokozatú védelem tehát négy, kb. 17 m magas felfogórúddal valósítható meg. Faoszlopokat használva a független villámhárító fokozata **V4d-L2b-F2/x** lesz.

13. példa.

Vizsgálja meg, hogy egy épületre előírt **V6c-L4b-F4/r** fokozatú villámhárító helyettesíthető-e a 16.12. ábrán látható felfogóvezetőből és két felfogórúdból álló független felfogórendszerrel. Ezek magassága egységesen 12 m.

A védendő épület magassága: $M = 6 \text{ m};$

A távolságok: $a = 20 \text{ m};$

$$b = 18 \text{ m};$$

A gördülő gömb sugara **V6** fokozatra: $R = M + 10 = 16 \text{ m}.$

A gördülő gömb középpontja a két felfogórúd közötti felezősíkból az ábrán látható képlet szerint

$$s = 13,28 \text{ m}$$

távolságban van a rudak csúcsától.

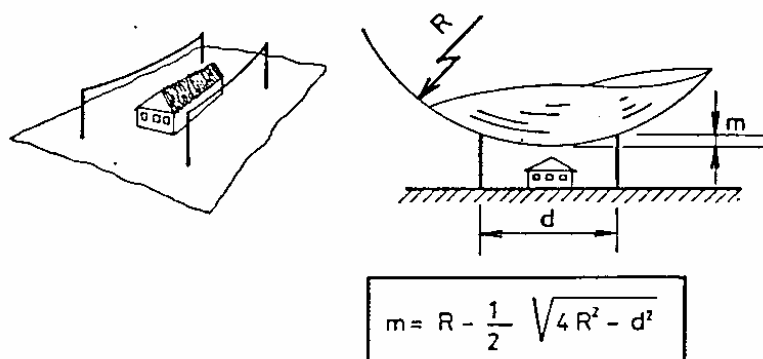
- 1) A szerkesztés első lépését a gördülő gömb R sugarának meghatározásával már elvégeztük.
- 2) Az **A** jelű felfogóvezető körül R sugárral körívet rajzolunk.
- 3) Az **B** jelű felfogórúd csúcsa körül s sugarú körívet rajzolunk.

A két körív metszéspontja a gömb **O** középpontja. Ez 10,58 m magasban van a felfogók fölött. Ezt felhasználva már meg lehet rajzolni az R sugarú gördülő gömb képét, amelynek legmélyebb pontja 5,42 m-re süllyed a felfogók alá, tehát 6,58 m magasban van a talajszint fölött. Mivel a védendő épület 6 m magas, a felfogórendszer megfelel a **V6d** fokozat követelményének.

14. példa.

Vizsgálja meg, hogy egy épületre előírt **V5c-L4b-F4/r** fokozatú villámhárító helyettesíthető-e a 16.13. ábrán látható két felfogóvezetéből álló független felfogórendszerrel.

A védendő épület magassága: $M = 6 \text{ m};$
A felfogóvezetők távolsága: $d = 25 \text{ m};$
A gördülő gömb sugara **V5** fokozatra: $R = 40 \text{ m}.$
A felfogóvezetők magassága: $h = 10 \text{ m}$



16.13. ábra.

V5d fokozatú független villámhárító két felfogóvezetővel.

Az ábrán látható képlet felhasználásával a gömb belógása:

$$m = 2,0 \text{ m}.$$

Az épület nem lehet magasabb, mint a felfogóvezetők és az m belógás különbsége, tehát:

$$h - m = 10 - 2 = 8 \text{ m} > M = 6 \text{ m}$$

vagyis a felfogórendszer megfelel a **V5d** fokozat követelményének.

15. példa.

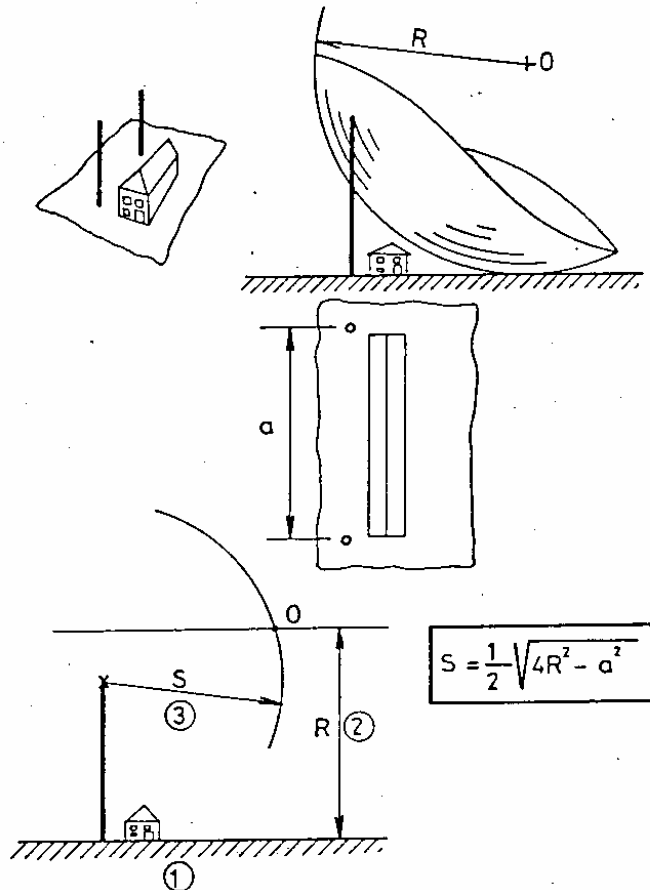
Vizsgálja meg, hogy egy épületre előírt **V5c-L4b-F4/r** fokozatú villámhárító helyettesíthető-e a 16.14. ábrán látható két felfogórúdból álló független felfogórendszerrel.

A védendő épület magassága: $M = 6 \text{ m};$
A felfogórúdak távolsága: $d = 40 \text{ m};$
A gördülő gömb sugara **V5** fokozatra: $R = 40 \text{ m}.$
A felfogóvezetők magassága: $h = 30 \text{ m}$

A gördülő gömb középpontja a két felfogórúd közötti felezősíkból az ábrán látható képlet szerint

$$s = 34,64 \text{ m}$$

távolságban van a rudak csúcsától.



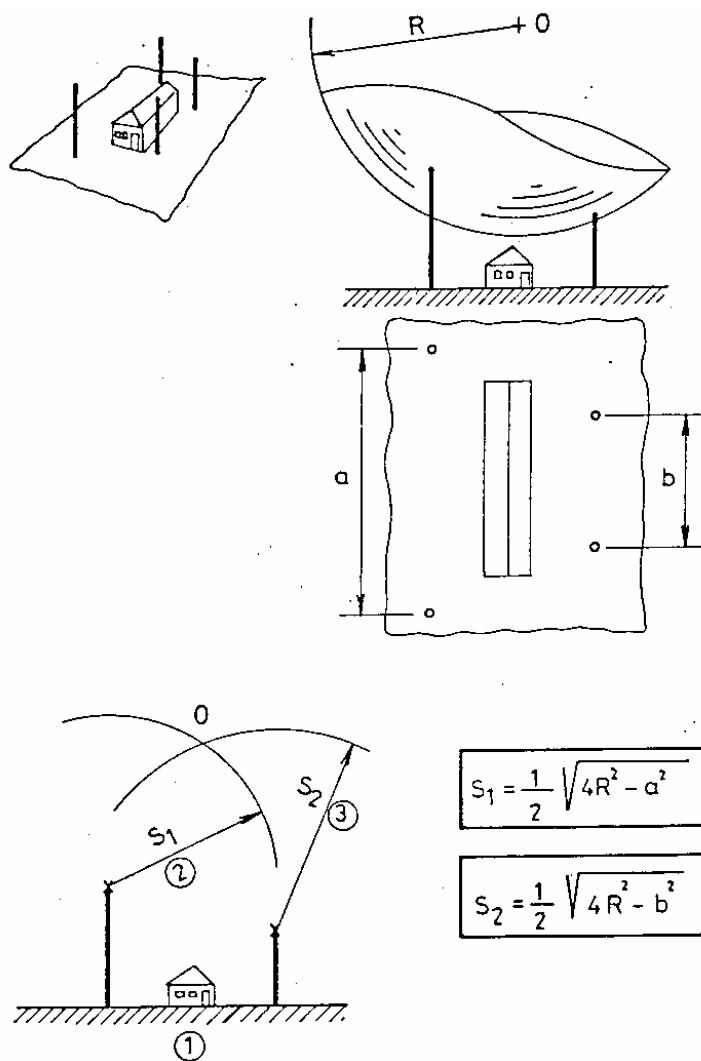
16.14. ábra.

V5d fokozatú független villámhárító két felfogórúddal.

- 1) A szerkesztés első lépését a gördülő gömb R sugarának meghatározásával már elvégeztük.
- 2) A talajszint felett R magasságban egyenest húzunk.
- 3) A felfogórúdak csúcsa körül s sugarú körívet rajzolunk.

A körív és az egyenes metszéspontja a gömb O középpontja. Ezt felhasználva már meg lehet rajzolni az R sugarú gördülő gömb képét. A gömb a rudaktól 33,12 m távolságban érinti a földet és 12 m

távolságban éri el a 6 m magasságot. Ha tehát a felfogórudak 12 m-nél közelebb vannak az épülethez, a felfogórendszer megfelel a **V5d** fokozat követelményének.



16.15. ábra.

V5d fokozatú független villámhárító négy, különböző magasságú felfogórúddal.

16. példa.

Vizsgálja meg, hogy egy épületre előírt **V5c-L4b-F4/r** fokozatú villámhárító helyettesíthető-e a 16.15. ábrán látható négy felfogórúdból álló független felfogórendszerrel, ha a magasságuk különböző.

A védendő épület magassága:	$M = 6 \text{ m};$
A felfogórudak távolsága:	$a = 50 \text{ m};$
	$b = 25 \text{ m};$
merőleges irányban:	$c = 30 \text{ m};$
A gördülő gömb sugara V5 fokozatra:	$R = 40 \text{ m};$
A felfogórudak magassága:	$h_1 = 23 \text{ m};$
	$h_2 = 14 \text{ m}.$

A gördülő gömb középpontja két-két felfogórúd közötti felezősíkból az ábrán látható képletek szerint

$$s_1 = 31,2 \text{ m}$$

$$s_2 = 38,0 \text{ m}$$

távolságban van a rudak csúcsától.

A 16.15 ábra szerint s_1 ill. s_2 sugárral rajzolt körívek metszéspontja meghatározza a gördülő gömb **O** középpontját, tehát a gömböt be lehet rajzolni és a szerkesztés szerint nem érinti a védendő épületet. A négy rúdból álló villámhárító tehát a **V5d** fokozat követelményének megfelel.

Mellékletek

Szám	Oldal
1. A villámhárító alkatrészeinek legkisebb szükséges méretei	256
2. Egyes épületek villámvédelmi besorolása rendeltetés szerint	257
3. Tetők tűzvédelmi besorolása	259
4. Szigetelő alátétlap szükséges vastagsága	260
5. Építőanyagok éghetőségi csoportosítása	261
6. Fémek olvadáspontja és a T2 besoroláshoz szükséges héjazati burkolólemez vastagsága	262
7. Párhuzamos felfogóvezetők magasságának és távolságának összefüggése a V3 és a V4 fokozat szerinti gördülő gömb alapján	263
8. Párhuzamos felfogóvezetők magasságának és távolságának összefüggése a V5 fokozat szerinti gördülő gömb alapján	264
9. Párhuzamos felfogóvezetők magasságának és távolságának összefüggése a V6 fokozat szerinti gördülő gömb alapján	265
10. Négyzetesen elhelyezett felfogórudak magasságának és távolságának összefüggése a V3 és a V4 fokozat szerinti gördülő gömb alapján	266
11. Négyzetesen elhelyezett felfogórudak magasságának és távolságának összefüggése a V5 fokozat szerinti gördülő gömb alapján	267
12. Négyzetesen elhelyezett felfogórudak magasságának és távolságának összefüggése a V6 fokozat szerinti gördülő gömb alapján	268
13. Rúdföldelő földelési ellenállása a hossz függvényében	269
14. Rúdföldelő földelési ellenállása a rúdátmérő függvényében	270
15. Vízszintes (szalag-) földelő földelési ellenállása a hossz függvényében	271
16. Rúdföldelő és vízszintes (szalag-) földelő földelési ellenállásának összehasonlítása a hossz függvényében	272
17. Párhuzamosan kapcsolt rúdföldelők eredő földelési ellenállásának η hatásfoka	273
18. Párhuzamosan kapcsolt rúdföldelők eredő földelési ellenállása	274
19. Az F1/r, F3/r és F4/r fokozatokra megengedett legnagyobb eredő földelési ellenállás	275
20. Az F1/r, F3/r és F4/r fokozatú egyedi földelőkre megengedett legnagyobb földelési ellenállás	276
21. Az F3/r és F4/r fokozatú rúdföldelők szükséges hossza	277
22. Az F3/r és F4/r fokozatú vízszintes (szalag-) földelők szükséges hossza	278
23. A talajjal érintkező fémtárgyak természetes földelési ellenállása	279
24. A veszélyes kapacitív hatás kiküszöbölése fémes összekötéssel	280
25. Minta villámvédelmi tervdokumentáció	281

1. sz. melléklet

**A villámhárító alkatrészeinek legkisebb szükséges méretei
(MSZ 274/3-81)**

Az alkatrész méretfokozata →			n	k	e	ek
Acél	Huzal	átmérő, mm	6,0	8,0	10,0	10,0
	Sodrony- kötél	kötélátmérő, mm	8,0	10,0	12,0	16,0
		huzalátmérő, mm	1,6	2,0	2,4	3,2
	Szalag	szélesség × vastagság, mm × mm	10×3	20×3	20×5 25×4	20×5
	Rúd, cső, idomacél	keresztmetszet, mm ²	30,0	60,0	100,0	100,0
		vastagság, mm	3,0	3,0	4,0	5,0
Alumínium	Huzal	átmérő, mm	8,0	10,0	–	–
	Vezeték- sodrony	keresztmetszet, mm ²	50,0	70,0	–	–
		huzalátmérő, mm	2,1	2,1	–	–
	Szalag	szélesség × vastagság, mm × mm	20×4	20×5 25×4	–	–
Alumínium vezeték-sodrony acél erősítéssel		alumínium/acél keresztmetszet, mm ² / mm ²	50/8	70/12	95/15	120/20
Réz	Huzal	átmérő, mm	6,0	8,0	8,0	8,0
	Vezeték- sodrony	keresztmetszet mm ²	35,0	50,0	70,0	95,0
		huzalátmérő, mm	2,1	2,1	2,1	2,5
	Szalag	szélesség × vastagság, mm × mm	10×3	20×3	20×4	20×4
* Más anyagú vagy más alakú fém	Olvasponton	keresztmetszet mm ²	100,0	100,0	150,0	150,0
	800°C felett	vastagság, mm	0,5	0,5	0,8	0,8
	Olvasponton	keresztmetszet mm ²	100,0	100,0	150,0	150,0
	500...800°C	vastagság, mm	1,0	1,0	2,0	2,0
	Olvasponton	keresztmetszet mm ²	200,0	200,0	200,0	200,0
	500°C alatt	vastagság, mm	2,0	2,0	3,0	3,0

* Az 500°C alatti olvaspontonú fémek csak természetes felfogóhoz vagy levezetőhöz használhatók, a többiek akár természetes, akár mesterséges alkatrészekhez.

Az acél sodronykötél és a vezeték-sodronyok valamennyi megadott keresztmetszete névleges érték.

2. sz. melléklet

Egyes épületek villámvédelmi besorolása rendeltetés szerint

Autóbusz állomás	R2	Irodaház 50 fő felett	R2
Állattartási épület, kisüzemi	R1	– egyébként	R1
– nagyüzemi	R2	Iskola 50 fő felett	R2
– C tűzveszélyességi osztályú	R3	– egyébként	R1
Áruház	R2	Istálló, kisüzemi	R1
Bábszínház	R2	– C tűzveszélyességi osztályú	R3
Bank	R2	Kazal	R3
Benzinkút	R5	Kémény, ha a kimenő anyag tűzveszélyességi osztálya A	R5
Benzinraktár	R5	B	R4
Bolt 50 fő felett	R2	C	R3
– egyébként	R1	Kempingépületek	R2
Cirkusz	R2	Kilátó, 50 fő felett	R2
Cukrászda 50 fő felett	R2	– egyébként	R1
– egyébként	R1	Kórház	R2
Emlékmű	R2	Könyvtár	R3
Étterem 50 fő felett	R2	Közigazgatási épület	
– egyébként	R1	Közmű épület	R2
Fatelep	R3	Kultúrház	R2
Fémraktár, ha a tűzveszélyességi osztály A	R5	Kürtő, ha a kimenő anyag tűzveszélyességi osztálya A	R5
B	R4	B	R4
C	R3	C	R3
D vagy E	R1	Lakóépület	R1
Filmszínház	R2	Lőszerraktár	R5
Gázcserelelep	R5	Magtár	R3
Gázgyár	R5	Malom, ha B tűzvesz. oszt.	R4
Gázüzem	R5	– egyébként	R3
Hangversenyterem épülete	R2	Mésztelep	R1

Metró állomás	R2	Sportpálya nézőtérrel	R2
Mezőgazdasági épület, ha a		Szanatórium	R2
– tűzveszélyességi osztály C	R3	Szálloda 50 fő felett	R2
– egyébként	R1	– egyébként	R1
Mozi	R2	Színház	R2
Múzeum	R2	Szociális otthon	R2
Műemlék	R2	Templom	R2
Művelődési ház	R2	Terménytároló	R3
Orvosi rendelő, kisforgalmú	R1	Turistaház 50 fő felett	R2
nagy forgalmú	R2	– egyébként	R1
Panzió	R1	TÜZÉP telep	R3
Raktár, ha a		Üdülő 50 fő felett	R2
tűzveszélyességi osztály A	R5	– egyébként	R1
B	R4	Üzlethelyiség 50 fő felett	R2
C	R3	– egyébként	R1
D vagy E	R1		
Robbanóanyag gyár v. raktár	R5		
Sátortábor	R1		
Sportcsarnok 50 fő felett	R2		
– egyébként	R1		

3. sz. melléklet

Tetők villámvédelmi besorolása

Héjazat	Tetőszerkezet					
	Acélszerkezet	Acélszerkezet+fa	Fa	Lángmentesített fa	Beton	Vasbeton
Cserép	T2	T2	T3	T1	T1	T2
Pala	T2	T2	T3	T1	T1	T2
Üveg	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Hullámüveg	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Műanyag hullámlemez	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Műanyag zsindelylemez	T5	T5	T4	T3	T3	T5
Lágylemez (kátránypapír)	T5	T5	T4	T3	T3	T5
Fa (zsindely)	T5	T5	T4	T4	T4	T5
Nád fémalkatrész nélkül	T5	T5	T4	T4	T4	T5
Nád, kötőhuzalokkal	T5	T5	T5	T5	T5	T5
Acéllemez, 0,5 mm alatt	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Acéllemez, 0,5 mm-től	T2	T2	T2	T2	T2	T2
Rézlemez, 0,5 mm alatt	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Rézlemez, 0,5 mm-től	T2	T2	T2	T2	T2	T2
Alumíniumlemez, 1 mm alatt	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Alumíniumlemez, 1 mm-től	T2	T2	T2	T2	T2	T2
Horganylemez, 3 mm alatt	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Horganylemez, 3 mm-től	T2	T2	T2	T2	T2	T2
Ólomlemez, 3 mm alatt	T2	T3	T3	T1	T1	T2
Ólomlemez, 3 mm-től	T2	T2	T2	T2	T2	T2

Megjegyzés: A táblázatban olyan párosítások is szerepelnek, amelyek a gyakorlatban egyáltalán nem fordulnak elő.

4. sz. melléklet

Szigetelő alátétlap szükséges vastagsága

A **T5** besorolású tetőkre helyezett **c** fokozatú felfogót el kell szigetelni a tető fémszerkezetű alkatrészeitől, amire a betongúla alá helyezett szigetelőlap is használható. Az alátétlapnak legalább 100 kV csúcsértékű lökőfeszültséget kell átütés nélkül kibírnia. Erre a célra csak olyan anyagok használhatók, amelyek kibírják a szabadtéri elhelyezésből eredő időjárási igénybevételeket, és legalább részben megtartják az átütéssel szembeni villamos szilárdságukat. A nedvesedés szerencsére a lökőfeszültséggel szembeni szilárdságot kevésbé csökkenti, mint váltakozófeszültség esetén. Ezeket a körülményeket és követelményeket figyelembe véve az alábbi táblázatban megadott vastagságú lapokat lehet javasolni.

Anyag	Vastagság, mm
bakelit (papír)	8,0
epoxi gyanta	5,0
hostaphan	2,5
gumi	3,0
plexi	4,0
poliamid	5,0
polietilén	2,5
polisztirol	3,0
poliuretán	4,0
porcelán	3,0
kemény pvc	6,0
szilikon gumi	5,0
üveg	5,0

Megjegyzés: A bakelitpapír lap csak megfelelő és időnként felújított védőréteggel (lakkozással) felel meg az időjárási igénybevételnek. A műanyaglapok csak tömör (nem habosított) lemezből készüljenek és minél kevesebb lágyító legyen bennük.

5. sz. melléklet

Építőanyagok éghetőségi csoportosítása

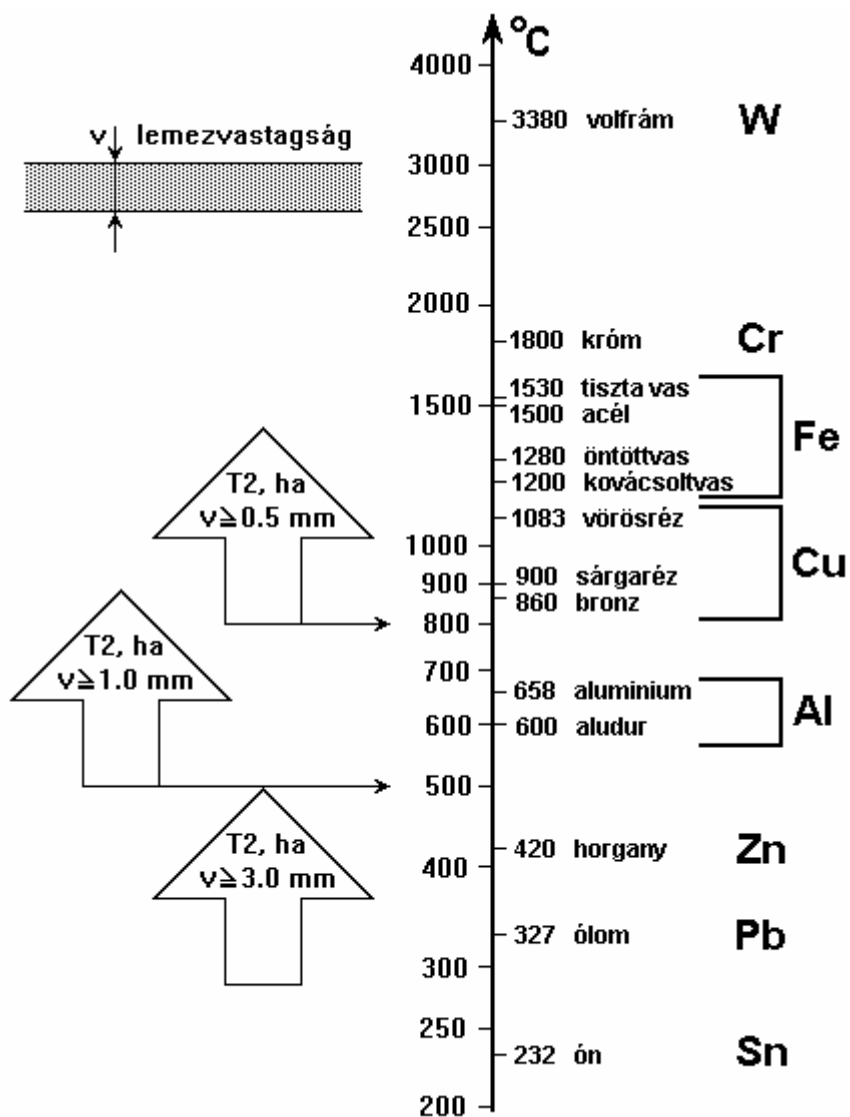
Nem éghető anyagok	Nehezen éghető anyagok
Beton, tégl, cserép, pala és a legtöbb szervesetlen építőanyag	Stiroflex hőszigetelő anyag
Polisztirolbeton	Kemény PVC lemezek
Frenzelit burkolólap	NIKECELL-S
Magorlemez	HEXACAL rideg poliuretánhab
BETONYP	HERACLIT
Műanyagkötésű kemény ásványgyapot lemez	EVACELL hab
Polisztirol-gyöngy adalékos könnyűbeton	MONSIFLEX vízszigetelő anyag
PARMITEX ásványgyapot	Égéskezléltetővel kezelt faforgácslap
IZOMIN szigetelőlap	FESCO-444 hőszigetelő lemez
Akumin ásványgyapot	MARMOLIT padlóburkolat
Telített üveggyapot termékek	Vináz padlóburkolat
	Ongroplast
	PIR-V-1113/3 poliuretánhab

Közepesen éghető anyagok	Könnyen éghető anyagok
Keményfa és puhafa	Mindazok az építőanyagok, amelyek az MSZ 14800 szabványsorozatban meghatározott vizsgálati követelményeket nem elégítik ki, ezért nem tartoznak az előző éghetőségi csoportok egyikébe sem.
Faforgácslapok	
Pozdorjalapok	
GRABOFLEX 022/T padlóburkoló	
HUNGÁRIA PVC padlóburkoló	
NEOVINILELASZTIK PVC padlóburkoló	
DELFIN padlóburkoló	
DUROTUF S/74 padlóburkoló	
MERTÁN szőnyegpadló	
NIKETON-IP	
Szalagparketta	
Poliészterbeton	

Az építőanyagok éghetőségével az MSZ 595/2-79 szabvány foglalkozik behatóan.

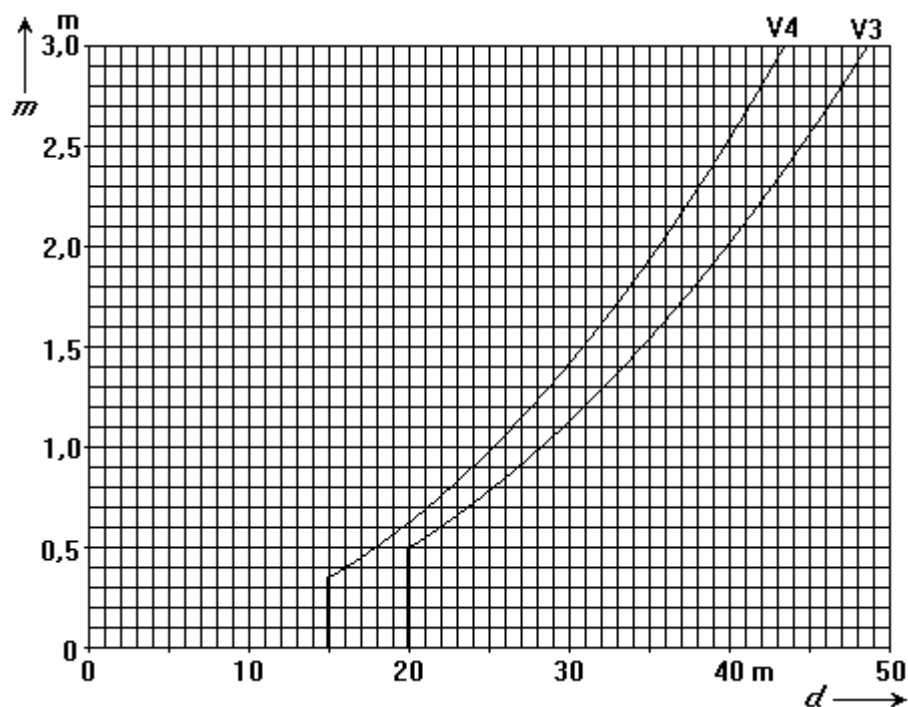
6. sz. melléklet

A fémek olvadáspontja és a T2 besoroláshoz szükséges héjazati burkolólemez vastagsága

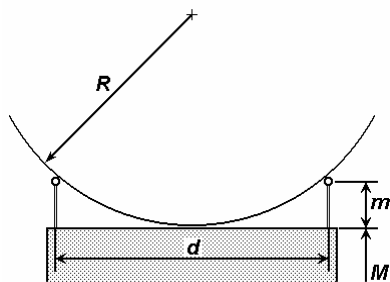


7. sz. melléklet

A szerkesztés szerint összefüggés adódik a gördülő gömb R sugara, és két párhuzamos felfogóvezető m magassága valamint d távolsága között. A következő diagramok a szerkesztés elvégzése nélkül lehetővé teszik a magasság vagy a távolság meghatározását.

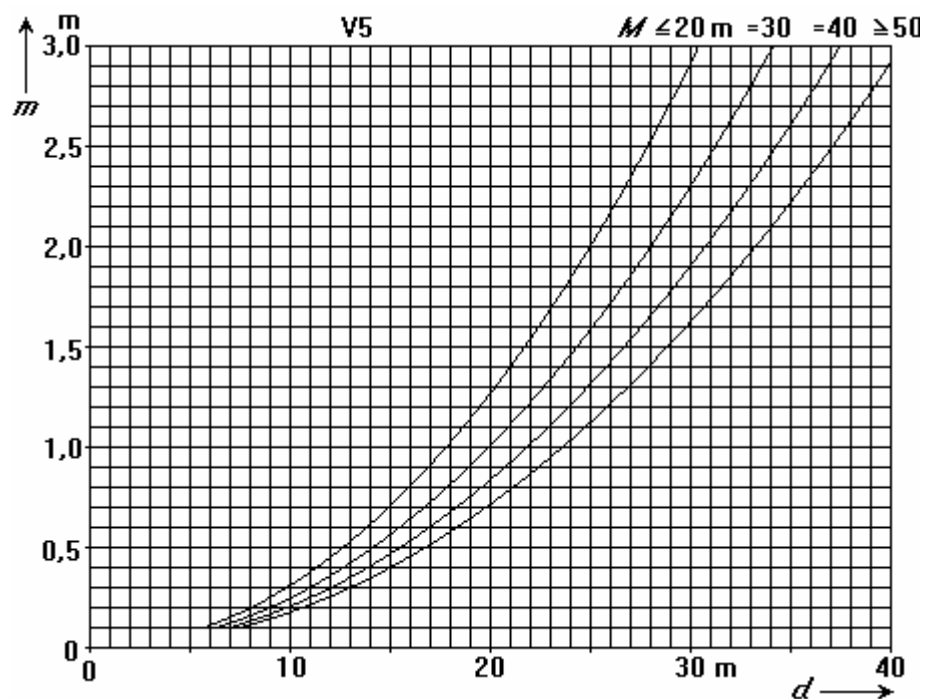


Párhuzamos felfogóvezetők magasságának és távolságának összefüggése a V3 és a V4 fokozat szerinti gördülő gömb alapján



Méretjelölések a gördülő gömbbel végzett szerkesztés diagramjaihoz két párhuzamos felfogóvezető esetén

8. sz. melléklet



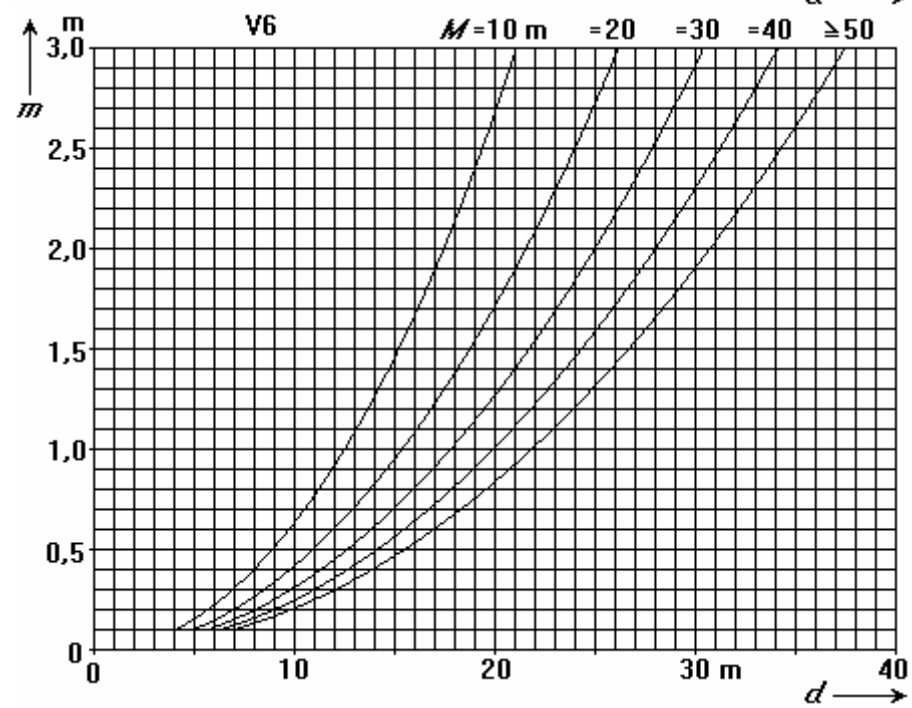
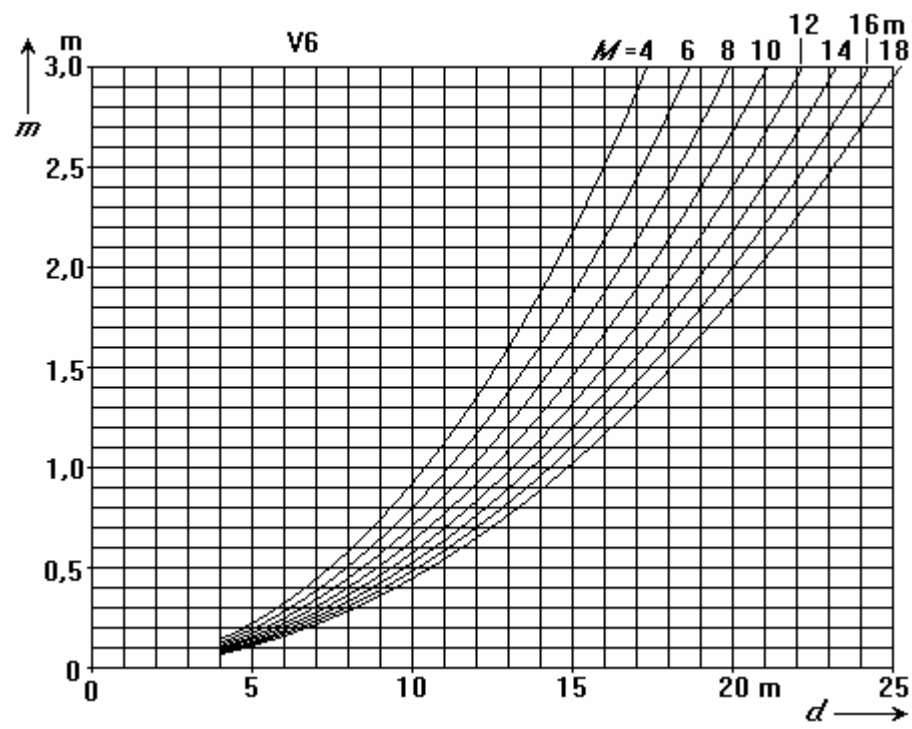
**Párhuzamos felfogóvezetők magasságának és távolságának összefüggése
a V5 fokozat szerinti gördülő gömb alapján.**

Az R , M , m és d méretek értelmezése az előző oldalon található.

9. sz. melléklet

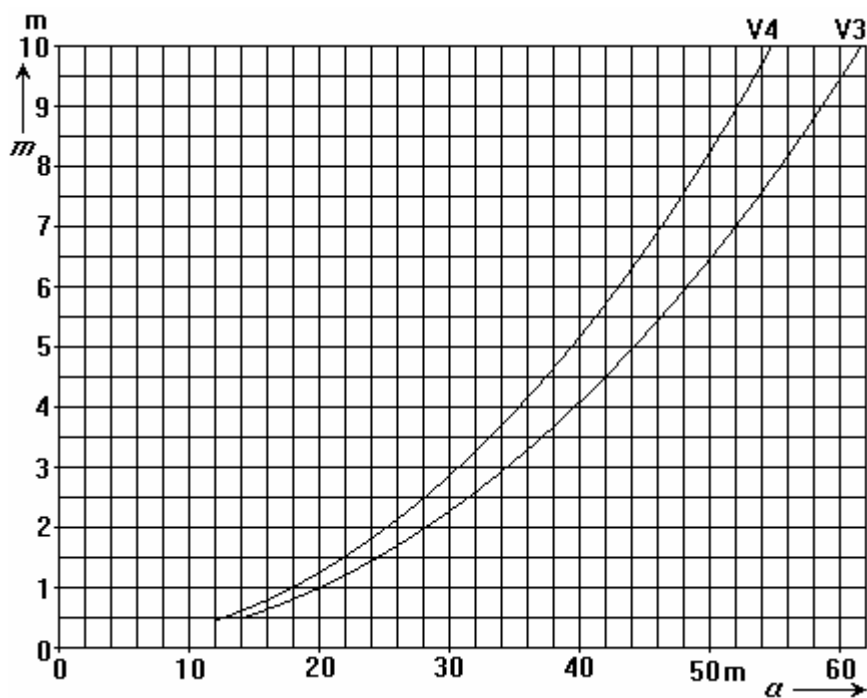
**Párhuzamos felfogóvezetők magasságának és távolságának összefüggése
a V6 fokozat szerinti gördülő gömb alapján**

a szemben levő oldalon látható,
külön diagramon feltüntetve a 20 m-nél kisebb magasságú épületekre vonatkozó
összefüggést.

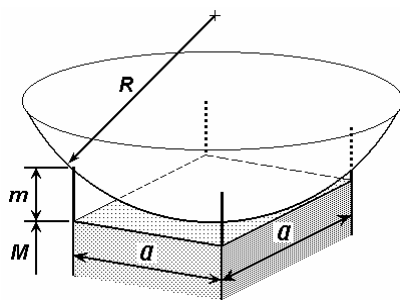


10. sz. melléklet

A szerkesztés szerint összefüggés adódik a gördülő gömb R sugara, a felfogórudak m magassága és a négyzetes elrendezés a oldaltávolsága között. A következő diagramok a szerkesztés elvégzése nélkül lehetővé teszik a magasság vagy a távolság meghatározását.

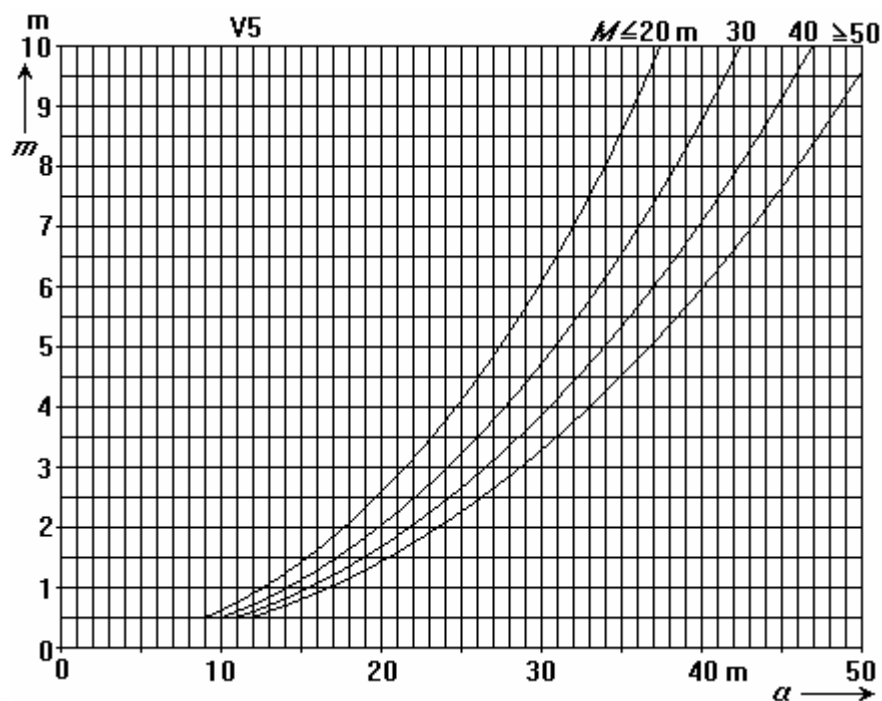


Négyzetesen elhelyezett felfogórudak magasságának és távolságának összefüggése a V3 és a V4 fokozat szerinti gördülő gömb alapján



Méretjelölések a gördülő gömbbel végzett szerkesztés diagramjaihoz négyzetesen elrendezett felfogórudak esetén

11. sz. melléklet



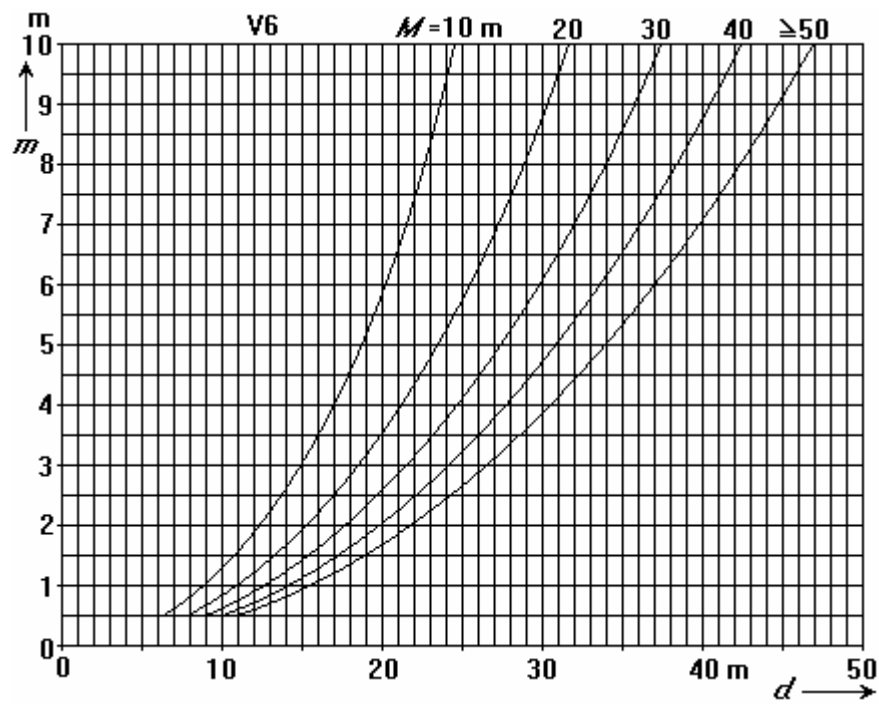
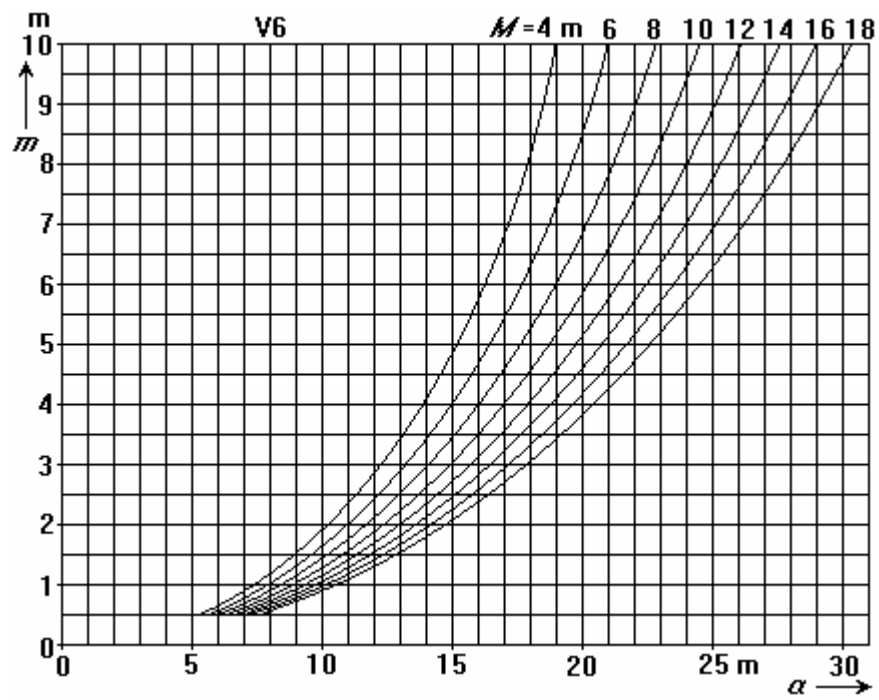
Négyzetesen elhelyezett felfogórudak magasságának és távolságának összefüggése a V5 fokozat szerinti gördülő gömb alapján

Az R , M , m és a méretek értelmezése az előző oldalon található.

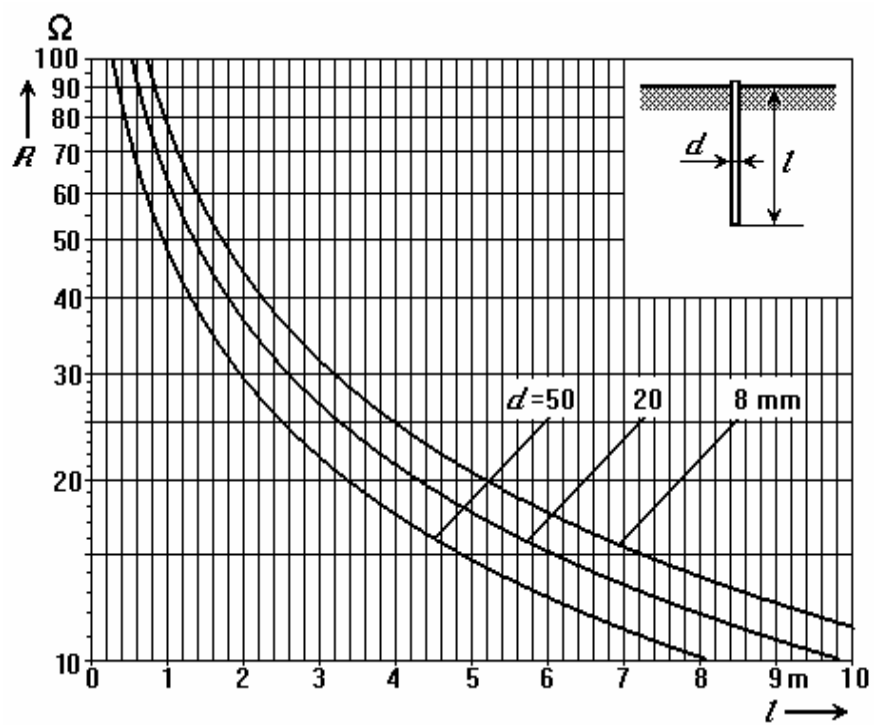
12. sz. melléklet

Négyzetesen elhelyezett felfogórudak magasságának és távolságának összefüggése a V6 fokozat szerinti gördülő gömb alapján

a szemben levő oldalon látható,
külön diagramon feltüntetve a 20 m-nél kisebb magasságú épületekre vonatkozó összefüggést.



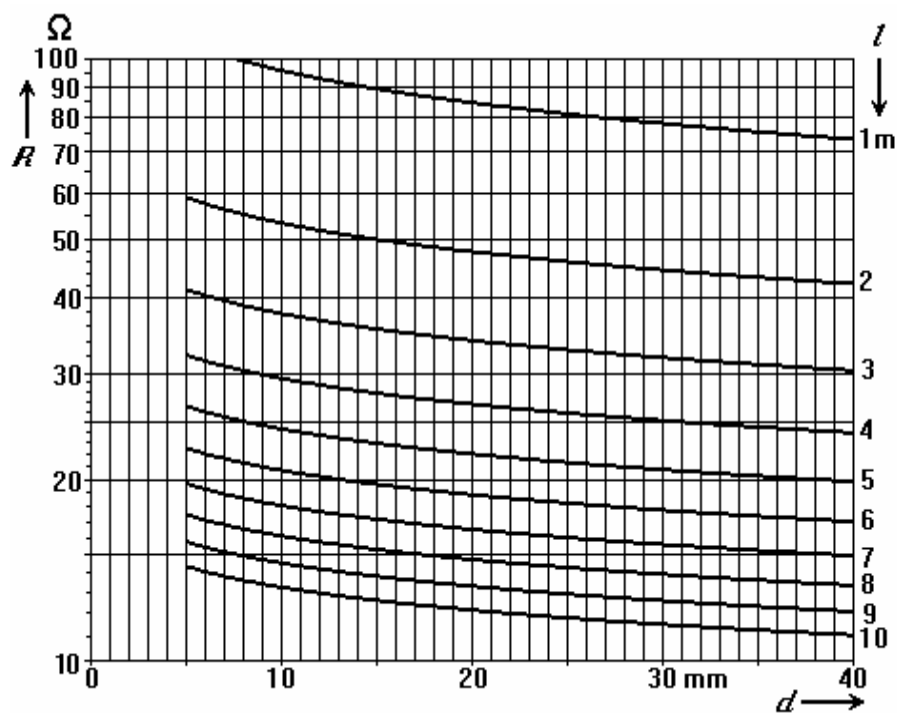
13. sz. melléklet



Rúdföldelő földelési ellenállása a hossz függvényében

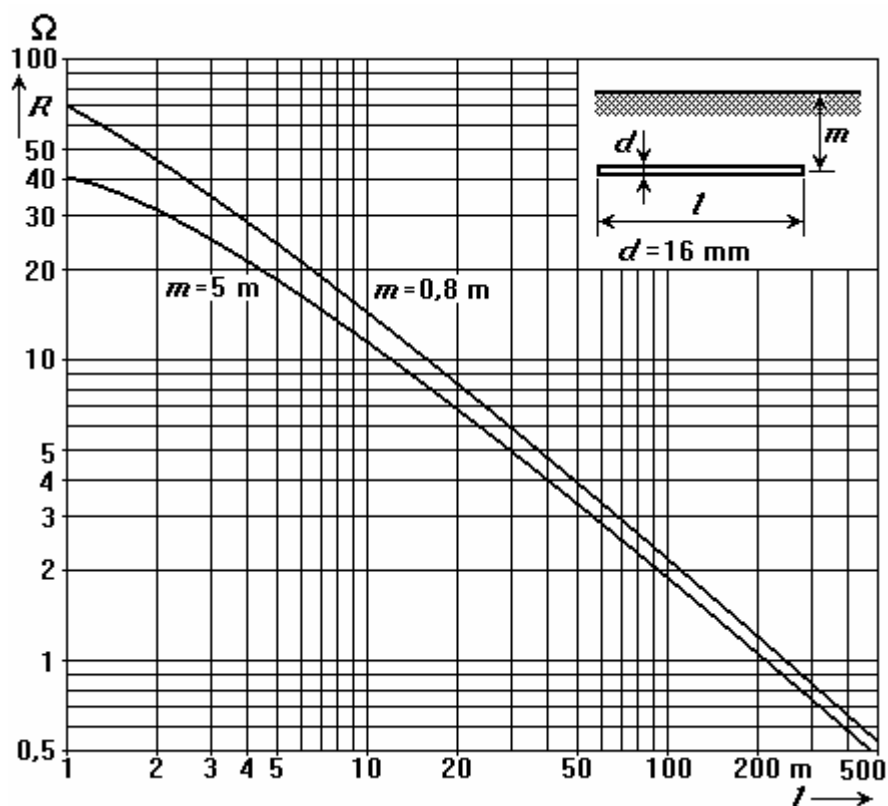
A talaj fajlagos ellenállása: $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$

14. sz. melléklet



Rúdföldelő földelési ellenállása a rúdátmérő függvényében
 A talaj fajlagos ellenállása: $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$

15. sz. melléklet

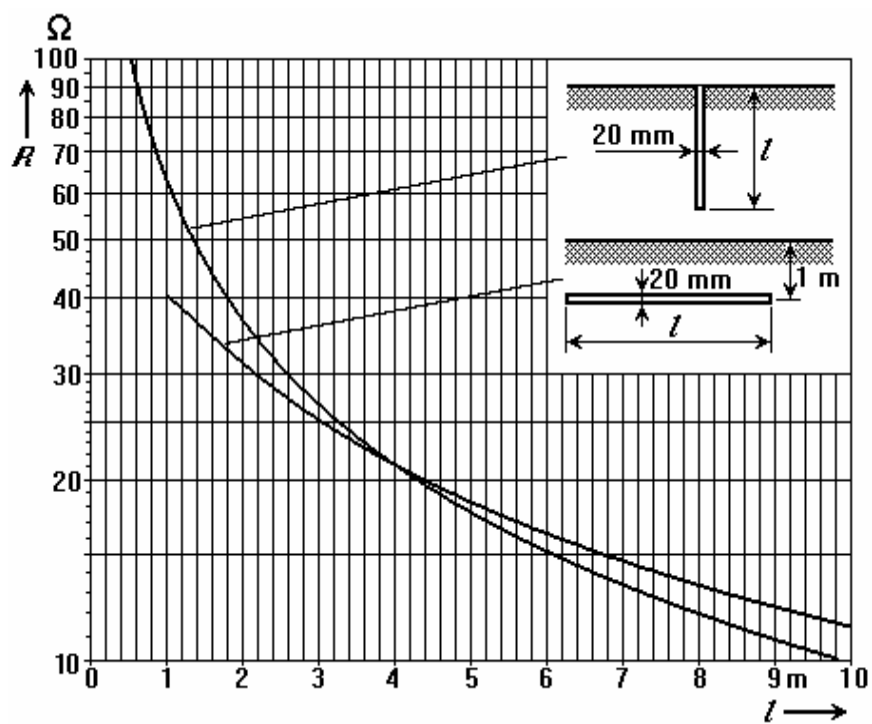


Vízszintes (szalag-) földelő földelési ellenállása a hossz függvényében

A talaj fajlagos ellenállása: $\rho = 100\text{ }\Omega\cdot\text{m}$

A földbe fektetett vezető d átmérője 8 mm és 32 mm között alig változtatja meg a diagramból kiolvasható földelési ellenállást. Az m fektetési mélység hatása szintén nem jelentős, ezért csak a szokásos 0,8 m és a még esetleg előforduló 5 m mélységre vonatkozó görbét adja meg a diagram.

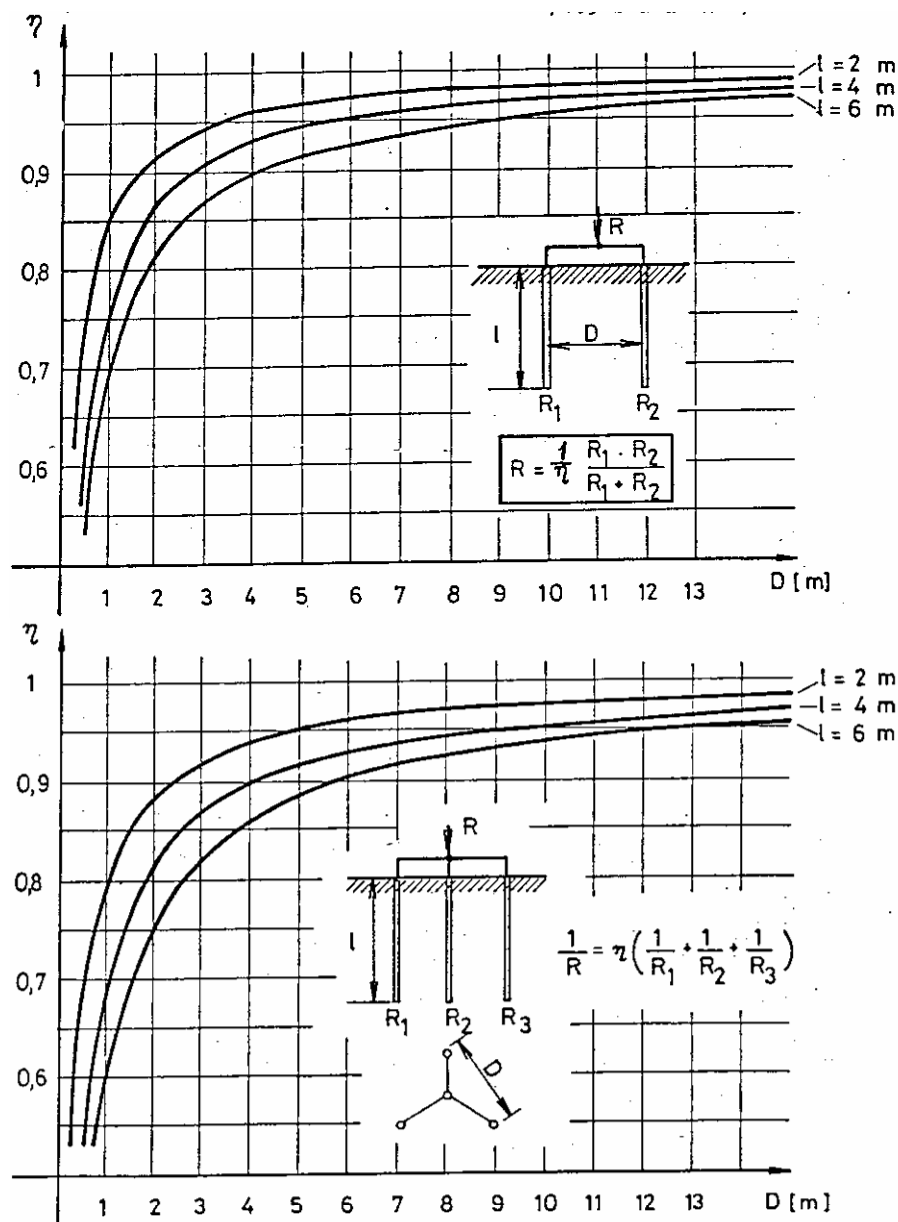
16. sz. melléklet



Rúdföldelő és vízszintes (szalag-) földelő földelési ellenállásának összehasonlítása a hossz függvényében

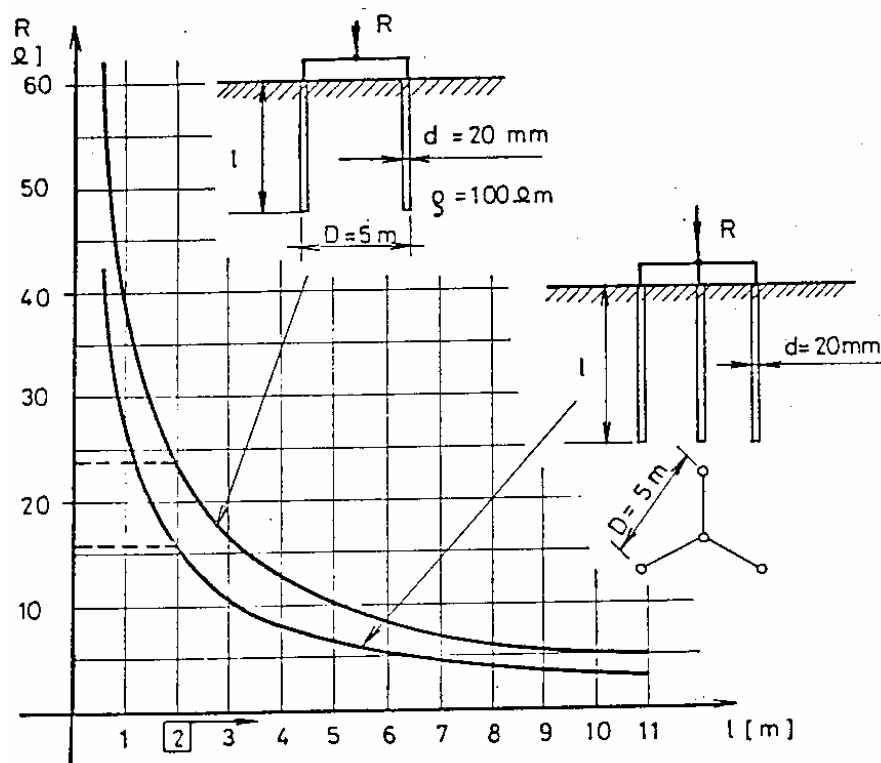
A talaj fajlagos ellenállása: $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$

17. sz. melléklet



Párhuzamosan kapcsolt rúdföldelők eredő földelési ellenállásának η hatásfoka

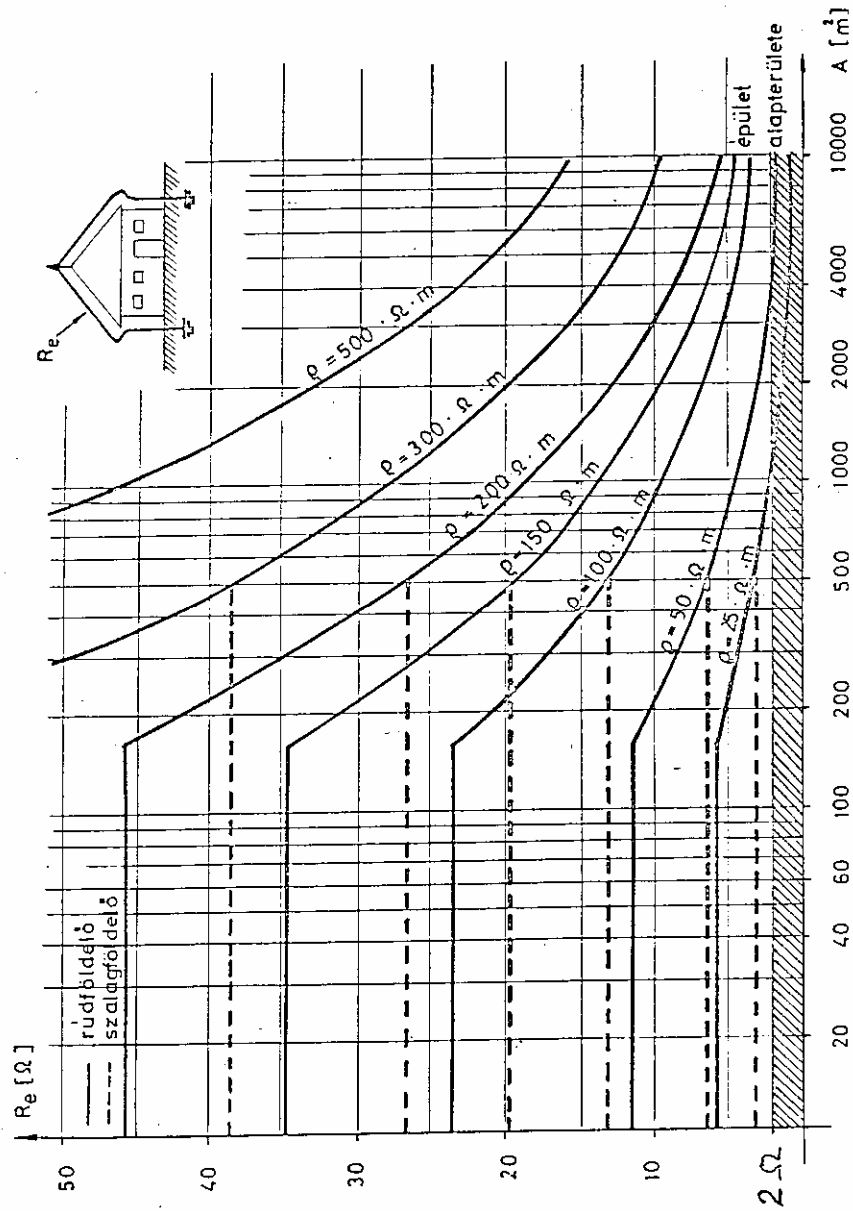
18. sz. melléklet



Párhuzamosan kapcsolt rúdföldelők eredő földelési ellenállása
 $\rho = 100 \Omega \cdot m$ fajlagos ellenállású talajban.

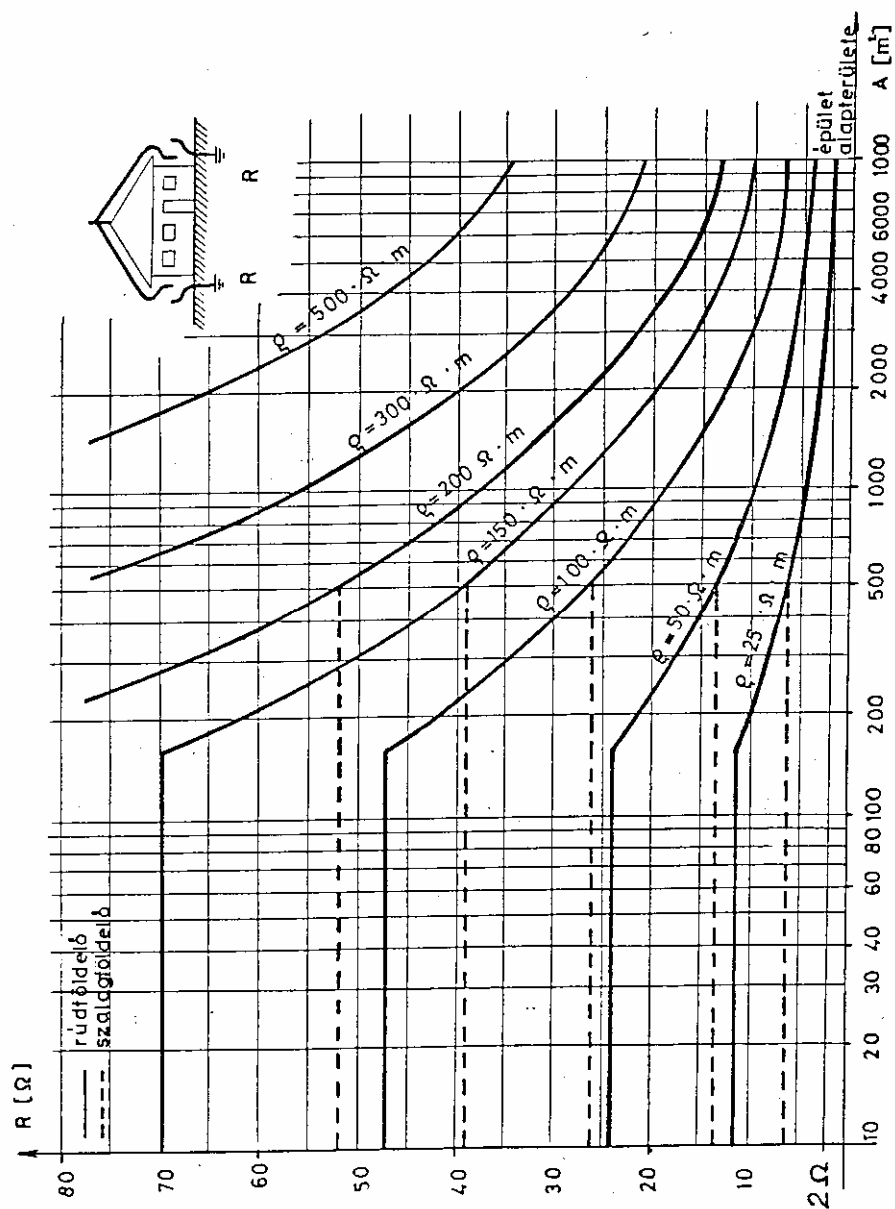
19. sz. melléklet.

Az F1/r, F3/r és F4/r fokozatokra megengedett legnagyobb
eredő földelési ellenállás



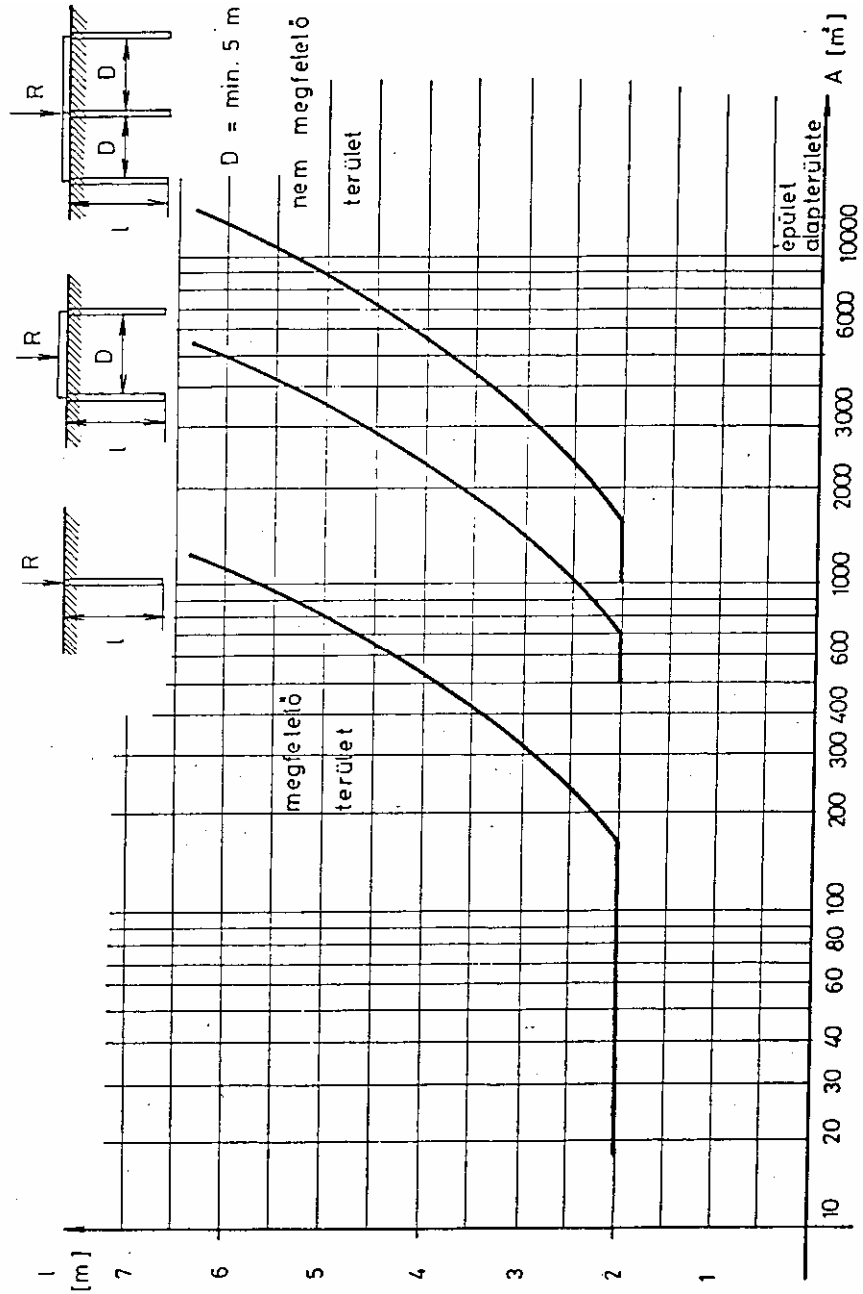
20. sz. melléklet

Az F1/r, F3/r és F4/r fokozatú egyedi földelőkre megengedett legnagyobb földelési ellenállás



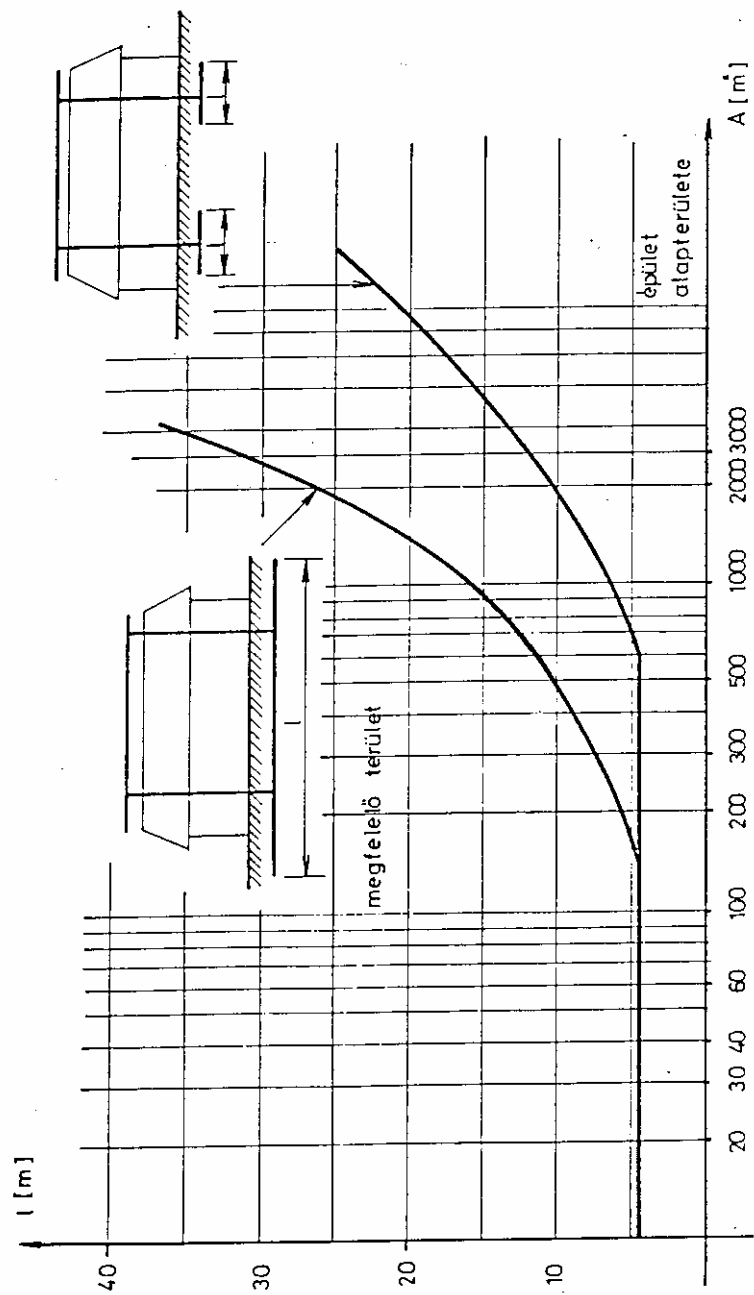
21. sz. melléklet

Az F3/r és F4/r fokozatú rúdföldelők szükséges hossza



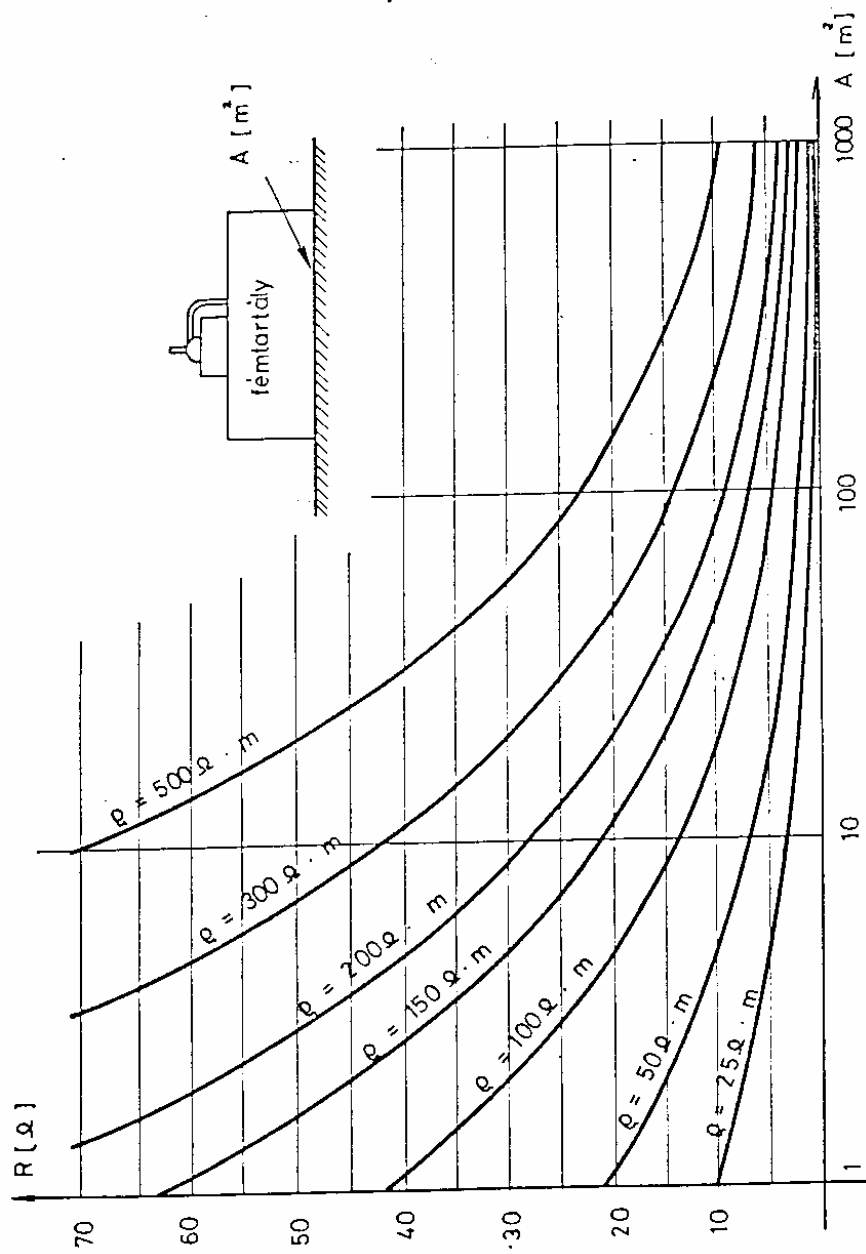
22. sz. melléklet

Az F3/r és F4/r fokozatú vízszintes (szalag-) földelők szükséges hossza



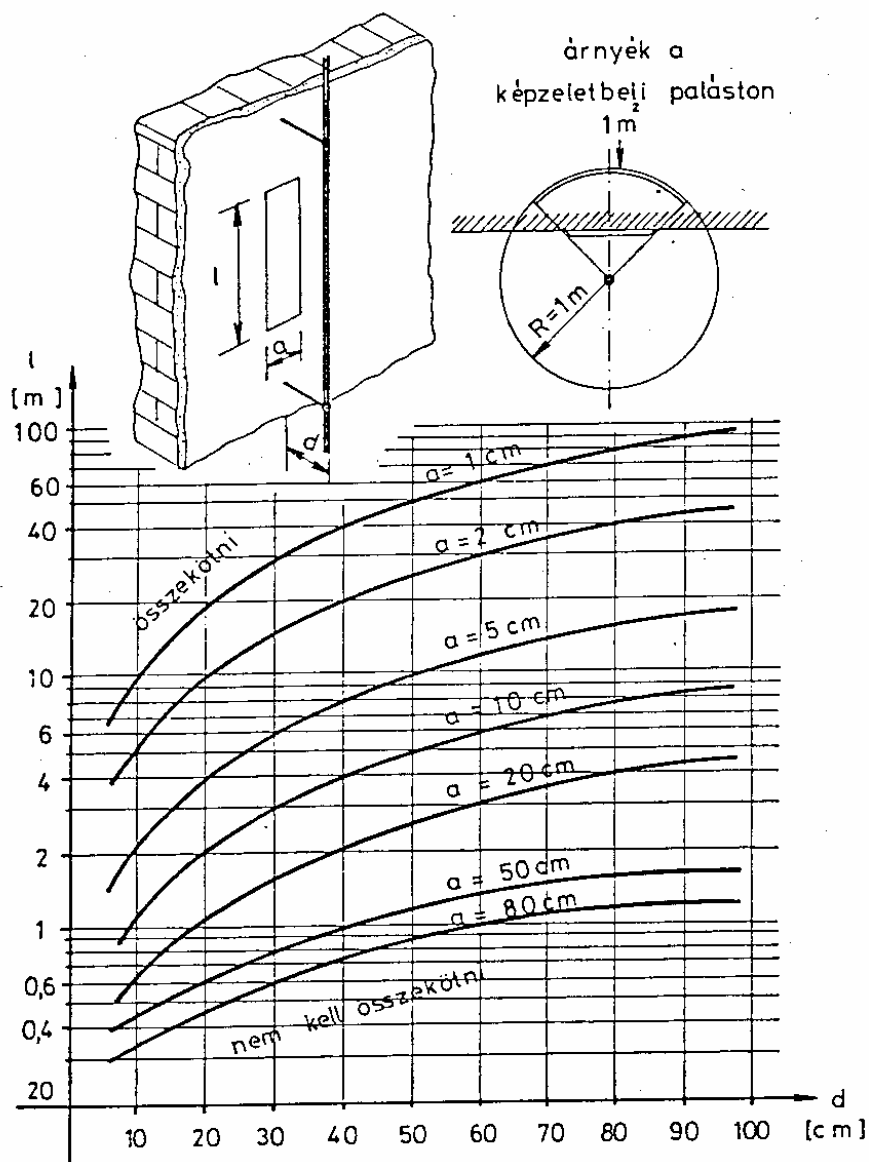
23. sz. melléklet

A talajjal érintkező fémtárgyak természetes földelési ellenállása



24. sz. melléklet

A veszélyes kapacitív hatás kiküszöbölése fémes összekötéssel



25. sz. melléklet

Minta villámvédelmi tervdokumentáció

Szemléltető mintaként bemutatjuk egy villámvédelmi kiviteli terv dokumentációját.

PÉBÉ gázcseretelep villámvédelmi terve

A község hrsz. telkén létesülő "1" kategóriájú PÉBÉ gázcseretelep VILLÁMVÉDELMÉNEK kiviteli terve

Tartalomjegyzék:

1. Műszaki leírás

2. Rajzjegyzék

E1 Villámvédelem; felfogó és földelőrendszer

E2 Villámvédelmi felfogórúd előregyártott vasbeton tartóoszlopon

E3 Az épület földelőrendszere

3. Anyagjegyzék

4. Tervezői nyilatkozat

Dátum.....

.....
tervező

1. Műszaki leírás

a községben (.....helyrajzi számú telken) létesítendő
"1" kategóriájú PÉBÉ gázcseretelep
VILLÁMVÉDELMEKÉNEK létesítéséhez

1.) *Előzmények*

A Gázszolgáltató Vállalat
a megrendelésére PÉBÉ gázcseretelep
létesítését terveziközség helyrajzi számú
telkén.

A vállalat fejlesztési koncepciói szerint a gázcseretelepek ellátásánál a konténeres szállítást és tárolást kívánja megvalósítani. A vállalat Műszaki Tervezési Osztálya elkészítette a gázcseretelep kiviteli terveit. Az 19..... jelű megbízás alapján a létesítmény villámvédelmének tervezési munkáit kell elvégezni.

A tervezéshez szükséges adatokat (helyszínrajz, épület-elhelyezési- és alapozási, elkerítési és útkialakítási tervet, műszaki leírást) a Megrendelő megadta, ill. személyes konzultációval szolgáltatta.

2.) *A védendő létesítmény*

A PÉBÉ gázcseretelep egy drótfonatú kerítéssel határolt 12,77×15,01 m² területen helyezkedik el. A területen belül – a belső út mellett – a hossz tengely mentén középen 5,01×2,775 m² alapterületű, 2,412 m magasságú, betonlapra helyezett alumínium tárolóépület helyezkedik el. A cseretelep "1" kategóriájú. A tároló épületben legfeljebb 1100 kg pébégáz tárolható. A tárolóépület körül helyezik el a konténerekben tárolt gázpalackokat.

3.) *A létesítmény villámvédelmi besorolása (MSZ 274/2 szerint)*

- a.) *Rendeltetés szerinti besorolás:* **R4** mert a Gáz- és Olajipari Műszaki Biztonsági Szabályzat (GOMBSZ) VII. fejezetének 95.§ (2) bekezdése szerint a gázcseretelepek villámvédelméről a **B** tűzvesélyességi osztályba tartozó épületekre vonatkozó előírások szerint kell gondoskodni.

- b.) *Magasság és környezeti hatás szerinti besorolás: M2* mert a védett területen belüli létesítmény magassága nem haladja meg a 20 métert és környezetében villámcsapás veszélyét növelő- vagy csökkentő környezeti hatást nem kell figyelembe venni.
- c.) *A tető anyaga és szerkezete szerinti besorolás: T5* mert a pébégáz palackok felett tartósan robbanásveszélyes légtér kialakulásával kell számolni.
- d.) *A körítőfalak anyaga szerinti besorolás: K2* mivel a gázpalackok tárolása a kerítéssel körülhatárolt területen belül történik, a területet határoló, fémből készült kerítést tekintetjük körítőfalnak.
- e.) *A környező levegő szennyezettsége szerinti besorolás: S1* mert a fémek korrozója szempontjából nem szennyezett (kertes település) területén van.

Összegezve a létesítmény villámvédelmi besorolása:

R4 – M2 – T5 – K2 – S1

- 4.) *A szükséges villámvédelmi fokozat meghatározása (MSZ 274/3-81 szerint)*
- a.) *A felfogó szükséges fokozata: V5c*
a létesítmény **R4–M2–T5** besorolása alapján a szabvány 1.sz. táblázata szerint.
- b.) *A levezető szükséges fokozata: L4b*
a létesítmény **R4–M2–K2** besorolása alapján a szabvány 2.sz. táblázata szerint **L1o**, de a szabvány 3.3.2 pontja alapján **L4b** fokozatot választunk.
- c.) *A földelés szükséges fokozata: F4/r*
a létesítmény **R4–M2** besorolása alapján a szabvány 2.sz. táblázata szerint.

A földelési ellenállás megengedhető értéke:

$$R \leq 3 \frac{\rho}{\sqrt{A}} \Omega$$

$$R \leq 3 \frac{30}{\sqrt{15,01 \times 12,77}} = 6,5 \Omega$$

ahol $\rho = 30 \Omega \cdot \text{m}$ a talaj fajlagos ellenállása nedves agyagos talajt véve számításba;

A = a védett létesítmény alapterülete m^2 , a keretföldelő méreteinek figyelembe vételével.

Ennek alapján a megengedhető földelési ellenállást. $R_{\max} = 5 \Omega$ értékre választjuk.

- d) *A villámhárító föld feletti alkatrészeinek méretfokozata: k*,
létesítmény **R4–S1** besorolásának és az alkatrészek levegőben való elhelyezésének figyelembevételével.

Összegezve: a létesítendő villámhárító fokozata:

V5c–L4b–F4/r–k

Ezt a szükséges villámvédelmi rendszert – védendő létesítmény felépítése miatt – célszerű független rendszerként megvalósítani.

- 5.) *A létesítendő villámvédelmi rendszer (E1 terv szerint)*

V5d–L4d–F4/5–k

fokozatú, ahol az egyes betűcsoportok jelentése:

V5d Növelt biztonságú, épülettől független villámvédelmi felfogórendszer megvalósítása az E2 sz. terv szerinti elrendezésben vasbeton oszlopra szerelt felfogórúddal.

L4d Az épülettől független, legalább két levezető megvalósítása az E2 sz. terv szerint.

F4/5 Földelőrendszer, keretföldelő 5 ohm megengedett eredő földelési ellenállás értékkel; megvalósítva az E1 sz. terv szerint.

k A villámhárító föld feletti alkatrészeinek méretfokozata közepes. Megvalósítás az E2 sz. terv szerint.

- 6.) *A földelőrendszer létesítése*

A szükséges **F4/r** földelést a talajszint alatt 90 cm mélységben elhelyezett keretföldelővel valósítjuk meg. A keretföldelő anyaga 16 mm átmérőjű hegeszthető gömbvas. A keretföldelőhöz csatlakozni kell a tároló épület betonalapjában elhelyezett 16 mm átmérőjű hegeszthető gömbvas földelővel, valamint a tároló épület aljzat-betonjában elhelyezett hegesztett betonhálójával, amit a 9 db tőcsavarhoz hegesztve kell bekötni. (E3 terv) Az

összes kerítésoszlopot a föld alatt össze kell kötni a keret-földelővel 16 mm átmérőjű hegeszthető gömbvasat használva.

A toldásokat és csatlakozásokat legalább 100 mm varrathosszban hegesztéssel kell elkészíteni. Ezeket a helyeket a betonozás előtt kétszeres bitumen (vagy bitumen emulzió) illetve ezzel egyenértékű korrozóvédelemmel kell ellátni.

A betonból kivezetett csatlakozótüskéket a betonban is legalább 250 mm hosszban korrozóvédelemmel kell ellátni. A földelőrendszer és levezető csatlakozását hegesztéssel (legalább 100 mm varrathosszal és a hegesztett felület korrozóvédelmével) kell elkészíteni.

A 4 db vasbeton oszlopon vizsgáló csatlakozót kell létesíteni, azokat azonosító jelzéssel (1-4. szám beütésével) kell ellátni. Ha a talaj a keretföldelő mentén törmelékes, vagy feltöltött, esetleg agresszív, talajcserét kell elvégezni. A betonoszlopokat a sarokpontokon kell elhelyezni, amennyire lehet a kerítéshez közel. Vagyonvédelem céljából az oszlopra a szükséges magasságig tüskés dróthálót kell szerelni.

7.) *Belső villámvédelem*

A védett terület valamennyi telepített fémtárgya (tároló épület, kerítésoszlopok) a villámvédelmi földelőrendszerbe be van kötve, ezzel a belső villámvédelem követelményei is teljesülnek.

A tervezés fázisában sem erősáramú vezetékek, sem híradástechnikai berendezés telepítése nem volt ismeretes. Amennyiben ilyen létesítésére utólag sor kerülne, annak villámvédelmét külön meg kell vizsgálni, illetve meg kell tervezni.

8.) *Munkavédelmi előírás*

A kerítés sarokpontjainál elhelyezett 4 db vasbetonoszlopra fekvő állapotban kell a felfogórudat és a levezetőt készre szerelni és korrozóvédelemmel ellátni. Az oszlop állítása közben ügyelni kell a felfogórendszer épségére a vonatkozó biztonságtechnikai előírások és szabványok betartásával.

A földelőrendszer létesítéséhez szükséges talajmunkák megkezdése előtt ellenőrizni kell, hogy a létesítés helyén nem halad-e

közművezeték és a létesítés során nem sérülhet-e meg. Közművezeték észlelése esetén (víz, villany, szennyvíz, hídás-technikai kábel, stb.) a tervezőt haladéktalanul értesíteni kell. Közmű a védett területet nem keresztezheti!

A földmunkák során a vonatkozó biztonságtechnikai előírásokat, szabványokat be kell tartani. A szükséges hegesztési varratokat csak megfelelő szakvizsgálóval rendelkező dolgozó készítheti. A föld alatti hegesztett kötések helyéről, azok előírás szerű korrózió-védelmének elvégzéséről az üzembehelyezés előtt a kivitelező írásbeli nyilatkozatot köteles mellékelni az üzembehelyezési jegyzőkönyvhöz.

Az elkészült villámhárító rendszert ellenőrizni kell, hogy megfelel-e a terveknek és az MSZ 274/1..3 előírásainak. A vizsgálatot az MSZ 274/4 szabvány szerint kell végrehajtani. A felülvizsgálatot csak a 3/1980 (VIII.30.) BM rendelettel előírt vizsgabizonyítvánnyal rendelkező személy végezheti el.

9.) *Tervezői megjegyzés*

Jelen tervdokumentáció csak a község helyrajzi számú telken létesítendő PÉBÉ gázcserelelep villámvédelmi rendszerének létesítésére használható fel. A létesítés során a tervben és a műszaki leírásban előírtakat a kivitelező maradéktalanul köteles betartani. A tervtől bármilyen eltérés csak a tervező előzetes írásbeli hozzájárulásával valósítható meg.

2. Rajzjegyzék

- E1 Villámvédelem: felfogó- és földelőrendszer
- E2 Villámvédelmi felfogórúd tartó előregyártottvasbeton oszlopon
- E3 Épület földelőrendszere

3. Anyagjegyzék

a községben létesítendő "1" kategóriájú PÉBÉ gázcseretelep villámvédelmének létesítéséhez

Független villámvédelmi célra feszített vasbetonoszlop 12 m hosszúságban 3,0 m felfogórúddal, felerősítő szerelvényekkel, tartóbilincsekkel, daruval történő állítással 4 db

Keretföldelő 16 mm átmérőjű hegeszthető gömbvasból, a felfogóoszlopok, a tároló épület és a kerítésoszlopok bekötésével. 120 fm

Csatlakozásonkénti 100 mm hegesztési munka. 140 db

Hegesztett acélháló 8 mm átmérőjű elemi szálakból 20x20 cm raszterosztással 18 m². Rúdföldelő 2" átmérőjű vastagfalú csőből 3 m hosszúságban ráhegesztett földelőcsatlakozással, telepítéssel (leveréssel). 4 db

Villámvédelmi felülvizsgálat a szükséges műszeres mérésekkel, jegyzőkönyv elkészítésével.

Előirányzat. 1200.-Ft

Földmunka végzése III.o. talajban 40 cm széles 90 cm mélységben ásással, visszatemetéssel és tömörítéssel. 120 fm

Oszlopgödör ásása III.o. talajban 40 cm szélességben 2 m mélységben.

4 db

Villámvédelmi rendszer föld feletti részeinek korrózióvédelmi alap- és fedőmázolása időjárásálló kivitelben 20 fm

Földelőrendszer hegesztett kötéseinek korrózióvédelmi mázolása 150 mm hosszban. 74 db

4. Tervezői nyilatkozat

A 47/1979 (IX.30) MT.sz. rendelet 19.§ (2) bekezdése, valamint a 4/1979/NIM É 23/OBF szabályzat 9. § (1) bekezdés c. pontja és az ipari miniszter 3/1986.(II.27.) Ip.M.sz. rendelet alapján kijelentem, hogy a község hrsz. telkén létesítendő "1" kategóriájú pébécseretelep villámvédelmi rendszerének kiviteli tervei megfelelnek a hatályos munkavédelmi előírásoknak, szabványoknak.

A műszaki megoldás az MSZ 274/1-4 Villámvédelem, az MSZ 172/1 földelések létesítésére vonatkozó szabványoknak, az általános érvényű és eseti hatósági előírásoknak megfelel.

Dátum.....

.....
tervező