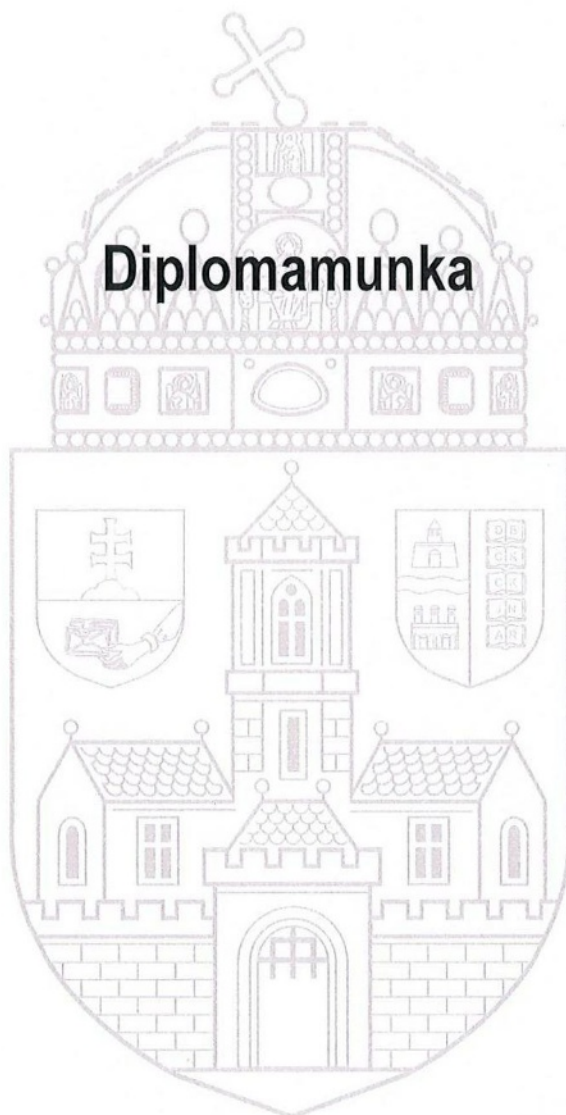




ÓBUDAI EGYETEM

Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Automatika Intézet



OE-KVK
2021

Károlyi Viktor Péter

T008170/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar

DIPLOMAMUNKA FELADATLAP

Hallgató neve: Károlyi Viktor Péter

Diplomamunka száma: SZD21102212089473

Törzskönyvi száma: T008170/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak:

Specializáció: Ipari felügyeleti és kommunikációs rendszerek specializáció

A dolgozat címe: Földre telepített napelemes rendszer villám- és túlfeszültség-védelmének új megközelítése

A dolgozat címe angolul: Lightning and surge protection of ground-mounted photovoltaic system from a new approach

A feladat részletezése: Szakirodalom áttekintése földre telepített napelemes rendszer villám és túlfesz védelmére, illetve villámáram eloszlásra vonatkozóan.

Villámvédelmi kockázatelemzés készítése egy 5 MW-os rendszerre.

"s" biztonsági távolság számítása az elszigetelt villám védelemhez.

Villámáram-eloszlások elemzése általánosan.

Túlfeszültség-védelmi rendszer tervezése villámáram-eloszlás figyelembevételével a legújabb érvényben lévő szabályok és jogszabály alapján.

Külső villámvédelmi rendszer tervezése. Hegyoldalban lévő napelem mező védett tér szerkesztése gördülőgömbös-módszerrel.

Tervezői megjegyzések a rendszer telepítéséhez.

Intézményi konzulens neve: Szijártó Gábor Zoltán

A kiadott téma elévülési határideje: 2023. december 15.

Beadási határidő: 2021. 12. 15.

A diplomamunka: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2021. 10. 22.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom: 2021. 12. 15.

belső konzulens

külső konzulens



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2021. 12. 15.


.....
Hallgató aláírása

TARTALOM JEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	6
TÉMAFELVETÉS	8
1. JOGSZABÁLYOK ÉS SZABVÁNYOK ÁTTEKINTÉSE.....	9
1.1. Tűzvédelmi törvény rövid ismertetése.....	10
1.2. Országos Tűzvédelmi Szabályzat áttekintése.....	10
1.3. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv ismertetése	11
1.4. MSZ EN 62305 villámvédelmi szabványsorozat 2. kiadás rövid áttekintése	12
1.5. Szabályzatok	13
1.5.1. Elosztói szabályzat ismertetése.....	13
1.5.2. Mérnöki kamara szabályzata tervekkel szemben.....	14
2. ADATSZOLGÁLTATÁS KÉRÉSE TERVEZÉSHEZ	16
3. VILLÁMVÉDELMI KOCKÁZATELEMZÉS.....	18
3.1. Építmény (méretek, elhelyezkedési tényező).....	20
3.2. Villámvédelmi zónakoncepció	21
3.2.1. Emberi élet védelme	22
3.2.1. Közszolgáltatás kiesése.....	23
3.2.2. Gazdasági kockázat	23
3.3. Csatlakozóvezetékek.....	24
3.4. Tűz kockázata és veszteségek	26
3.5. Védelmi intézkedések	27
4. VILLÁMVÉDELMI RENDSZER TERVEZÉSE.....	28
4.1. Felfogórendszer tervezése	31
4.1.1. Elszigetelt felfogórendszer	32
4.1.2. Nem elszigetelt felfogórendszer	34
4.1.3. Árnyékképződés ellenőrzése	36
4.2. Levezetőrendszer kialakítása	38
4.3. Földelőrendszer méretezése	38
4.3.1. Korrózió elleni védelem	40
4.4. „s” biztonsági távolság számítás az MSZ EN 62305-3:2011 szerint.....	40
4.5. Érintési- és lépésfeszültség ellen	42
4.5. Belső villámvédelem tervezése.....	43
4.5.1. Villámáram-eloszlás	44
4.5.2. Napelemes erőművek decentralizált sztringinverter-terre	46

4.5.3. Speciális túlfeszültség-védelmi eszközök napelemes rendszerek egyenáramú (DC)
oldalára 49

5. GAZDASÁGI RÉSZ	51
ÖSSZEGZÉS	55
SUMMARY	56
IRODALOM JEGYZÉK	57
MELLÉKLETEK	59
1. számú melléklet.....	61
2. számú melléklet.....	81
3. számú melléklet.....	103
4. számú melléklet.....	135
5. számú melléklet.....	165
6. számú melléklet.....	167
ADATLAPOK.....	171

BEVEZETÉS

Napjainkban a villamosenergia-felhasználás folyamatosan nő. Egy jól prosperáló gazdaságban évente átlagosan hét százalék körüli ez a növekedés. A szükséges energiát többnyire fosszilis energiahordozók égetésével vagy maghasadással atomreaktorokban állítjuk elő. A növekvő károsanyag-kibocsátás egyre inkább ösztönözte az emberiséget, hogy új alternatívák után kutasson. A megújuló energiaforrások kiaknázása jó alternatívát jelenthet, hiszen termelésük során nem bocsátanak ki káros anyagokat. Azonban integrálásuk az energiamixbe igen nehéz, mert nem tudjuk szabályozni a termelésüket. Ez a gyakorlatban annyit jelent, hogy egyáltalán nem garantált egy naperőmű esetében például a termelés azokban az időszakokban amikor a legtöbb villamosenergiát használjuk. A fordulatot az energiatermelésben a közelmúltban bekövetkezett fukusimai baleset indította el, amely rávilágított, hogy az atomerőművek amennyire stabil termelők és ezzel alap erőművei az energiaiparnak, annyira veszélyesek is. Természetesen ez utóbbi tudott volt korábbi balesetek kapcsán [1] [2] is, ennek ellenére ez a baleset adott nagyobb lendületet például Németországban az atomenergia fokozott kivezetésére. [3] Az atomerőművek megújuló energiával történő helyettesítésére, például: szél erőművel, illetve naperőművel. Ez a fellendülés itthon is megfigyelhető. Egymás után létesülnek az 500 kW-os napelem parkok, valamint a háztartási méretű napelemes rendszerek. Hazánkban jelenleg ez az egyetlen releváns megújuló energia, ami nagyobb mennyiségben rendelkezésre áll. Hiszen nincsenek például magas esésű folyók, valamint a szél erőművek optimális működéséhez szükséges szél erősség is kevés tájunkon biztosított. Egy napelem parkot átlagosan 20-30 év [25] élettartamúra terveznek. Rövidebb élettartamra nem érdemes a megtérülés (ROI – Return Of Investment) miatt. Ez az időtartam teszi indokoltá a védelemre fordított hangsúlyt, így például a napelemes rendszer villám- és túlfeszültség-védelmét. Vannak, aki úgy gondolják, hogy Magyarországon az adott járás villámcsapás/km²/év miatt nem szükséges, illetve elhanyagolható a villámvédelem kiépítése. Ezt gazdasági indokokkal a megtérülés kitolódásával igyekeznek alátámasztani. Egy 5 MW-os napelemes rendszer már közműnek minősül [7]. Ennek indoklására később kitérek. Így törvényi kötelezettség alá esik a védelmek kiépítése. Pusztán gazdasági megfontolásból, azaz egy esetleges villámcsapás esetén fellépő üzemzavar elhárításának idejére kieső bevétel nagyságának is elegendő indoknak kell lenni. Ugyanis a helyreállítás nem pusztán a cserélendő eszközök munkaigénye és anyagköltsége, ami felmerülő veszteség, hanem az anyagok beérkezését, illetve beépítési idejét is számításba kell venni. Jelenleg a gazdaságunkban megfigyelhető igen hosszúra kitolódott

szállítási idők, az alapanyag hiány, akadozó szállítás, mind bizonytalanná teszik a szükséges csereeszközök beszállítását és így a helyreállításához szükséges időt. Ez a kiesés a termelésből, akár napi több millió forintot is jelenthet, valamint a villamos iparnak a kiesett termelő pótlását is meg kell oldania erre az idő intervallumra. A villámvédelem elhagyása tehát nagy kockázatot rejt magában. Csehországban 2015-ben egy közvetlen villámcsapás következtében a tűz martalékává vált egy földre telepített napelemes erőmű egyik napelem sora. Ebből kiindulva a napelemes mezőt, valamint az invertert tartalmazó üzemi épületeket a közvetlen villámcsapás ellen védett térbe szükséges helyezni, amit külső villámvédelmi rendszer kialakításával tudunk biztosítani. Így megakadályozható a villámcsapás, valamint annak romboló hatása.



1. ábra villámcsapás egy földre telepített napelemes rendszerénél [4]

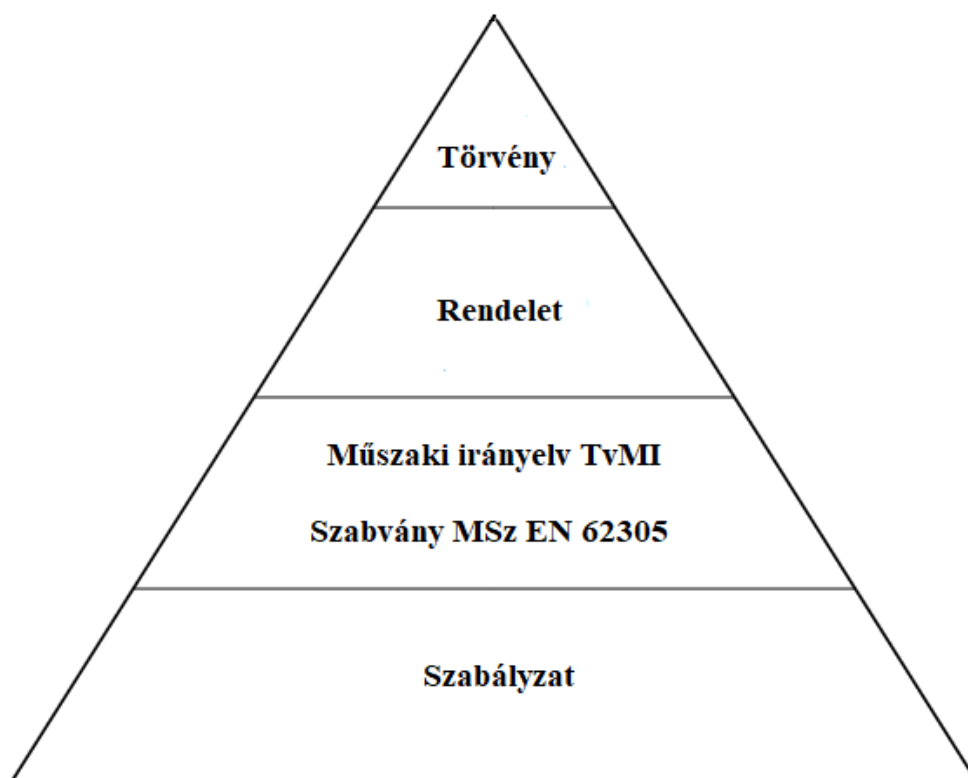
TÉMAFELVETÉS

Korábban úgy gondolták nem szükséges komolyabb hangsúlyt fektetni a napelem parkok villám- és túlfeszültség-védelmére. A napelemes rendszereknél felhasznált nagy értékű berendezések ellenére sem. Ennek részben anyagi okai vannak ugyanis minden védelemre elköltött összeg növeli a bekerülési költséget, ami a megtérülést egyre inkább kitolja. Másrészt az emberi élet szempontjából a villámvédelmi kockázatelemzés alapján jellemzően nem kapunk olyan eredményt, hogy villámvédelmi rendszer létesítése szükséges, mivel alapvetően kevés ember és kevés ideig tartózkodik ezeken a területeken. Az üzleti érdeken kívül a különböző veszélyforrások feltehetően alacsony valószínűsége miatt sem fordítottak hangsúlyt, például a villámvédelemre. Ennek egyik oka lehet az alacsony szerkezet, aminek következtében a villámcsapás kockázata alacsony, ugyanakkor nem valószínűtlen. Magyarországon az átlagos valószínűsége a villámcsapásoknak 1,5-3 [5] villám négyzetkilométerenként évente. Egy 5 MW teljesítményű napelempark átlagos kiterjedése tizenhat hektár. Ami csupán 0,16 négyzetkilométer, mégis a fémszerkezetnek köszönhetően, valamint a tervezett húsz-harminc év élettartamnak szinte elképzelhetetlen, hogy ne érje közvetlen villámcsapás. Az imént említett 16 hektáros területre (azaz 0,16 km²) számoljunk 2 villámcsapással km²/év, akkor 0,32 villámcsapásra lehet számítani évente. Ez a tervezett üzemidő alatt, ami minimum 20 év, tehát azt jelenti, hogy átlagosan több mint 6 villámcsapásra lehet számítani a minimum üzemidő alatt. Az idő előre haladtával, amikor az atom, valamint fosszilis energiahordozókat véglegesen szeretnék megújuló energiatermeléssel kiváltani elkerülhetetlen, hogy a napelem parkok területe, darabszáma megnövekedjen, hiszen az általuk termelendő energia mennyisége is sokkal nagyobb lesz. Tehát a villámkárok elleni védekezés itt mind az anyagi javak, mind az esetleg jelenlévő karbantartó személyzet, tehát emberi élet védelmének érdekében fokozott figyelmet kell szentelnünk.

Dolgozatomban a villám és túlfeszültség védelem témakörrel fogok foglalkozni, a jogszabályok áttekintésével melynek vonatkozásában készíték egy kockázatelemzést egy 5 MW-os napelemes rendszerre. Ezt követően konkrét tervezési feladaton keresztül szeretném bemutatni a jelenleg alkalmazott módszereket, például a biztonsági távolságok meghatározását, valamint a Magyarországon használt technológiákat, műszaki megoldásokat. További kitűzött feladata a dolgozatomnak a villámáram-eloszlások elemzése általánosan.

1. JOGSZABÁLYOK ÉS SZABVÁNYOK ÁTTEKINTÉSE

A jogszabályi környezet ismertetése mindig fontos lépés egy tervezési feladat előtt. Hiszen ez egy olyan keretrendszer, ami meghatározza a követelményeket az anyagi korlátokon túl. A jogszabályok köteleznek minket az emberi élet, környezetünk védelmére mind az építési folyamatok alatt mind pedig az üzemeltetés során. Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat továbbiakban OTSZ a legfontosabb jogi környezet, ami tűzvédelemmel és életvédelemmel foglalkozik. Azért releváns ez a szabályzat számunkra, mert a villámcsapás tüzet okozhat, és ezért kiemelten fontos szabályozni, hogy elkerülhető legyen az élőlények sérülése vagy halála. Fontos továbbá a villámcsapás következtében bekövetkezett károk elkerülése. Egy napelem park esetében az anyagi káron felül a működési üzembiztonság fenttartása is fontos, hiszen az energiatermelés része így kritikus infrastruktúrának minősül. Esetleges meghibásodás vagy leállás esetén az általa termelt áramot pótolni, helyettesíteni kell, amire nem biztos, hogy fel van készítve a hálózat.



Ábra: Jogszabályi és szabványi hierarchia.

1.1. Tűzvédelmi törvény rövid ismertetése

A legmagasabb szintű, érvényességű szabályozás a törvény. Villámvédelmi szempontból az első érdemben megemlítendő az 1996. évi XXXI. törvény [6] a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló. Amely törvény rendelkezik többek között az élet- és vagyonbiztonságot veszélyeztető tüzek megelőzésének módjáról. Ezen tüzeknek az okozója lehet akár egy villámcsapás is.

Az említett törvény 3/A. § (3) pontja meghatározza miként érhetjük el a kívánt biztonsági szintet például az érintett nemzetközi szabványok betartásával vagy a tűzvédelmi műszaki irányelvekben kidolgozott műszaki megoldások, számítási módszerek alkalmazásával.

1.2. Országos Tűzvédelmi Szabályzat áttekintése

A törvényi háttér következő szintje a rendelet. Részletes leírást találunk benne arról, hogy mikor kell figyelembe venni ezt a rendeletet. Valamint a felelősségi jogköröket is tisztázza. Szintén definiálja, a főbb fogalmakat, melyek már a konkrét tűzvédelmi megoldásokat érintik telepítéskor vagy karbantartáskor.

54/2014. (XII). 5. (5.1 verzió: 2020.01.22.) BM rendelet [7] az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról XIII. fejezet Villamos és villámvédelmi berendezések 74. pontja releváns számunkra, hiszen ez foglalkozik a villámvédelemmel.

139. § (2) Pontja meghatározza, hogy milyen védelmi szempontok szerint kell figyelembe venni az építmények villámcsapások hatásaival szembeni védelmét. Az építményt a rendeltetés szerint, tehát az emberi élet elvesztésének, a közszolgáltatás kiesésének és a kulturális örökség elvesztésének kockázata szempontjából kell védeni. Ez a paragrafus kimondja, hogy a napelemparkok vonatkozásában nem csupán az emberi élet védelme érdekében, hanem a közszolgáltatás kiesésének elkerülése érdekében kötelesek vagyunk villámvédelmi kockázatelemzést készíteni. Hiszen egy villámcsapás akár komoly kiesést is eredményezhet egy terület energiaellátásában. Ez az jelenti, hogy két feltétel teljesülése miatt is kötelesek vagyunk a tervezési folyamatban gondoskodni a szakszerű villámvédelemről. Így minden olyan kockázatot, ami tüzet okozhat lehetőség szerint ki kell zárni vagy minimumra csökkenteni.

140. § (1) pontja meghatározza az építési fázis szerinti mikor kell a villámcsapások hatásaival szembeni védelmet norma szerinti biztosítani. Első sorban minden új építésnél, valamint abban az esetben, ha a meglévő építmény rendeltetése megváltozik. Valamint akkor is, ha egy meglévő építmény bővítésének következtében, ha az eredeti tetőfelület vízszintes vetülete 40%-ot meghaladó mértékben növekszik. Ennek a pontnak a megfogalmazása tehát jelen helyzetben

egy új építésű napelemparknál azt írja elő, hogy minden esetben meg kell vizsgálni a szükségességét a villámvédelem kialakításának. Ehhez szükséges egy kockázatelemzést elvégezni. A szabályzat azért így van megfogalmazva, mert visszamenő hatállyal senki nem kötelezhető villámvédelem kiépítésére. Ennek egyik legkézenfekvőbb oka az, hogy nem lehet különböző régi építésű épületek tulajdonosait kényszeríteni egy ilyen drága beruházás elvégzésére. Ezért fogalmaz úgy a szabályzat, hogy minden újépítésű, valamint nagy százaléku bővítés esetén szükséges a kiépítés. Ez a megfogalmazás és elmélet egyébként minden biztonságtechnikai rendszerre kifejezetten a tűzjelző berendezésekre is igaz.

141. § Meghatározza számszerűsítve valószínűségszámítási alapokon, hogy mikor megfelelő a villámcsapás hatásaival szembeni védelem. Az „a” pont szerint a villámvédelmi kockázatkezeléssel meghatározott, egy évre vetített kockázat az emberi élet elvesztésére vonatkozóan kisebb, mint 10^{-5} , a közszolgáltatás kiesésére kisebb, mint 10^{-3} és a kulturális örökség elvesztésére vonatkozóan kisebb, mint 10^{-4} .

Az alábbi paragrafus nagyságrendi számadatai tehát például 10^{-5} azt jelenti, hogy a szabályzat a kockázat valószínűségét tízezer évenként kevesebb, mint egy megengedhető balesetre korlátozza. Ez véleményem szerint meglehetősen szigorú feltétel. A szabályzat továbbiakban szabályozza mikor és hol kell kialakítani villámvédelmet valamint, hogy mikor nem kötelező. Ennek az eshetőségnek az egyik alapfeltétele az, ha az épület terepszintű csatlakozásának legalsó és a tetőfedés legmagasabb pontja között legfeljebb 10 m magasságú lakóépület található. Természetesen azt, hogy milyen lakóépület esetében nem szükséges a védelem további megkötések teljesülése mellett lehet figyelembe venni. Ilyen megkötés az alapterület, ami legfeljebb 200 m^2 lehet. Továbbá a tető anyagának tűzvédelmi besorolása amennyiben A1-A2 tűzvédelmi osztályba tartozik. Ilyen anyagok a kőzetgyapot, a fém, a téglák és az agyagcserép. Ezeket a besorolásokat, táblázatokat szintén megtaláljuk az OTSZ mellékleteiben.

1.3 Tűzvédelmi Műszaki Irányelv ismertetése

A Tűzvédelmi Műszaki Irányelv (röviden: TvMI) 7.4:2020.01.22. F1.6 pontja [8] a napelemes rendszerek, napelemek villámvédelmével foglalkozik. Részletes leírást találunk benne a lehetséges kialakításokból következő veszélyekre és azok elleni védekezés optimális kialakítására. Egy újonnan telepítendő napelemes rendszer esetén a tervezésnél a hibavédelem, az üzemi földelés és a villámvédelem potenciálkiegyenlítési szempontjait egyaránt figyelembe kell venni.

A műszaki irányelv továbbiakban részletesen számba veszi a telepítések lehetséges módjait az elhelyezkedésük, valamint a különböző építési technológiák szerint. Ez kiterjed az épületek szerkezetétől a felhasznált anyagokon át magára a kivitelezési módokra, valamint ezek elhelyezkedésére is. A különböző kivitelezési módszerek különböző veszélyeket rejtenek magukban, amiknél eltérő megoldásokkal tudunk megfelelően védekezni. Ezek a műszaki megoldások például pontosan méterben meghatározott maximális távolságú földelőháló létesítését jelentik, vagy az esetleges napelem modul tartószerkezet eredő földelési ellenállásának maximális ohmos értékét. Az elhelyezkedés a biztonsági távolságok betartása miatt lényeges. Ugyanis lehetnek olyan esetek egy építkezésnél különös esetben vagy egy bővítésnél, hogy az épület fizikai adottságai vagy a megvalósíthatóság nem megfelelőek. Tehát a már meglévő fém szerkezetektől nem lehet elegendő biztonsági távolságot tartani a napelem modulok, valamint annak tartószerkezetének fizikai méretei miatt. Az irányelv részletes ajánlásokat tesz milyen védelmek kialakítása lehet szükséges különböző esetekben. Egyes témáknál nem csupán ajánlásokat, hanem teljesen egzakt műszaki megoldásokat vagy akár kifejezett utasításokat találunk benne a megfelelő betartandó szabványok ismertetésével. Mind ezt szemléletes módon ábrák és rajzok segítségével.

A mi esetünkben például a földre telepített napelemes rendszernél minimum LPS III (Lightning Protection System vagyis villámvédelmi rendszer) szerinti kialakított felfogórendszer kialakítása az ajánlott. Ez azt jelenti, hogy ez a minimum védelmi szint, amit ajánl nekünk. Egyes esetekben amennyiben indokolt ennél szigorúbb védelem kialakítása szükséges lehet, de ennél kevesebbet nem ajánlott alkalmazni.

Az F.1.7 pont szintén nagy segítség a tervezéshez, valamint a kockázatelemzések elkészítésénél. Ebben a fejezet részben található ugyanis a Magyarországra vonatkozó villámsűrűségi adatok, amelyek a legtöbb számítás egyik legfőbb számadatát adják, ami nem más, mint a várható villámcsapások száma egy év alatt négyzetkilométerenként. Ezt az adatot szintén megtaláljuk részletesen megyékre, valamint településekre lebontva. Az adatok alapját 2009 és 2015 között észlelt felhő-föld villámcsapások évenkénti átlaga adja.

1.4 MSZ EN 62305 villámvédelmi szabványsorozat 2. kiadás rövid áttekintése

A hierarchiai rendszer következő szintje a szabvány. [9] A szabványok a törvények és a rendeletek után következnek, ugyanakkor nagyon fontos részét képezik a műszaki életnek. A szabványokat elismert szervezetek alkotják vagy hagyják jóvá. Olyan általános és ismételten

alkalmazható szabályokat, útmutatókat vagy jellemzőket tartalmaz, amelyek alkalmazásával a rendező hatás az adott feltételek között minden esetben megfeleljen a műszaki kritériumoknak. A szabványosítás a piaci verseny megsértése nélkül előnyös a felek számára ugyanakkor abban is verseny folyik, hogy melyik cégnek a műszaki megoldásából legyen szabvány. Számos szabványügyi szervezet létezik világszerte. Ezek a szervezetek mind adnak ki különböző témákban ajánlásokat. Léteznek olyan testületek, melyek önkéntesen szerveződtek és olyan szervezetek is, melyek államok közötti szerződések alapján jöttek létre. A szoros együttműködés kompatibilitási problémák megelőzése érdekében elengedhetetlen. A különböző szervezetek sokszor egymás szabványait bírálják el és hagyják jóvá, így megelőzve azt, hogy az eltérő testületek által eltérő szabványok kerüljenek kiadásra.

Fontos megjegyezni, hogy a magyar szabványokat az 1995. évi XXVIII. törvény szabályozza. Az említett törvény definiálja a szabvány fogalmát, valamint azt, hogy milyen alapelveket követve kell a szabványokat megalkotni. Ilyen fontos alapelv például az áttekinthetőség a nyilvánosság, függetlenség és az egységesség. A nyilvánosságot azért emelném ki, mert ezáltal akár nekünk is lehetőségünk van a készülő szabványokat véleményezni vagy tapasztalataink alapján akár a kidolgozásban is aktívan részt vehetünk. Korábban a szabványok alkalmazása kötelező volt, viszont most már csak önkéntesen alkalmazható.

1.5. Szabályzatok

1.5.1. Elosztói szabályzat ismertetése

Egy erőmű létesítésénél és üzembe helyezésénél nagyon fontos szerepet kap a megtermelt villamosenergia elszállítása. Ehhez elengedhetetlen az erőmű csatlakoztatása az elosztói hálózathoz. Ezt az elosztói szabályzat szabályozza annak is a 6/ B melléklete. [10] Természetesen ez a folyamat is szabályozott keretek között történhet kizárólag. A csatlakoztatásnál az erőmű telepítőjének az elosztó hálózat jellemzőit figyelembe kell venni.

Az energia elszámolást tehát az erőműből a hálózatra adott és a hálózatról felvett villamos energiát a csatlakozási ponton külön kell mérni. A mérőberendezések kialakítását természetesen a szabványoknak és az előírásoknak megfelelően az elosztói engedély határozza meg. A mi esetünkben tehát 5 MW, illetve annál nagyobb teljesítményű kiserőművek esetén a rendszerirányítóval egyeztetve történik.

Az elosztói szabályzatban részletes utasítást találunk a szükséges védelmekről is. Az alábbiakról kell gondoskodnunk:

- rövidzárlati védelem
- túlterhelési védelem
- feszültségnövekedési védelem
- feszültségcsökkenési védelem
- frekvencianövekedési védelem
- frekvenciacsökkenési védelem
- elosztóhálózat szigetüzem elleni védelem
- földzárlat vagy testzárlati védelem
- áramütés elleni védelem
- egyenáramú védelem

Látható, hogy a védelmek megléte alapvető feltétel a csatlakozásnál.

A 6/B melléklet [10] foglalkozik a háztartási méretű erőművekkel. Ez a melléklet abból a szempontból érdekes számunkra, hogy ugyan a méret alapján nem ebbe a kategóriába tartozik az általunk vizsgált erőmű, viszont a szabályzat már ezen a szinten is előírja a szükséges védelmek telepítését. A tervdokumentáció részeként meg kell adni az egyvonalas kapcsolási rajzot, amin szerepeltetni kell a túlfeszültség-védelmeket is. Ebből levonhatjuk azt a következtetést, hogy amennyiben ezen a szinten is már szükséges akkor ez a későbbiekben sem lehet másképpen.

1.5.2. Mérnöki kamara szabályzata tervekkel szemben

A mérnöki kamara szabályzata fogalmaz meg formai és tartalmi követelményeket a tervdokumentációkkal szemben. Az épületvillamossági része írja le a kivitelezéshez szükséges követelményeket.

A 12.3.3. foglalkozik kifejezetten a villámvédelemmel. [10] A következő dokumentumok és elvégzendő feladatokról rendelkezik:

- Tervezői állásfoglalás készítése (a létesülő épület villámvédelmi környezetéről)
- Tervezési alapadatok begyűjtése (tűzvédelmi, építész, épületgépész, technológiai, statikai, valamint az összes elektromos jellegű szakterület adatai)
- Szükséges elkészíteni egy villámvédelmi kockázatelemzést (emberi élet elvesztése R1 kockázatra és jogszabályi kötelezettség alapján R2, R3 kockázatokra)
- Szükséges elkészíteni az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem dokumentációját
- Villámvédelmi rajzot szükséges készíteni az épületről (felül és oldalnézeti) LPZ zónák vagy is védett terek meghatározó síkban
- Áramütés elleni védelem, villámvédelem fő földelősín összekötési rajz elkészítése

2. ADATSZOLGÁLTATÁS KÉRÉSE TERVEZÉSHEZ

A tervezési folyamat a megrendelő adatszolgáltatásával kezdődik. Ez többnyire megelőzi a kivitelezést. Olykor azonban már az építési munkák előre haladtával kerül rá sor. Az adatszolgáltatás részletessége sok esetben eltérő lehet. Olykor nem kapunk elegendő információt. Ennek oka sok esetben a rövid határidő lehet. Ilyenkor a többi szakági tervező rész adataiból tudunk dolgozni. Ezek az információk igen lényegesek már a tervezési szakasz legelején is. Például a tervezett tartószerkezet kialakítása. Amennyiben ez az információ nem áll rendelkezésünkre vagy nincs lehetőségünk azt véleményezni, vagy akár a kiválasztásnál a számunkra kedvezőbb fajtákat választani, akkor a lehetőségeink beszűkülnek. Hiszen amennyiben nem tudunk megfelelő módon hozzá rögzíteni távtartót vagy felfogórendszert a biztonsági távolságok betartásával úgy más felépítésű rendszert kell terveznünk. Ez lényeges költség növekedést idézhet elő. Az adatszolgáltatás és a megrendelői igények korrelációját a 6. védelemi és irányítástechnikai fórum előadása [11] foglalja össze. A tervezési feladat egyeztetése a megrendelő közreműködésével valósul meg. Ez a beruházási célkitűzés meghatározását jelenti, ami a megtérülés várható időtartamát, valamint az anyagi korlátokat jelenti. Ennek jelentősége a védelmek kialakításánál kap fontos szerepet ugyanis, ha a cél a lehető leghamarabbi a megtérülés elérése abban az esetben a védelmek kialakításánál a minimumra kell törekedni. Ennek az az egyszerű oka, hogy a termeléshez szükséges eszközök nyilván elengedhetetlenek. A védelmek és a biztonságtechnika költségeinek a leszorítása sokszor az egyetlen terület, ahol a költségeket lehet csökkenteni. Abban az esetben amennyiben a kockázatelemzés az összes szempontot figyelembe véve azt az eredményt adja, hogy nem szükséges villámvédelem kialakítása úgy a tervező dönthet ennek mellőzéséről. Ebben az esetben viszont felelősséggel tartozik az esetleges villámcsapásból keletkező károk vagy az emberi élet elvesztéséért. Az így kapott rendszer olcsón létesíthető működőképes, ugyanakkor veszélyes lehet. Ezt a felelősséget nem lehet és nem is szabad vállalni!

Az adatszolgáltatásnak mindenképpen tartalmaznia kell a következő alap adatokat:

- Építészeti, valamint villamos műszaki leírás
- Áttekinthető helyszínrajzot szerkeszthető dwg formátumban
- Egyvonalas kapcsolási rajz
- AC és DC kábelnyomvonal terv
- Gyártmány tartószerkezet
- Gyártmány BHTR

- Erőműi irányítástechnika és inverter szintű monitoring
- Meteorológiai állomás
- Vagyonvédelem

Amennyiben az adatszolgáltatás hiányos a tervezés megkezdésekor úgy a kezdeti terveket a pótlásukkor módosítani kell, hiszen új tényezők jelennek meg, amiket szintén figyelembe kell venni. Ezek az új tényezők azonban befolyásolják a végeredményt.

Szükséges tervek egy napelemes rendszer telepítésekor:

- Primer Villamostechnológiai Tervkötetek (Primer tervkötet, Primer tervkötet)
- Szekunder Villamostechnológiai Tervkötetek (Szekunder Villamostechnológiai Tervkötetek, Szekunder Villamostechnológiai Tervkötetek, Szekunder Villamostechnológiai Tervkötetek)
- Építész Technológiai Tervkötetek (Út, tereprendezési tervkötet, Közútcsatlakozási tervkötet)
- Közútcsatlakozási tervkötet (Közútcsatlakozási tervkötet, Közútcsatlakozási tervkötet)
- Egyéb Tervek (BET, Mellékletek)

A tervezés során azt feltételezzük, hogy az 5 MW-os napelemes rendszer egyik tulajdonosa keresett meg, aki az egyik 500 kW-os beruházója az egész rendszer szempontjából és kérte, hogy villám- és túlfeszültség-védelem szempontjából készítsék megvalósíthatósági tanulmányt, végezzék villámvédelmi tervezést.

3. VILLÁMVÉDELMI KOCKÁZATELEMZÉS

A törvényi, jogszabályi háttér egy igen átfogó keretet biztosít számunkra a tervezési folyamat elején. Így tehát szükséges figyelembe venni a következőket:

- 54/2014. (XII). 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzat[7]
- MSZ EN 62305 2. kiadás
- Tűzvédelmi Műszaki Irányelv[8].

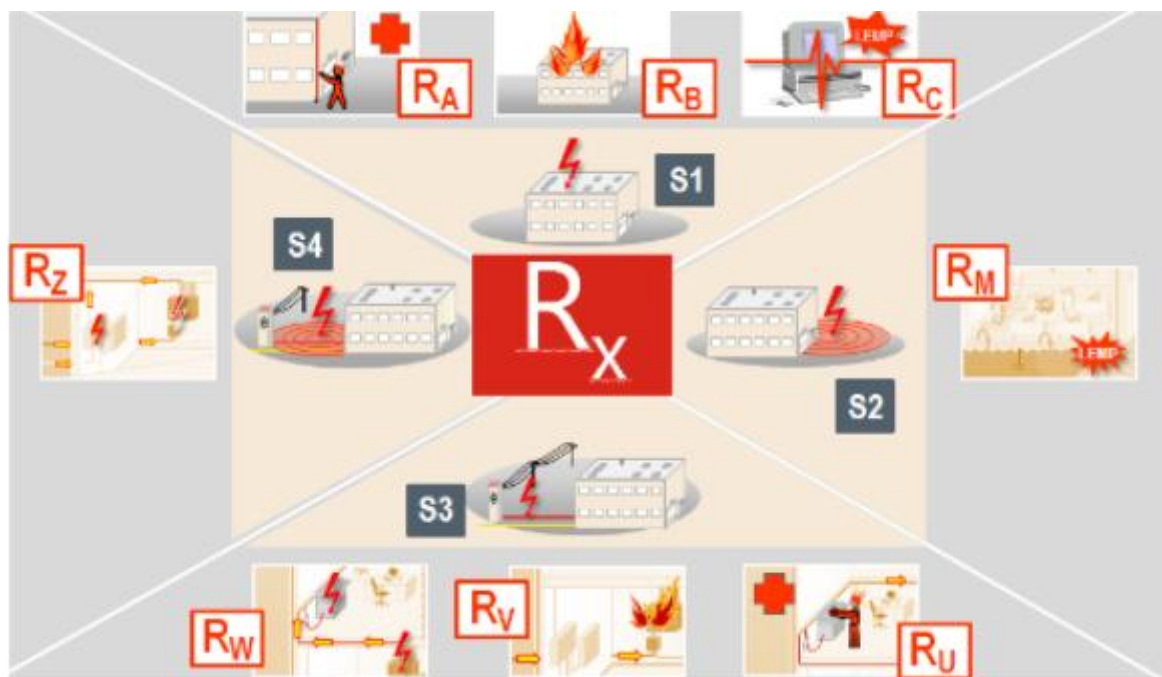
A villámvédelmi kockázatelemzés elkészítése elengedhetetlen, hiszen minden új napelemes rendszer telepítésénél egyedi környezeti tényezőkkel szembesülünk. Ilyen lehet például a meglévő kábel nyomvonalak, távvezetékek. Eltérő rendeltetésű és kialakítású épületek esetén a különböző veszélyforrások kockázata is eltér, így a szükséges, hatásos megelőző intézkedések is el fognak térni. A kockázatelemzés eredményét alapul véve célzott intézkedéseket tehetünk a kockázatok csökkentése érdekében. Tehát az emberi élet, valamint az épületek és a belső rendszerek védelme érdekében. A korábban említett eltérésekre viszont a jogszabályok nincsenek maradéktalanul felkészülve. Éppen ezért szükséges minden esetben részletes kockázatelemzést készíteni, hogy biztosak lehessünk az általunk tervezett rendszer minden körülmények között megfelel a jogszabályokban és szabványokban megfogalmazott biztonsági követelményeknek. Az elkészült kockázatelemzés műszaki és anyagi szempontból optimalizált védelmi intézkedések együttese, amely leginkább megfelel az épület rendeltetésének, valamint a környezet tulajdonságainak. Az eredmény segítségével meghatározhatjuk a villámvédelmi rendszer (LPS) fokozatát, valamint a szükséges árnyékolási intézkedéseket elektromágneses villámimpulzus (LEMP - Lightning Electromagnetic Impulse) ellen. Ennek köszönhetően a rendeltetés szerű üzemeltetés alatt az emberi élet elvesztése és az anyagi károk keletkezésének esélye a lehető legminimálisabb, ideális esetben kizárható.

Veszélyforrások számbavétele

Villámcsapásból származó veszélyeztetés alapján négy különböző kárforrást különböztetünk meg.

1. S1 Közvetlen villámcsapás az építménybe – Ebbe a csoportba tartozik a z összes kiszolgáló épület és maguk a napelemek

2. S2 Az építmény környezetét érő villámcsapás – A napelem mező vagy a kiszolgáló épület közelében, de a földet ért villámcsapások tartoznak ide
3. S3 Közvetlen villámcsapás az építménybe be- valamint abból kilépő csatlakozóvezetékbe – Azokat a villámcsapásokat értjük ez alatt, amik közvetlen a csatlakozó vezetékbe érik vagy az épület azon részét, ahol a vezeték az épületbe lépnek.
4. S4 A csatlakozóvezeték környezetét érő villámcsapás



3. ábra Veszélyforrások csoportosítása [1.sz melléklet]

A kockázatelemzés megkezdésekor az épület vagy építmény együttes rendeltetését kell figyelembe venni. Ebből következtethetünk a kockázatokra a védeni kívánt objektumnál. Négy főbb kockázatot különböztetünk meg:

1. R1 Emberi élet elvesztésének kockázata
2. R2 Közszolgáltatás kiesésének kockázata
3. R3 Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztésének kockázata
4. R4 Gazdasági veszteség kockázata

Az alábbiak közül azokat kell vizsgálni, amik az aktuális feladatunkra érvényesek. Jelen esetben az emberi élet, a közszolgáltatás kiesésének kockázata, valamint a gazdasági veszteség kockázata is fent áll. Az R3 jelen esetben, azaz egy földre telepített napelempark esetében nem

releváns így nem számolunk vele. Az építmény pontos méretének ismerete azért szükséges, hogy meghatározhassuk az építmény közvetlen, valamint közvetett villámcsapások gyűjtőterületét. Az építményeknél jelen esetben a transzformátor állomásoknál a számítás külön kitér az épület alakjára például a kimagasló pontokra. Jelenleg ilyenekkel nem kell számolnunk. Ez adott esetben egy kéménynél vagy egy esetlegesen mobil átjátszó állomás esetén szükséges figyelembe venni. Az épület összetettségét szintén ebben a fejezetben említtem. Az összetettség nagyban befolyásolja a villám találat kockázatát így a védelmi koncepció alakulását. A földre telepített rendszer esetében azonban nem beszélhetünk az épület egységek szoros összefonódásáról és kapcsolataikról tehát a mi példánk szempontjából elhanyagolható.

A szakdolgozatban egy 5 MW-os napelemes rendszernek az egyik tulajdonosa kért fel villámvédelmi tervezésre, melyben és az ő része egy 500 kW-os rendszer. Így a villámvédelmi kockázatelemzést erre az 500 kW-os napelemes rendszerre készítettem el.

3.1 Építmény (méretek, elhelyezkedési tényező)

Ideális esetben a tervezéskor már tudottak a várható méretei a napelem mezőnek, például annak elhelyezkedése. A fizikai helye a mezőnek fontos tényező, ugyanis a várható villámcsapás per négyzetkilométer szám nagymértékűen változik régióként vagy országonként. A környezetében lévő egyéb épületek vagy táj jellege szintén olyan tényezők, amik nagyban befolyásolják a számításokat. Ugyanis például a közelben lévő magas épület nagymértékben csökkenti a villámcsapás kockázatát. A mező kiterjedése szélessége hosszúsága szintén fontos adat. Továbbá a mezőn elhelyezett egyéb épületek és azok méretei. Például a transzformátor épületek.



Ábra: A betonházas transzformátor építmény méretei

Elhelyezkedési tényező

Következő fontos szempont az elhelyezkedési tényező, amely az építményt érő közvetlen villámcsapás lehetőségét írja le. A módszer úgy működik, hogy gondolatban egy kört kell rajzolni a védendő objektum köré. Viszonyításként egy alacsony épület mellett egy magasabb fémszerkezetes építmény található akkor kockázat csökkentő tényező. Amennyiben egy szabadon álló épület a magashegységben a kockázat növelő tényező. A számítás alapjául négy különböző kategóriát különböztetünk meg a szabvány szerint:

1. Az objektum nagyobb objektumokkal pl. fákkal van körülvéve
2. Az objektum legfeljebb azonos magasságú objektumokkal, pl. fákkal van körülvéve
3. Magában álló objektum: nincs más objektum a közelben
4. Hegytetőn vagy kiemelkedésen magában álló objektum

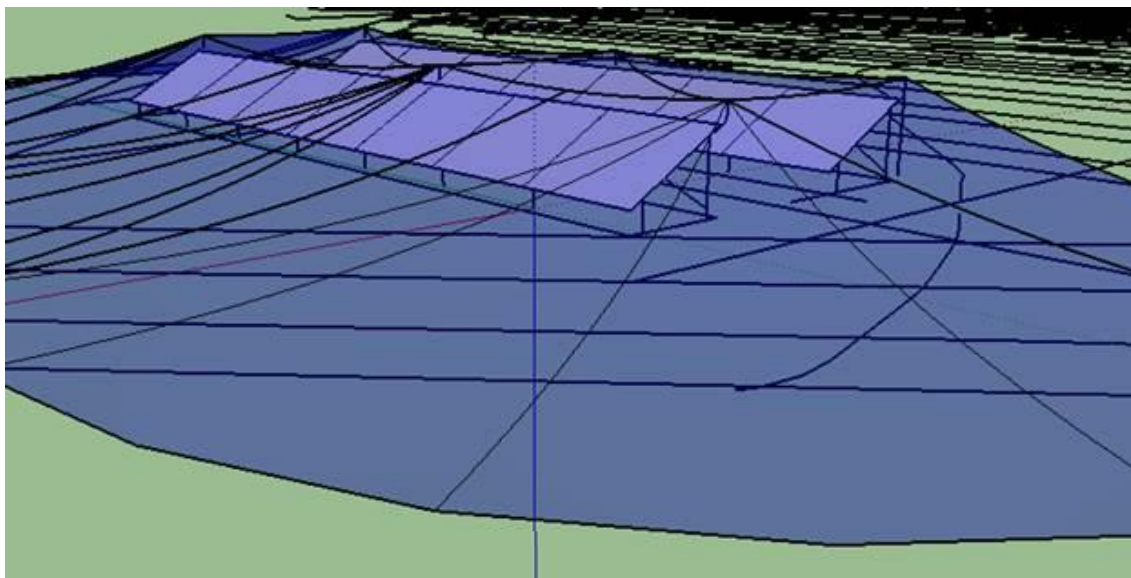
Amennyiben az r sugáron belül (ahol $r = 3H$, ahol H az épületmagassága) nincs további objektum abban az esetben szabadon álló objektumként kell kezelni. Tehát magában álló objektum, hiszen a transzformátor állomás a napelemekkel körbe véve a mezőn vagy a mező szélén helyezkedik el.

3.2 Villámvédelmi zónakoncepció

A megfelelő védelem kialakításához szükséges meghatározni azt, hogy milyen különböző villámvédelmi zónák találhatók a védendő területen. Az egyes zónák azt mutatják meg, hogy milyen várható hatásai lesznek a villámcsapásnak. A villámvédelmi zóna (LPZ – Lightning Protection Zone) különböző veszélyeztetett területeket jelöl. A következő zónákat különböztetjük meg:

1. **LPZ 0A** (közvetlen villámcsapás hatása): az épületen kívüli veszélyeztetett területet jelöli.
2. **LPZ 0B** (közvetlen villámcsapás hatása): az épületen kívüli védett területet jelöli.
3. **LPZ 1**: az épületen belüli olyan zónát jelöli, amelyet a nagy energiájú túlfeszültségek veszélyeztetik.
4. **LPZ 2**: az épületen belüli olyan zónát jelöli, amelyet a kisebb energiájú túlfeszültségek veszélyeztetik.

5. **LPZ 3:** ezt a zónát olyan túlfeszültségek és egyéb behatások veszélyeztetik, amelyeket a készülékek és a vezetékek maguk okozzák.



Ábra: villámvédelmi zónakoncepció

Egy napelemes rendszer esetében arra törekszünk, hogy a teljes mező védett térben legyen helyezve. Ebbe a kiszolgáló épületek is bele értendőek, hiszen általában azok a napelem sorok között helyezkednek el. Ebből kifolyólag a teljes mező területe LPZ 0_B-területnek minősül. A transzformátor házak belső területe a közvetlen villámcsapásoktól védett az épület szerkezetének köszönhetően ezért azok a területek LPZ 1-es zónának számítanak. Ezért a csatlakozó vezetékeken keresztül érkező villámáramok ellen szükséges védelmeket tervezni és kialakítani. Az esetlegesen villámvédelemmel nem ellátott napelemes rendszer felől is érkezhetsz villámáram így azzal is szükséges számolni. A többi zóna típus a mi esetünkben nem értelmezhető. Ahhoz többszörösen összetett épületre lenne szükség, ahol a falak árnyékolják le a villámok közvetlen (galvanikus) vagy közvetett (indukált, kapacitív) hatásait.

3.2.1 Emberi élet védelme

A villámvédelmi zónakoncepció során az első kockázat, amivel foglalkozni kell az ember élet sérülése vagy elvesztése. Ennek minimum biztonsági szintjét a rendelet határozza meg. A számításban ezt oly módon kell figyelembe venni, hogy mennyi az az idő, amíg személyek az övezetben tartózkodnak. Például egy huszonnégy órában őrzött porta esetében állandóan az év minden napján tartózkodnak a helyszínen. Egy napelemes erőmű esetében ez csak a karbantartó személyzetre és a karbantartások, illetve hibaelhárítások időtartamára vonatkozik. Ennek okán a jelen számításban a feltételezeten ott töltött időt szükséges felbecsülni. Ezt az időtartamot a

karbantartások összes idejével számolva háromszáz óra per évben határozzuk meg. Tehát háromszáz óra, amíg emberi élet is veszélyben lehet egy év alatt a helyszínen.

3.2.1 Közszolgáltatás kiesése

A villamos TvMI 7.4:2020.01.22 [5] 9.2.3. pontja leírja, hogy mi számít közszolgáltatásnak. Olyan erőmű építményei, mely 1,6 MVA-nél nagyobb transzformátor állomásokhoz közvetlenül kapcsolódnak, azok esetében figyelembe kell venni a közszolgáltatás kiesésének kockázatát.

3.2.2. Gazdasági kockázat

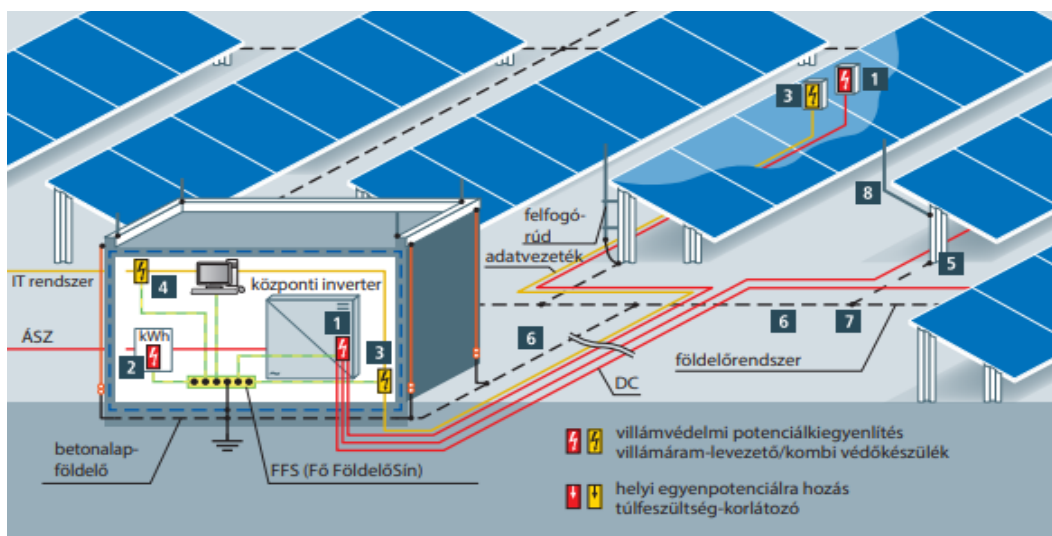
Az emberi élet után következő fontos tényező a gazdasági szempont a napelemes rendszernél. Ahol az övezetben lévő értékek pénzben kifejezett értékét kell megbecsülnünk. Az első ilyen az övezetben található állatok értéke. Itt a haszonállatokra kell gondolni, ami jelen esetben nulla. Az esetlegesen arra tévedő vadállatokkal nem kell számolni, hiába van akár milliós eszmei értékük. Magának az övezet értékének meghatározása az építmény értékével folytatódik a belső rendszerek és berendezések nélkül, ilyenkor az épület teljes építési költségét kell alapul venni. Ami az elvesztésével pótlásának költségével járna. A TvMI 7.4 pontja lehetővé teszi, hogy adatszolgáltatás hiányában az épület hozzávetőleges értékét az épület mérete alapján határozzuk meg. Ehhez az épület jellegére, térfogatára, valamint az övezetben tartózkodó alkalmazottak számának megadására van szükségünk. Számba kell venni az övezetben lévő javak értékét a berendezési tárgyakat, amik nem képezik részét a szerkezetnek, valamint az övezetben lévő belső rendszerek értékét ideértve funkciójukat is. Ezt a két kategóriát külön egy-egy értékkel felbecsülve.

3.3 Csatlakozóvezetékek

Az elemzés lényeges eleme az épületparaméterek mellett az építményeket összekötő csatlakozóvezetékek paraméterei. Csatlakozóvezetékként figyelembe kell venni az információtechnológiai csatlakozó vezetéket és az erősáramú energiaellátó vezetékeket egyaránt. A villamosan vezetőképes csöveket nem kell figyelembe venni, abban az esetben, ha azok az építmény fő földelősínjével össze vannak kötve. Amennyiben a potenciálkiegyenlítés nincs megfelelően kialakítva a csővezeték szintén veszélyforrásként figyelembe kell venni. Továbbá a biztonságtechnikának például esetleges kamerás megfigyelő rendszernek állított oszlopok anyaga, mérete és elhelyezkedése nagymértékben emelheti a villámcsapás esetleges valószínűségét. Így tehát a védelem tervezésekor azokat is számításba kell venni.

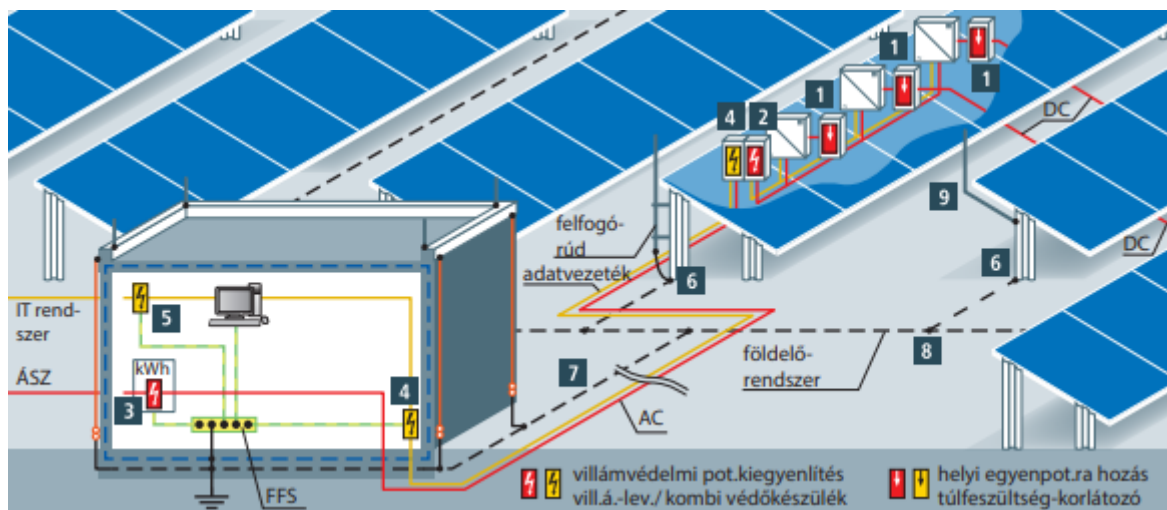
Csatlakozóvezetékek szempontjából két különböző rendszert különböztetünk meg:

- Központi inverteres rendszert. Ebben az esetben egy központi inverter van a napelem soroktól csak DC vezetékek érkeznek



Ábra: Központi inverteres rendszer [15]

- Sztring inverteres rendszer. Ebben az esetben a napelem soroknál elhelyezett kisebb inverterekről beszélünk. Ilyenkor AC vezetékek érkeznek a napelemsoroktól a transzformátor állomásba.



Ábra: sztring inverteres rendszer [15]

A tervezett erőmű sztring inverteres felépítésű. Magyarországon ez a típus az elterjedtebb. Ennek egyik fő oka, hogy a központi inverter rendkívül nagy értékű berendezés meghibásodása esetén pedig az egész napelemes mező kiesik a termelésből.

A zónakoncepció szerint a felvett csatlakozóvezetékek

- napelemes mező részéről:
 - AC csatlakozóvezeték 1
 - AC csatlakozóvezeték 2
 - AC csatlakozóvezeték 3
 - AC csatlakozóvezeték 4
 - AC csatlakozóvezeték 5
- transzformátor épület részéről
 - AC csatlakozóvezeték 1
 - AC csatlakozóvezeték 2
 - AC csatlakozóvezeték 3
 - AC csatlakozóvezeték 4
 - AC csatlakozóvezeték 5
 - közcélú hálózatra csatlakozás (alállomás)

Belső rendszerek

Az építmény belső rendszereinek költségébe minden olyan villamos installációs rendszer és berendezés beletartozik, amely a villámcsapás közvetlen és közvetett hatásai például villámáram-részáram vagy túlfeszültség következtében károsodhat. A kockázatelemzés készítésekor minden egyes az épületbe érkező, illetve elmenő vezetéket számításba kell venni. A csatlakozóvezetékeknek meg kell adni a következő szabványos paramétereit:

1. fajtája (szabadvezeték vagy földkábel)
2. hosszát (az épületen kívül)
3. környezeti tényezőt
4. csatlakozó szomszédos építményt
5. a belső kábelezés módját
6. a legkisebb méretezési lökőfeszültséget

Abban az esetben, ha a vezeték pontos mérete nem ismert például korábbi meglévő alépítmény a telepítés helyén és elbontása vagy feltérképezésére nincs lehetőség úgy a szabvány javaslata alapján 1000 m-es vezetékkel lehet számolni. A csatlakozóvezetékek hosszát a védendő objektum belépési pontjától a következő csatlakozó építményig vagy egy csomópontig számítjuk. Csomópont lehet például a villamosenergia elosztási pontja (KöF/KiF transzformátor) vagy alállomás esetleg telekommunikációs alközpont. Egy városi környezetben például sok magas ház jó elektromágneses árnyékolást biztosít. Valamint a villámáram-eloszlás több épületnél sokkal kisebb villám-részáramokat fog eredményezni, ami egy csökkentő tényező.

3.4 Tűz kockázata és veszteségek

Mivel a villámcsapás tüzet okozhat, így a tűzvédelem a tűzvédelmi rendelkezések figyelembevétele elsődleges szempont. Egy esetleges tüzeset által okozott anyagi kárnál az elvesztett emberi élet kockázata a keletkezett kárnál is előrébb való.

Egy földre telepített napelemes rendszer esetében állandó jelleggel nem tartózkodik a területen senki. Csupán a karbantartó személyzet időszakosan. Ilyen karbantartási eset lehet a napelemek meghibásodásakor vagy például a ciklikus karbantartások elvégzéséért a helyszínre érkező néhány fő jelenlétével. Mivel a karbantartó személyzet általában képzett emberekből áll, akik

részesültek balesetvédelmi és munkavédelmi képzésben, ezért nem valószínű például a pánik szerű menekülés. Vagy a nem megfelelő reagálás a tüzesetre, illetve nem valószínű, hogy olyan személyek is a területen tartózkodjanak, akinek a menekülés nehézségekbe ütközik. Például idősek vagy gyerekek, illetve mozgássérültek. Ezért nincs rendkívüli veszélyeztetés.

Az OTSZ nem határoz meg minimum követelmény napelemes rendszereknél, azt javasolja, hogy villámvédelmi kockázatelemzést kell készíteni. Ezzel ellentétben a tűzvédelmi műszaki irányelv minimum LPS III kialakítását ír elő. Ez azt jelenti, hogy kockázatelemzést minden esetben kell végezni napelemes rendszernél, LPS III fokozatnál lehet szigorúbb, ha azt hozza ki a kockázatelemzés, de LPS III-nál nem lehet enyhébb (pl. LPS IV) védelmi intézkedés.

3.5 Védelmi intézkedések

Az elvégzett kockázat elemzés [3 és 4 számú melléklet] azt hozta ki eredményül a bemeneti paraméterek alapján, hogy az emberi élet védelme érdekében nem szükséges további védelmi intézkedéseket tenni. Ennek ellenére én, úgy döntöttem, hogy tervezés során ezt a veszélyforrást is igyekszem a lehetőségekhez mérten tovább biztosítani. A közszolgáltatás kiesésére az elfogadható kockázati szintnél nagyobb értéket kaptam, így mindenképpen szükséges védelmi intézkedéseket tenni, ennek a veszélynek a minimalizálásáért. Hiszen a közszolgáltatás folytonosságát fent kell tartani. A gazdasági kockázatokat szintén csökkenteni szükséges védelmi intézkedésekkel. Ez a befektetés védelme érdekében elsődleges. Általában az utóbbi két veszélyforrás megelőzését ugyan azokkal az intézkedésekkel érhetjük el.

A kockázati értékek a következő védelmi intézkedésekkel csökkenthetőek elfogadható szintre:

- Villámvédelmi rendszer LPS III védelmi fokozat
- Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés az LPL I szint szerint (LPL–Lightning Protection Level azaz villámvédelmi szint) kialakítása javasolt
- Figyelmeztető jelzések elhelyezése szintén javasolt.
- Szükséges továbbá koordinált túlfeszültség védelem telepítése LPL I szint a közszolgáltatás kiesése miatt

4. VIILÁMVÉDELMI RENDSZER TERVEZÉSE

A kockázatelemzésnek köszönhetően most már ismertek azok a védelmi szintek, amelyek szerint kialakíthatjuk a megfelelő védelmeket. A külső villámvédelmi rendszer öt fő részből tevődik össze:

- felfogórendszer,
- levezetőrendszer,
- földelőrendszer,
- potenciálkiegyenlítő rendszer,
- biztonsági távolság.

A felfogórendszer elsődleges feladata, hogy csökkentse a villámcsapás hatását a szerkezetre ellenőrzött módon. [12] Kialakításához, elhelyezéséhez gördülőgömbös-módszert alkalmazok. Ehhez segítségünkre lehet a Lightning Protection Guide [13] ahol megtalálhatjuk többek között a különböző kategóriák táblázatait. A módszer azon alapul, hogy egy képzeletbeli gömböt görgetünk át a transzformátor épületen, valamint a napelem sorokon. A felfogórudakat, valamint a levezetőket úgy kell méretezni, hogy a gömb sehol ne tudjon az épülethez érni. A korábban meghatározott LPS III szint határozza meg számunkra a gömb sugarát, ami 45 méter. Minél kisebb ez a fokozat, annál kisebb sugarú a gömb. Ennek köszönhetően nagyobb mennyiségű felfogórúd elhelyezése szükséges. Ez által csökkentve az esélyét egy kontrollálatlan villám találatnak.

LPS	Gördülőgömb-sugár (m)
I	20 m
II	30 m
III	45 m
IV	60 m

Ábra: villámvédelmi fokozat és a gördülőgömb-sugár közötti összefüggés

A következő védelmi javaslat az LPL I szint szerinti villámvédelmi potenciálkiegyenlítés. Több paraméter, többek között a villámáram csúcsértékek alapján megkülönböztetünk 4 villámvédelmi szintet, melyeket római betűvel: I, II, III, IV jelölünk. [14]. A MSZ EN 62305-

3:2011 szabvány szerint a következő villámáram csúcsértékek tartoznak az egyes villámvédelmi szintekhez:

LPL	Villámáram csúcsérték (kA)
I	200 kA
II	150 kA
III	100 kA
IV	100 kA

Ábra: villámvédelmi szint és a villámáram csúcsérték közötti összefüggés

A védelmi javaslat a feltételezhető legmagasabb áramcsúcs elleni védelem kialakítására kötelez minket.

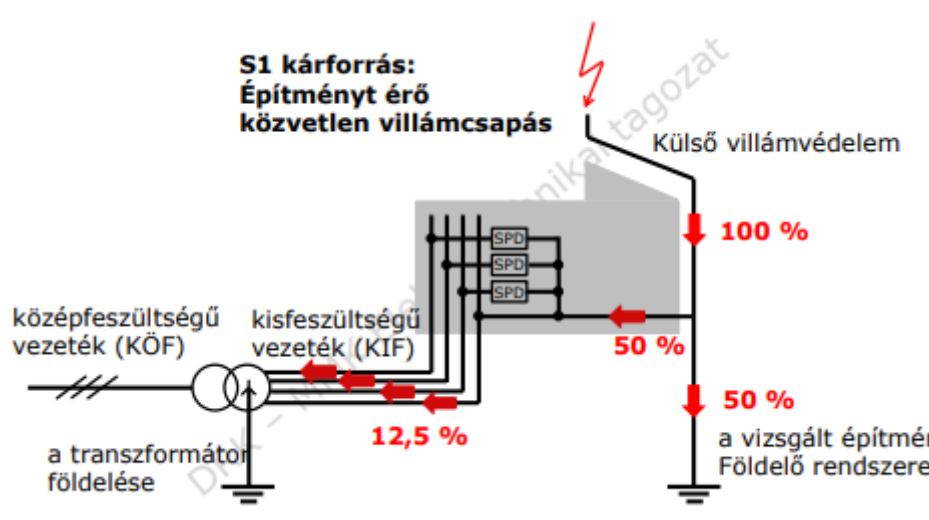
Villámcsapás esetén potenciálkülönbség alakul ki, ami azt jelenti, hogy a védendő építmény és a távoli föld más potenciálon lesz. Amennyiben a különbség meghaladja a szigetelési távolságot akkor átütés jöhet létre. A teljeskörű védelem kialakítása szigeteléssel vagy teljes potenciálkiegyenlítéssel érhető el. A teljes szigetelés kialakítása sok esetben nem lehetséges, ezért a teljes potenciálkiegyenlítés a megoldás. Ennek elérése érdekében valamennyi elektromosan vezetőképes alkatrészt össze kell kötni a potenciálkiegyenlítő rendszerrel. A feszültség alatt álló vezetékeket védőkészülékeken keresztül kell összekötni a központi potenciálkiegyenlítéssel. A túlfeszültség megjelenésekor vezetőképpé válnak, ez által rövidre zárják a védőelemet. Ez egy hatékony módja a túlfeszültségek által okozott károk elkerülésének.

Különböző felépítésű potenciálkiegyenlítő rendszerek léteznek:

1. vonalszerű
2. csillagszerű
3. hálószerű

Ezek közül a fajták közül a hálószerű potenciálkiegyenlítés a leghatékonyabb. Itt az összes elektromosan vezetőképes alkatrésznek külön vezetéke van, valamint kiegészítő vezetékek kötik össze az összes végpontot a lehető legrövidebb úton. Ez a megoldás indokolt minden különösen érzékeny rendszernél, mint például a szervertermek, számítógép központok esetében.

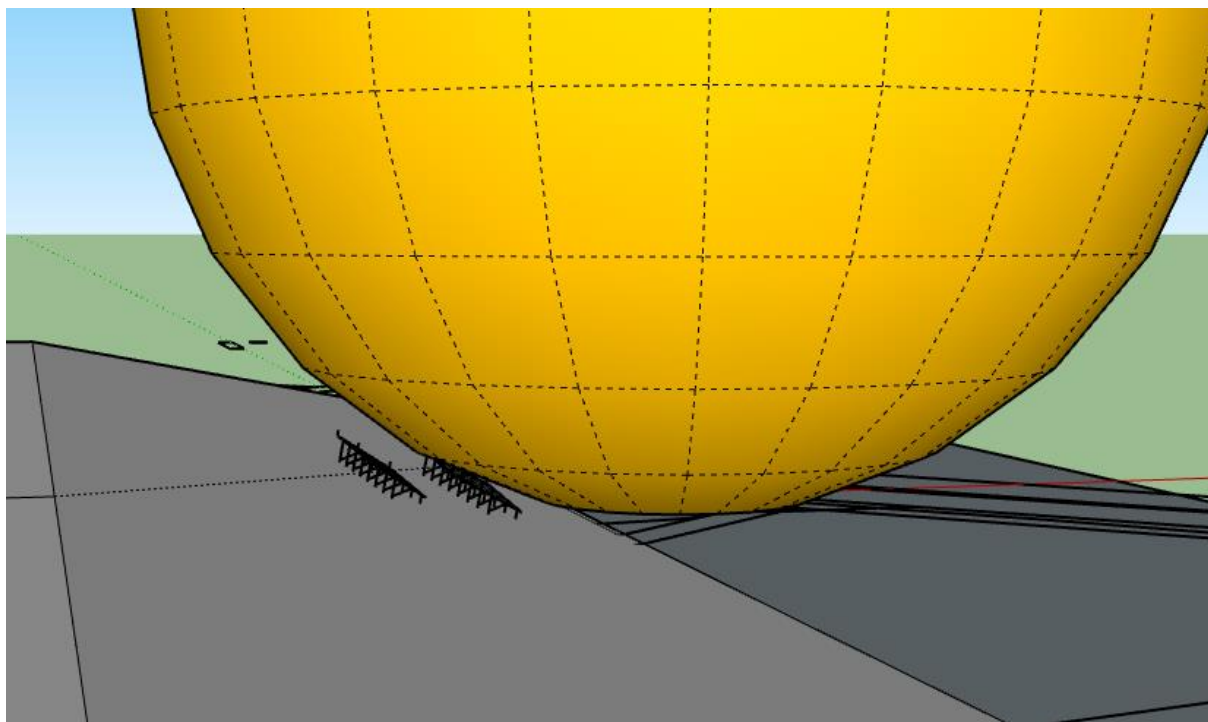
A megfelelő földelőrendszer és potenciálkiegyenlítés esetén a villámáram eloszlása a földelés és a földelésen keresztül a vezetékek felé közel egyenlő. Tehát egy négy vezetékes rendszer esetében vezetékenként 12,5% az áramnak megjelenik erenként. Ennek okán szükséges a koordinált túlfeszültség védelem kialakítása, ami további eszközök beépítését jelenti. Abból kifolyólag, hogy feszültség jelenik meg minden a földelésbe bekötött vezetéken akár fém csöveken is. Szükséges figyelmeztető jelzések elhelyezése, amelyek érintés- és lépés feszültségek miatt sérülések veszélyére figyelmezteti az ott tartózkodót.



Ábra: Villámáram feltételezett eloszlása az egyszerűsített modell alapján [14]

4.1 Felfogórendszer tervezése

A felfogórudak pontos méretét, valamint elhelyezkedését a gördülőgömbös-módszer segítségével kell meghatározni. Gyakran előfordul, hogy földre telepített napelemes rendszert nem sík terepre telepítenek, hanem hegyoldalba. Ilyenkor a gördülőgömbös szerkesztés is komplikáltabb, hiszen a referencia talaj folyamatosan változik. Egy példát szeretnék erre bemutatni szakdolgozatom során.



Gördülőgömb-szerkesztés domboldalon

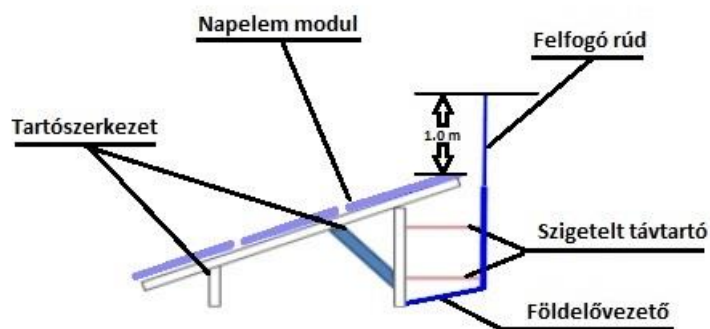
Kiépítésének módja szerint azonban két különböző felfogórendszert különböztetünk meg:

- Elszigetelt felfogórendszer
- Nem elszigetelt felfogórendszer

A fő különbség a két típus között az jelenti, hogy az elszigetelt esetében a felfogórendszert az „s” biztonsági távolság betartásával (pl. szigetelt távtartók segítségével) olyan távol helyezzünk a napelemsoroktól, hogy ne jöhessen létre átívelés valamilyen fém rész (napelem modul tartószerkezet) és a villámvédelmi rendszer között. Az egyes rendszerek előnyeit és hátrányait a következő alfejezetekben fogom ismertetni.

4.1.1 Elszigetelt felfogórendszer

Az elszigetelt felfogórendszernek köszönhetően elkerülhetjük, hogy a villámáram megjelenjen a napelemek tartószerkezetén és azon keresztül folyjon a föld felé. Ennek egyik legfontosabb hatása az, hogy ezáltal elkerülhetjük a galvanikus kapcsolódást. Az induktív hatás fennáll, hiszen az ellen a térbeli árnyékolás a lehetséges védekezés egy épület esetében például. A napelemeknél ez nem lehetséges, hiszen a szabadban vannak, nem veszik körbe falak, amik leárnyékolják a károsító hatásait a villámcsapásnak. Ennek a megoldásnak az alkalmazása problémás lehet például abban az esetben, ha nem tudjuk tartani a biztonsági távolságokat. További hátránya ennek a kialakításnak a további távtartók és szigetelők beépítésével az, hogy jelentős többlet költséggel jár, amit sok esetben akár a teljes beruházás megtérülését is jelentősen kitolhatja. Ugyanis az így kialakított védelmek költsége akár öt-hat szorosa is lehet. A tervezés során úgy döntöttem, hogy a nagyobb bekerülési költség ellenére ezt a megoldást választom. Ennek indoklására a gazdasági részben fogok kitérni.



Ábra: Elszigetelt felfogó rendszer [14]

A felfogórendszer tervezés a megfelelő felfogórúd kiválasztásával kezdődik. A felfogórúdak méretét a gördülőgömb szerkesztéssel kapjuk meg. A szélterhelési adat, azért fontos a számunkra, hogy az idő előre haladtával a szélterhelés következtében ne fordulhasson elő a felfogórendszer alakváltozása, ami esetleg a biztonsági távolság csökkenését eredményezheti. Illetve a szélterhelésnek köszönhetően egy esetlegesen rosszul kiválasztott keresztmetszetű felfogórúdon fáradásos törés következhet be. Ez a hiba jellemzően a keresztmetszet átmenetnél fordul elő. Ezt mindenképpen el kell kerülnünk. Tehát meg kell vizsgálnunk a várható szélterhelés mértékét és úgy kell méretezzük, hogy ezt kiküszöbölhessük. A tervezett naperőmű helyileg Solymáron létesül. Ez azért fontos mert az uralkodó széljárás és a várható legmagasabb szélhőkésések tájegységeként eltérnek. Az magyarországi 2021-es szélesebesség [17] adatok alapján a maximális várható szélterhelés 68 km/h. Tehát ez alapján kiválasztottam egy két méter

hosszú 16/10 milliméter átmérőjű felfogórudat. Anyaga alumínium magnézium szilícium ötvözet vastagságából adódóan ellent tud állni ekkora szélterhelésnek. Az MSZ EN 62561-2:2012 szabványnak megfelelő.



Ábra: vékonyított felfogórúd [16]

A távtartók kiválasztása a következő lépés. Alkalmasnak kell lenniük a felfogásra a tartószerkezethez, valamint, hogy befogjanak egy 16 mm átmérőjű felfogórudat. A befogási tartományok egyeztetésére az alkatrészek kompatibilitása miatt van szükség. A szélterhelésnek is ellen kell álljon, így kettő darab távtartó szükséges, amiknek egymástól viszonyított távolsága minimum 50 cm kell legyen a megfelelő alátámasztás érdekében. Az alábbi feltételeknek megfelelően távtartó 530 mm hosszú. Adatlapja szerint 146 km/ h szélterhelésnek is ellenál. Anyaga üvegszállal erősített műanyag. A felfogató rész anyaga rozsdamentes acél. Felfogása rögzítő szalagos kivitel. Ez megkönnyíti a tartószerkezet zártszelvényéhez a rögzítést.



Ábra: Szigetelt távtartó [16]

Szükséges, hogy az eddig kiválasztott elemeket egymáshoz tudjuk illeszteni és együtt megfelelő egységet alkotva képesek legyenek a villámáram elvezetéséhez, ezért szükségünk van megfelelő kapsokra. A kapsok kiválasztásánál csupán a keresztmetszeteket és a vezetőképességet kell figyelembe vennünk. Ügyelni kell arra, hogy LPL I szintnek megfelelő védelmet alakítunk ki, tehát az alkatrészeknek képeseknek kell lennie 200 kA (10/350 μ s)

biztonságos levezetésére. A befogó felület 8-10 mm a levezető oldalon 16 mm anyaga rozsdamentes acél. Meg kell felelnie az MSZ EN 62561-1:2012 szabványnak.



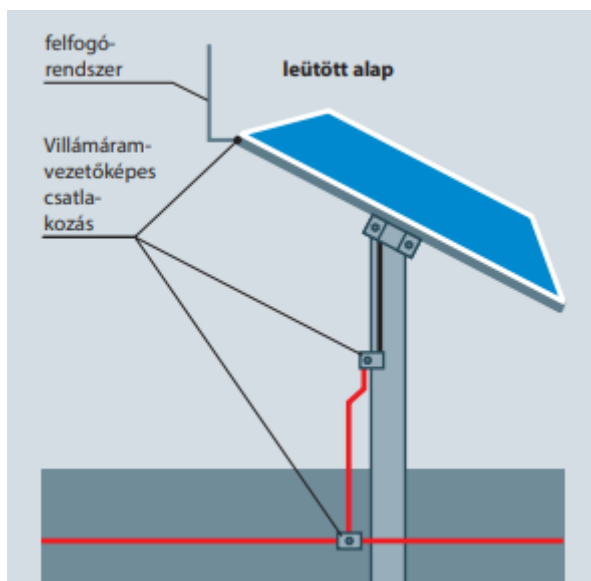
Ábra: Felfogórúd és levezető összekötő kapcsa [16]



Ábra: feszítőszalag anyaga rozsdamentes acél 25x0,3 mm és feszítőkapocs [16]

4.1.2 Nem elszigetelt felfogórendszer

Az előző alfejezetben leírtakkal ellentétben a nem elszigetelt felfogórendszer esetén a felfogórúd közvetlenül a szerkezethez van rögzítve. Ezáltal felhasználhatjuk a szerkezetet a levezetőrendszer részeként. Ebben az esetben ugyan megspórolhatjuk az elszigetelést és valamivel kisebb felfogórudat (ami több felfogórudat jelent) is használhatunk, de a napelemet kitésszük a villámáram galvanikus hatásainak. Ez a módszer ugyan segít megelőzni a tüzek kialakulását, illetve a villámáram nagyrésztének elvezetésére is alkalmas. Ennek ellenére károsodhat a napelem és minden elektromos berendezés a közelében.



Ábra: Nem elszigetelt felfogórendszer [15]

Ebben az esetben is a megfelelő felfogórúd kiválasztása az elsődleges feladat. Lehetőség szerint olyan kivitelben, ami rögzíthető a napelem táblák tartószerkezetéhez és képes ellenállni a szélterhelésnek. Az így kiválasztott felfogó rúd egy méter hosszú hajlított kialakítású 55 fokban döntött, hogy megfelelően rögzíthető legyen a napelem tartószerkezetéhez. Napelemek átlagos dőlése 35 fok. Ellenáll akár 224 km/h szélnek is az anyaga alumínium.



Ábra: Napelemre szerkezetre rögzíthető felfogórúd [16]

Ennél a típusú kialakításnál a tartó szerkezet fém részét felhasználjuk levezetőnek, ezáltal a földelővezetőt a tartószerkezet aljához rögzítve tudjuk kialakítani a földelést. Ehhez egy olyan kapcsolóra van szükségünk, amit a tartószerkezethez tudunk rögzíteni vezetőképес kötésben. A rögzítésénél ügyelnünk kell, hogy ne f rj k meg a tartószerkezetet, ezért rögzítő szalagos változatot választottam anyaga rozsdamentes  c l. Befogási tartománya a felfogó irányából 6-8 mm a levezetőrendszer irányába 10 mm. Meg kell felelnie az MSZ EN 62561-1:2012 szabványnak.

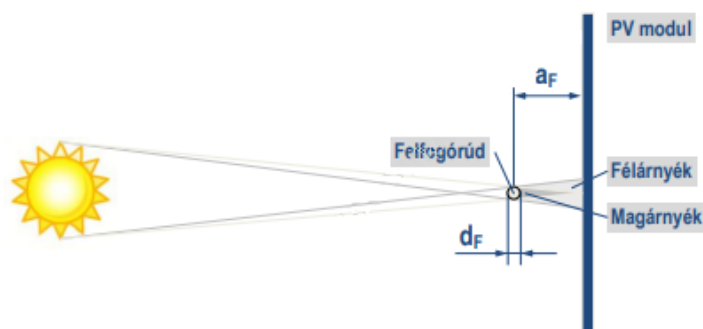


 bra: levezető fesz t kapocs és fesz t szalag anyaga rozsdamentes  c l 25x0,3 mm [16]

4.1.3  rny kk pz d s ellenőrzése

A felfog rudak elhelyezését gondosan kell megválasztanunk lehetőleg úgy, hogy a magárnyék ne tudjon a napelem modulra vet lni, illetve ezt a lehető legkisebbre kell korlátozni. Azt a területet nevezzük mag rny knek, ahová egyáltalán nem jut napsug rzs . [21] Ezt, azért kell kerülni mert a részlegesen beárnyékolt szolár cella visszirányú villamos jelleggörbéje és a napelem modul, valamint a sztring beállított munkapontja nagy kihatással van a részlegesen beárnyékolt napelem modulok üzemi viszonyára és teljes tm nylead s ra. Kritikus esetben a bypass diódák károsodásához és  gy a napelem cella meghibásodásához vezethet.

A felfogórúd elhelyezéséhez számítást kell elvégezni, annak érdekében, hogy meghat rozhatssuk azt a minimális távolságot, ahol az árnyékot adó test mögött már nem alakul ki magárnyék, illetve az nem a napelem modulra esik.



Ábra: Árnyék képződés [21]

Számítás a következő képlet [21] segítségével történik:

$$a_F[m] = 108 * d_F[m]$$

- a_F a felfogórúd és a napelem modul közötti távolság
- d_F a felfogórúd átmérője

A tervezett naperőműre elvégzett számítás:

$$1,72m = 108 * 0,016m$$

Tehát a felfogórúdnak legalább 1,72 méterre kell lennie a következő napelemtől, annak érdekében, hogy megelőzhető legyen az árnyékképződésből bekövetkező károsodás.

Természetesen az árnyékképződés eltérő évszakonként a téli évszakokban a beeső napsugarak kisebb szögben érik a felfogórudat, így nagyobb árnyék alakul ki. Ezért a számítást célszerű a lehető legnagyobb kialakuló árnyékra elvégezni.

4.2 Levezetőrendszer kialakítása

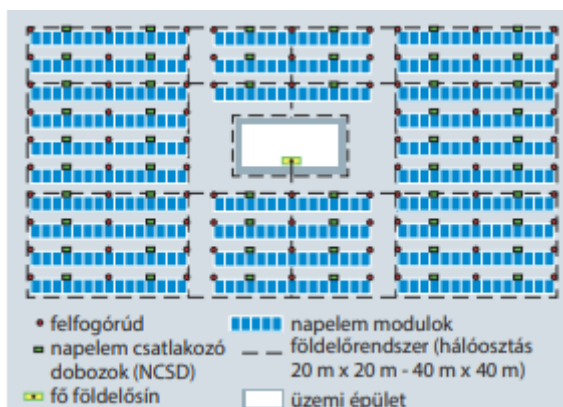
A levezetőrendszer kialakításánál a szabvány szerint [9] 8 vagy 10 mm átmérőjű vezetékot kell használnunk. A földre telepített napelemes rendszernél ez igen rövid szakasz. Fontos ügyelni a talajátmenetknél a korrózió védelemre (lásd részletesebben a 4.3.1 fejezetben). A levezető anyaga horganyzott acél műanyag köpennyel. A villámvédelmi alkatrésznek meg kell felelnie az MSZ EN 62561-2:2012 szabványnak. A szabvány szerint a horgany réteg vastagsága legalább 50 mikronméter vastagnak kell lennie, ami megfelel 350 g/m^2 -nek.



Ábra: Horganyzott acél levezető huzal [16]

4.3 Földelőrendszer méretezése

A föld alatt szükséges kialakítani egy háló elrendezésű földelő rendszert, amit a napelem sorok között keresztbe és hosszában helyezünk el. A műszaki irányelv szerint [8] [15] 40 méter x 40 méteres nem lehet nagyobb a hálóosztás. A hálóosztás során a földelővezetők csatlakozásainál a kapcsokat korrózióvédő szalaggal szükséges betekerni. Ugyanis ahol a kapcsokat rászorítjuk a horganyzott felületű vezetőre sérülhet, így kialakulhat olyan felület, ami idővel korrodálódik.



Ábra: Hálószerű földelőrendszer kialakítása [15]

A kiválasztott földelő vezető 10 mm átmérőjű horganyzott acél anyagú huzal. A föld alatt már csak 10 mm átmérő megengedett. Régebben vastagabb keresztmetszetet alkalmazta a korrózió miatt. Ma már elfogadott a 10 mm amennyiben horganyzott acél az anyaga így ellenál a talaj erodáló hatásainak. A beton levegő átmenetnél például műanyag zsugorcsővel szükséges védeni a földelővezetőt mert ott fokozottan ki van téve a korróziónak. Levegő talaj átmenetnél is javasolt védeni a földelővezetőt a korróziótól. Kivéve abban az esetben amennyiben rozsdamentes acél anyagú levezetőt használunk.

A föld alatti földelőrendszerrel a levezető huzal összekötése egy másik fajta kapoccsal történik. Befogási tartománya 8-10 mm. Rögzítés hatlapfejű csavar M8x25 mm. Anyaga horganyzott acél. Meg kell felelnie az MSZ EN 62561-1:2017 szabványnak.



Ábra: föld alatti összekötő kapocs [16]

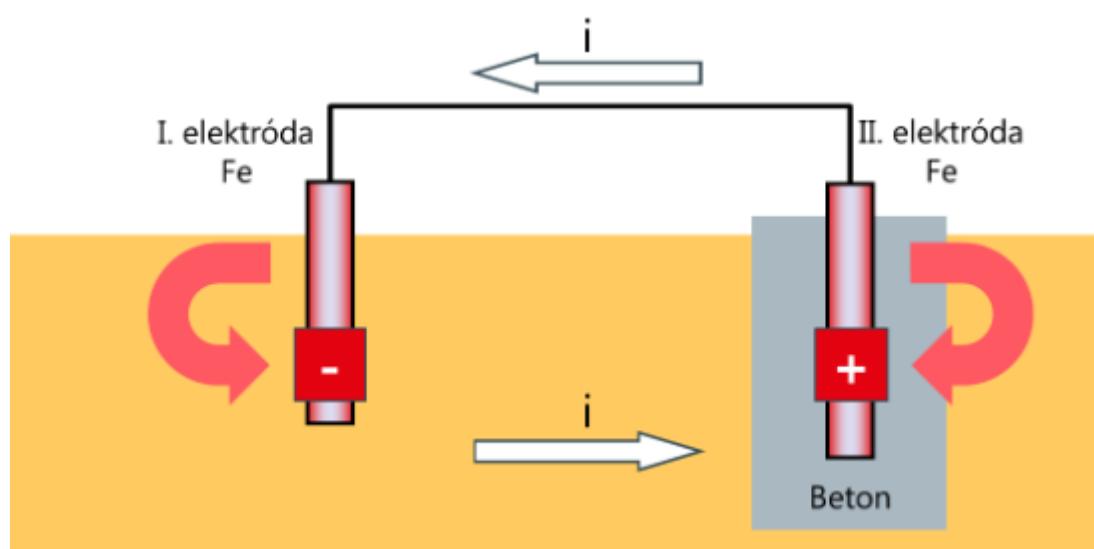
A föld alatti illesztéseket szükséges korrózióvédő anyaggal bevonni, hiszen a kapcsok meghúzásakor a horgany megsérülhet, ezáltal nem lesz meg a szabványban előírt minimális szükséges vastagsága. Így el tud indulni a korrózió. Az alkalmazandó korrózióvédő szalag anyaga petróleum. 10 m-es kiszerelésben kapható.



Ábra: korrózióvédő szalag [16]

4.3.1 Korrózió elleni védelem

A földelő elektródákat betonba ágyazva helyezzük el. Ebben az esetben megfelelő beton minőség esetén 5 cm betontakarás megfelelő korrózióvédelmet biztosít. A betonba helyezett betonvas szinte azonos galvanikus potenciállal rendelkezik, mint a réz nedves talajban. Abban az esetben, ha a talajban elhelyezett horganyzott acélt nagy felületű betonban lévő vassal kötjük össze, akkor köztük hozzávetőlegesen 1 V-os galvánpotenciál különbség alakul ki. Ez áramot hajt a nedves talajon keresztül. Ennek a hatásnak a következtében a talajban lévő acél ionjai a betonban lévő acél felé vándorolnak. Ennek következtében a talajban lévő acél igen gyorsan elfogy. Ez ellen a hatás ellen, úgy lehet védekezni, hogy a talajban elhelyezett földelő anyagként rozsdamentes acélt, rezet, vagy rézbetonvas acélt kell választani.



Ábra: korrodáló hatás [19]

4.4 „s” biztonsági távolság számítás az MSZ EN 62305-3:2011 szerint

A villámvédelmi rendszer, valamint a napelemes rendszer között „s” biztonsági távolságot mindig figyelembe kell venni. A külső villámvédelmi rendszert érő villámcsapás esetén nem áll rendelkezésre megfelelő távolság, akkor ellenőrizetlen átütések jönnek létre, amelyek akár tüzet is okozhatnak, illetve károsíthatják az elektromos berendezéseket. A biztonsági távolság akkor megfelelő, ha a felfogó vagy levezető villamos elszigetelése a szerkezeti fémrészekről és a belső rendszerektől, amikor „d” távolság nagyobb az „s” biztonsági távolságnál. Elszigetelt villámvédelmi rendszer tervezésekor mindig kell ilyen számításokat végezni.

Kiszámítása a következő képlet segítségével történik [9]:

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

Villámvédelmi fokozat	k_i
I	0,08
II	0,06
III és IV	0,04

Ábra: Külső villámvédelmi rendszer elszigetelése. A k_i tényező értékei

A levezetők száma „n”	k_c
1	1
2	1-0,5
4 és több	1-1/n

Ábra: A k_c tényező értékei

Anyag	k_m
Levegő	1
Beton, tégl	0,5
Szigetelőanyag (gyártó által megadott érték)	0,7

Ábra: k_m tényező értékei

l: a biztonsági távolság szempontjából figyelembe vett pont és a legközelebbi EPH-pont között, a felfogó vagy a levezető mentén mért hosszúság méterben.

A tervezett erőműre a számítás a következőképpen alakul elszigetelt rendszer esetében:

- k_i értéke az LPS III fokozatnak megfelelően 0,04
- k_c értéke a nagyszámú levezetők miatt $1-1/n$ az az $1-1/15$ tehát 0,933
- k_m értéke két féle lehet ennél a villámvédelmi rendszerénél:
 - ha csak levegőt vesszük figyelembe 1
 - amennyiben a többi szigetelőt is úgy 0,7
- l értéke 3 méter

Számítás amennyiben a szigetelő a levegő:

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l = 0,04 \frac{0,933}{1} 3 = 0,1119m$$

Számítás amennyiben a szigetelő a távtartó rúd anyaga:

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} l = 0,04 \frac{0,933}{0,7} 3 = 0,1599m$$

Tehát a számítás eredményeként a szükséges maximális védőtávolság a felfogó rendszer és a napelemmodul tartószerkezete körül kerekítve 16 cm. Természetesen ehhez a kialakítás miatt a korábban választott távtartó szükséges, hogy a felfogatási ponttól számítva a tartószerkezet és a vezető között minden esetben lehessen tartani ezt a szükséges távolságot.

4.5 Érintési- és lépésfeszültség ellen

A villámvédelmi kockázatelemzés eredménye, hogy az emberi élet elvesztésének kockázata az elfogadható kockázati szinten van, ennek ellenére javasolt az érintési- és lépésfeszültség elleni intézkedés. Ilyen lehet például, hogy kerítés kapunál figyelmeztető táblát, helyeznek el, miszerint: „Figyelem! Zivatar esetén a transzformátor állomások és a napelemez mező 3 m-es környezetében tartózkodni tilos!”



Ábra: Figyelmeztető tábla érintési- és lépésfeszültség elleni védekezéshez

4.5 Belső villámvédelem tervezése

Általánosan, ha napelemes rendszereknél túlfeszültség védelmet kell tervezni, akkor a főelosztó szekrényénél túlfeszültség védelmi készüléket szükséges elhelyezni. Ennek fő feladata a villámvédelmi potenciálkiegyenlítés, amely megakadályozza az ellenőrizetlen átütéseket, villamos ív kialakulását, tehát megelőzi egy esetleges tűz kialakulását. [21] A DIN EN 62035-3 nemzetközi melléklet 5. fejezete foglalkozik naperőművek túlfeszültség védelmével. Ott lehet az ábrát megtekinteni, hogyan kell eljárni a tervezés során.

A megfelelő túlfeszültség korlátozó eszköz kiválasztása a következő kiválasztási mátrix segítségével történik.

Villámvédelmi rendszer	a	Napelem modul, DC	Inverter DC oldal	b	Inverter AC oldal	Hálózati csatlakozási pont
Van „s” biztonsági távolság nem OK	< 10 m	–	1. típus	< 10 m	–	1. típus
	> 10 m	1. típus	1. típus	> 10 m	1. típus	1. típus
Van „s” biztonsági távolság OK	< 10 m	–	2. típus	< 10 m	–	1. típus
	> 10 m	2. típus	2. típus	> 10 m	2. típus	1. típus
Nincs	< 10 m	–	2. típus	< 10 m	–	2. típus*
	> 10 m	2. típus	2. típus	> 10 m	2. típus	2. típus*

Ábra: Túlfeszültség-védelmi eszköz kiválasztási táblázat [20]

Abban az esetben 1. típusú túlfeszültség-védelmi készüléket kell választani, ha:

- villámvédelmi rendszerrel rendelkezik az épület,
- a villamosenergia-ellátás szabadvezetékes csatlakozású,
- a tetőn van antenna,
- a szomszédos épületek valamelyikén van villámvédelmi rendszer kialakítva.

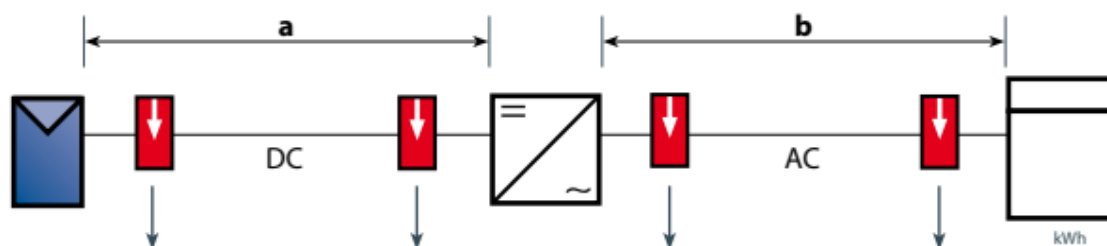
A hálózati csatlakozási pontnál csak abban az esetben elegendő 2. típusú villámvédelmi eszköz (azonban még ebben az esetben is javasolt az 1. típusú védőkészülék), ha nincs villámvédelmi rendszer telepítve és a fent felsorolt feltételek a szomszédos épületeknél sem állnak fenn. Minden egyéb esetben legalább 1. típusú szükséges, hiszen ebben az esetben azt feltételezzük, hogy az épületen belül található csatlakozási pontra csak a csatlakozó vezetéken keresztül érkezik a túlfeszültség. A napelemes rendszerek esetében a távolság az inverter és a csatlakozási pont között gyakorlatilag minden esetben meghaladja a 10 métert. A távvezeték elmélet értelmében, ha a távolság meghaladja a 10 métert, azt kell feltételezni, hogy az elindult hullám, ami 1,5 kV visszaverődhet. Amennyiben két hullám összeütközik akkor összeadódnak. Ezt azt jelenti, hogy 3 kV is megjelenhet, amely terhelést már nem bírja ki az inverter. Ugyanis az inverterek lökfeszültség tűrése jellemzően 3 kV alatti érték. Ezt az adatot az adatlapjaikon

szokták feltüntetni. Ennek értelmében szükséges megismételni a védelmet az inverter AC oldalán. Amennyiben az „s” biztonsági távolságot nem lehet betartani, úgy szükség van 1. típusú eszközre. Minden egyéb esetben elegendő a 2. típusú védelem.

Az inverter DC oldalán amennyiben nem lehet betartani a védőtávolságot 1. típusú készülék szükséges, hiszen villám-részáramot vezethet a vezeték. Minden egyéb esetben megfelelő a 2. es típus. A DC vezetéken szintén csak akkor szükséges megismételni a védelmeket, amennyiben a vezeték hossza meghaladja a 10 métert a napelem modulig. Amennyiben meghaladja csak abban az esetben szükséges 1. típus, ha nem tartható a biztonsági távolságok. Egyéb esetben akkor is elég a 2. típus, ha nincs villámvédelmi rendszer kialakítva. A DC oldalon 4 kV [20] tudnak ezek az eszközök lekorlátozni. A napelemmodulok ezt a terhelést még kibírják károsodás nélkül, de erről tudomásom szerint nincs publikáció és az adatlapjuk sem tartalmazza a lökőfeszültség állóságukat.

Általános napelemes rendszernél az alábbi koncepciót követjük:

- „a” távolság napelem modul és az inverter közötti távolság
- „b” távolság az inverter és a hálózati tápellátás közötti távolság



Ábra: Túlfeszültség-védelem kiválasztása napelemes rendszernél általános útmutatás alapján [20]

4.5.1 Villámáram-eloszlás

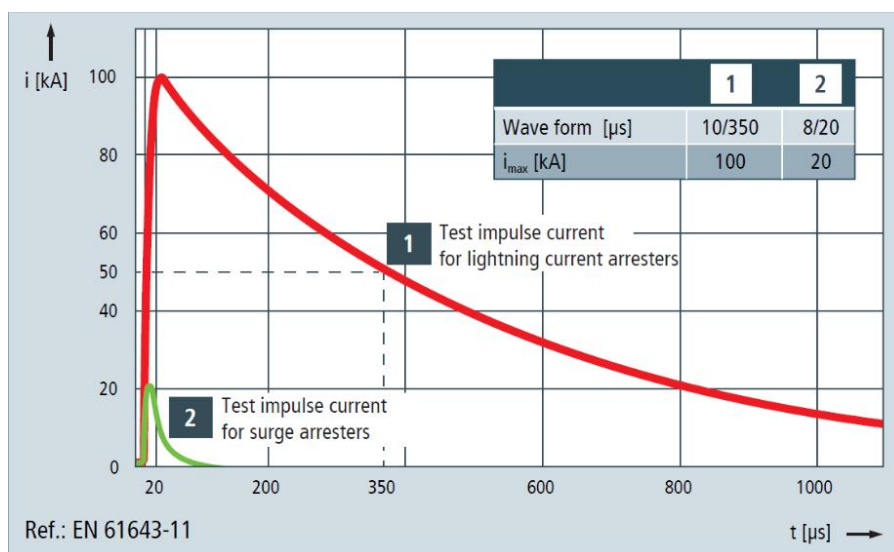
A túlfeszültség-védelmi eszközök tervezéséhez Németországban kiadtak a szabvány kiegészítéséhez egy nemzetközi mellékletet. [9] [18] A mellékletben számítógépes szimulációval elemzik a lehetséges villámáram eloszlásokat. Ehhez a modellben szükséges felvenni a teljes felfogó, levezető, földelő rendszert. Két lehetséges eset kell vizsgálnunk.

- I. eset - 50 m történik a villámcsapás – ilyenkor a teljes áram töredéke jelenik meg a vezetékeken
- II. eset - 10 m történik akkor 5 kA jelenik meg

Átlagos földelőrendszer esetében 10 Ohm földelési ellenállás esetén azt feltételezzük, hogy a villámáram 50 % a föld felé folyik el. Az 50 % pedig eloszlik egyenlően a vezetékek között, ahogyan a 4. fejezetben szereplő ábrán is látható. Egy napelemes rendszer esetében azonban sokkal jobb földelő ellenállás értéket tudunk elérni, ami egy nagyságrenddel jobb, tehát 1 Ohm hiszen a földelő vezető rendkívül nagy területen terül el. Így azt mondhatjuk, hogy a villámáram akár 80% a föld felé folyik el és csupán a maradék 20 % jelenik meg a vezetékeken.

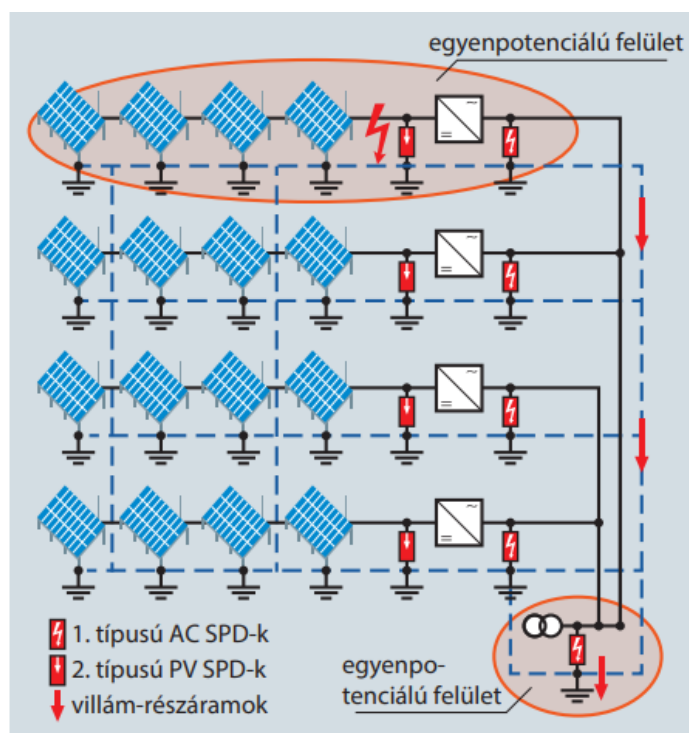
200 kA esetén, ami feltételezett legmagasabb villámáram 50-50 % esetén 12,5 % fog a villámáramnak megjelenni a vezetékeken ez 25 kA-t jelent. 80-20 % esetében a feltételezett jobb földelő ellenállás esetében, pedig csupán a villámáram 5 %-a ez 10 kA-t jelent. Az alábbiak alapján meg tudjuk határozni a túlfeszültséglevezető berendezéseket érő terhelést, így ki tudjuk majd választani a megfelelő eszközöket.

A szabvány két hullámalakot különböztet meg. A védelmi berendezések kialakítása is ennek megfelelően történik.



Ábra: Impulzusáramok vizsgálata villámáram- és túlfeszültség-levezetőkhöz [15]

4.5.2. Napelemes erőművek decentralizált sztringinver-terre



Ábra: Napelemes rendszer túlfeszültség védelmének kialakítása [15]

Napelemes erőmű decentralizált sztringinveres kialakítású. Ahogyan ezt korábban 3.3 fejezetben említettem. Ebben az esetben az erősáramú vezetékezés potenciálkiegyenlítő hálózatként is működik. Összeköti a napelemes rendszer helyi földpotenciálját a transzformátor állomás távoli földpotenciáljával.

Külső villámvédelmi rendszer határozza meg, hogy milyen túlfeszültség-védelmi koncepció szükséges:

- I. Nem elszigetelt
- II. Elszigetelt

Elszigetelt rendszer esetén (II). a tervezett erőműnél a biztonsági távolság minden esetben betartható és van villámvédelmi rendszer is kialakítva. Ennek értelmében azt feltételezzük, hogy a csatlakozó vezetéken villám-részáram jelenhet meg az épület felől. A napelem modulok felől, mivel védett térben vannak nem érheti közvetlen villámcsapás, de hiszen a csatlakozó vezetéken számíthatunk villám-részáramra így szükséges az 1.típusú védelem beépítése. A távolságok miatt az AC és a DC oldalon is szükséges a védelmeket megismételni. Ennek értelmében a szükséges védelmi eszközök a következőképpen alakulnak:

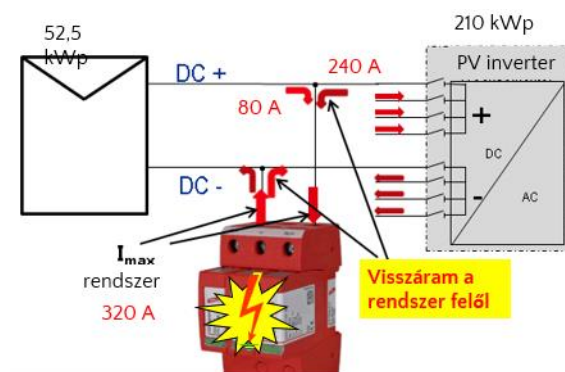
1. A csatlakozási pontnál 1. típusú védelmet szükséges beépíteni

2. Az inverter AC oldalán 2. típusú védelmet szükséges beépíteni
3. Az inverter DC oldalán 2. típusú védelmet szükséges beépíteni
4. A Napelem modul DC csatlakozásánál szintén 2. típusú védelmet szükséges beépíteni

A megfelelő eszköz kiválasztását további fontos szempontok befolyásolják napeleemes rendszernél:

- rendszer feszültség szintje,
- villám lököáram vagy névleges levezetőképesség nagysága,
- zárlati áram nagysága,
- IP védettségi szintje.

A rendszerben található egyes sztringek maximális feszültség szintje nagymértékben befolyásolja az eszköz kiválasztását, ugyanis az eszközöket bizonyos feszültség szintekhez gyártják le. Így könnyen előfordulhat, hogy az egyéb paraméterei alapján megfelelő eszköz a helyi sztring kialakítások miatt nem megfelelő. Nem bírná ki a maximálisan előforduló feszültséget. Ez az eszköz károsodásához vezet. A várható legnagyobb lököáram nagysága, valamint a zárlati áram nagysága, szintén olyan szempont, amire a készüléket kiválasztani kell, annak érdekében, hogy képes legyen például megszakítani a várható legnagyobb zárlati áramot is. Hiszen DC oldalon például az „Y” kapcsolásnak köszönhetően az eszköznek villámcsapás esetén meg kell tudnia szakítani a zárlati áramot. Az eszköz IP védettségi szintje mutatja meg számunkra, azt a jellemzőjét, hogy a készülék mennyire ellenálló önmagában a környezeti hatásoknak.: pornak és víznek. Amennyiben, olyan eszközt választunk, ami nem képes ezeknek ellenállni akkor szükséges további védő dobozok telepítése, annak érdekében, hogy védjük őket, ellenkező esetben üzemeltetési problémákat, üzemzavarokat fog okozni.



Ábra: Maximális független zárlati áram a beépítés helyén [22]

A kiválasztott eszköz paraméterei a következők:

- Legnagyobb rendszer feszültség 1000 V.
- A teljes levezetési áram 8/20 μ s hullámalak esetén 40 kA.
- Védelmi szint 4 kV.
- Kültéri védelmi fokozata IP 65, hiszen a napelem sorok között kültéren helyezük el így ellent kell álljon az időjárási viszonyoknak is.
- Az eszköznek meg kell felelnie az MSZ EN 50539-11 szabványnak.

Az inverter AC oldalára javasolt eszköz 2. típusú védelmi eszköz:

- Villám lököáram 8/20 μ s hullámalak esetén 40 kA .
- Védelmi szint 1,5 kV.
- Az eszköznek meg kell felelnie az MSZ EN 61643-11:2013 szabványnak.

Egy elszigetelt rendszer esetében a napelem modulok védett térben vannak elhelyezve és azt feltételezzük a megfelelően betartott biztonsági távolságoknak köszönhetően, hogy a vezetékeken nem jelenhetnek meg villám részáramok. Tehát, a védelmeknek kisebb maximális lököáram terhelésnek kell ellenállniuk, mint a nem elszigetelt rendszereknél.

Nem elszigetelt rendszerénél figyelembe véve a lehetséges villámáram irányokat, forgatókönyveket:

- villámcsapás érheti a napelemes mezőt, és villám-részáram jelenhet meg a DC kábelén, ezért az inverter AC- és DC-oldalára legalább 1. típusú védőkészülék szükséges.
- a transzformátor épületnél kétféleképpen fordulhat elő villámáram, ha a épület és napelem mező közötti vezetékek védett térben vannak:
 - elosztóhálózat csatlakozóvezetékéről érkező villámáram
 - épületet érő villámcsapás esetén

A fentiek alapján nem elszigetelt rendszerénél a következő koncepciót kell követni:

1. A csatlakozási pontnál 1. típusú védelmet szükséges beépíteni
2. Az inverter AC oldalán legalább 1. típusú védelmet szükséges beépíteni

3. Az inverter DC oldalán legalább 1. típusú védelmet szükséges beépíteni

4. A Napelem modul DC szakaszain, ami meghaladja a 10 m-t, ott szintén legalább 1. típusú védelmet szükséges beépíteni

4.5.3. Speciális túlfeszültség-védelmi eszközök napelemes rendszerek egyenáramú (DC) oldalára

A napelemes rendszerek egyenáramú oldalán speciális követelményeknek megfelelő túlfeszültség-védelmi eszközök szükségesek, hiszen a kialakuló DC villamos ív jelentősen eltérően viselkedik. Az alkalmazandó eszközöknek meg kell felelniük a DIN EN 62305-3 szabvány 5. nemzetközi mellékletének. A szabványalkotásnál elvégzett szimulációk eredményei azt mutatják, hogy a vezetékekbe vezetett villámrészáramok nagysága és amplitúdója nem csak a levezetők számától függ, hanem a túlfeszültség-védelmi eszközök impedanciáját is figyelembe kell venni. A túlfeszültség-védelmi eszközön keresztül a DC vezetékezésbe befolyó villámrészáramra jellemző az impulzus hullámalak rövidülése. A megfelelő eszköz kiválasztásánál figyelembe kell venni a fellépő lököáram áramcsúcsértékét valamint a lököimpulzus töltésmennyiségét. Ezeket az összefüggéseket a DIN EN 62305-4 szabvány [18] mutatja be.

Alapvetően két különböző működési elvű megszakítót használunk:

- Feszültség határoló varisztoros túlfeszültség védelmi eszköz
- Feszültségre kapcsoló szikraközös túlfeszültség védelmi eszköz

A megfelelő készülék kiválasztásához figyelembe kell venni a feltételezhető legnagyobb lököáramot 8/10 μ s és a 10/350 μ s villám-részáramokat is. Ez biztosítja azt, hogy a túlfeszültség-védelmi eszköz képes legyen a villámrészáramok töltés mennyiségét is levezetni. Az ilyen eszköz kombinált villámáram levezető hibatűrő „Y” kapcsolással rendelkezik. Az eszköz varisztorral párhuzamos ágában olvadóbiztosító van beépítve. Ennek az az oka, hogy amikor a megszakító működésbe lép és oltja az egyenáramú ívet egy zárlat keletkezik, amit az olvadóbiztosító szakít meg és ezzel biztonságos állapotba hozza a teljes egységet. Erre, azért van szükség mert a napelem modul termelése ez idő alatt is folyamatos.



Ábra: DC ív megszakítása túlfeszültség-védelmi eszközön belül [15]

5. GAZDASÁGI RÉSZ

Egy napelemes erőműnek a teljes életciklusa alatt nem csupán a telepítésénél kell számolnunk költségekkel, hanem az üzemeltetése alatt is, valamint az üzem idejének végén az elbontási és újrahasznosítási költségeket is figyelembe kell venni a megtérülésnél. A megtérülés számításához más néven ROI (Return of Investment) ismernünk kell elsősorban a beruházás költségeit. Ezt a tervezési fázis (tervezői költségvetési kiírás) után elég közeli értékkel meg lehet becsülni vagy akár az egyes szakágak munkáinak megpályáztatása után pontosan összegezhethetjük. Az üzemeltetési költségek elsődlegesen a szükséges karbantartásokból, valamint az amortizációból tevődnek össze. A szükséges ciklikus karbantartások kiszámítása az idő előrehaladtával a munkabér igény változásával együtt is kiszámolható a trendek alapján. A természetes amortizáció kiszámítása is lehetséges egy közelítő értékkel, ami az eszközök általános meghibásodási százalékából következtethető ki. Továbbá a napelem modulok termelésének a csökkenését szintén számításba kell venni. Egy német tanulmány szerint [26] 30 évvel ezelőtt gyártott napelem modulok a névleges teljesítményük 70-80 %-át képesek leadni. Ez a szám a korai napelemekhez képest igen jó aránynak számít. Ehhez képest a mostani napelemek a gyártás technológiai optimalizálásnak köszönhetően például vékonyabb fedőréteggel rendelkeznek, ezáltal olcsóbb az előállításuk, ugyanakkor ez a minőségük rovására is mehet. Erre jelenleg nem rendelkezünk megfelelő információval. Az elbontás és újrahasznosítás költségeit ilyen módon szintén meg tudjuk becsülni. Ezt követően mikor minden várható kiadásunkkal tisztában vagyunk, következhet a várható bevételeink számbavétele. Egy napelemes rendszer esetében az elhelyezkedés alapján a napsütötte órák számából, valamint a rendszer méretéből meg tudjuk becsülni várhatóan mennyi villamos energiát fog az erőmű megtermelni. Annak az értékesítését követően megkapjuk a várható bevételeinket. A várható bevételekből és a várható költségekből meg tudjuk tehát határozni a megtérülést. Ez minden beruházásnál kulcs fontosságú kérdés, hiszen, ha egy beruházás nem térül meg akkor várhatóan nem is kerül kivitelezésre. Az említett számítások alapjául olyan adatok szolgálnak leginkább amik a gyártók közölnek a meghibásodásokról. Az előre nem megjósolható károkkal nem tudnak kalkulálni. A témafelvetésben számolt 20 éves üzemidő alatt egy ekkora naperőmű várhatóan 6 villámcsapás éri. Azt, hogy hol vagy, hogy milyen károkat jelent előre nem lehet felbecsülni.

I. Eset:

Tegyük fel abban az esetben, ha nincs kiépített villámvédelem és villámcsapás éri a modulokat. Akkor nem csupán a cserélendő eszközök költsége terheli majd a megtérülést, hanem:

- A kiesett haszon, ami abból ered, hogy olyankor akár részlegesen vagy akár teljesen kiesik a termelésből az erőmű. Ez a helyreállítás teljes időtartamára fennáll.
- A meghibásodott napelemodulok, inverterek egyéb eszközök beszerzésének a költségén túl a beszerzés ideje és helyreállítás ide szintén hozzáadódik. Jelenleg akadozó ellátási láncok, valamint egy esetleges termék kivezetése szintén megnehezíti vagy akár ellehetetleníti a pótlást.

Villámvédelmi rendszer megtérülés számításának forgatókönyve az alábbiak szerint alakul:

Tételezzük fel, hogy a beruházás 1 milliárd Ft-ba került. (ez jó közelítés egy ekkora rendszernél)

A napelem modulok ezt az összeget hozzávetőlegesen 12 év alatt termelik ki.

Védelmek nélkül egy villámcsapás hozzávetőlegesen 15 millió forint kárt okoz, ami a következő tételekből tevődik össze:

- Villámcsapást követő helyszíni kiszállás költsége karbantartóknak. veszélyforrások megszüntetése, kár felmérése

- Kiesett termelés a villámcsapástól a helyreállításig

- Anyagok beszerzésének és helyszínre szállításának költsége

- A helyreállítás költsége részleges leállással és munka költséggel

- Felülvizsgálati költségek – egyéb rejtett hibák feltárása, valamint elkészült új napelemek műszaki átadása

A maximális üzemid alatt számítható villámtalálatok száma alapján ez a költség $15 * 6$ az az 180 millió forint, amivel nem tudott kalkulálni a befektető. Ez azt jelenti, hogy a megtérülést villámvédelmi rendszer nélkül további **2,16** évvel kitolódik. Tehát összesen 14,16 év lesz.

II. Eset:

Abban az esetben, ha nem elszigetelt villámvédelemmel rendelkezik a napelemes mező, akkor az eszközök pótlása szintén az imént említett problémákba ütközhet. Viszont a teljes meghibásodott eszközök száma és a cserével járó költségvonzat hozzávetőlegesen az 1/3 az első esetnek.

Ebben az esetben a helyreállítás menete szinte ugyanolyan a különbség a károk mennyiségében rejlik. Ilyen módon a helyreállítása a kiesett idő nagysága szintén lerövidül így a tapasztalatok alapján 1/3 részre csökkenthető. Ez azt jelenti, hogy ebben az esetben viszont már van beruházási költség, ami a tételes anyagjegyzék alapján nem elszigetelt rendszerre 38 millió forint.

Tehát a beruházás költsége nőtt viszont a kiesés csökken. Ennek következtében a módosult megtérülési idő 13,35 év

III. Eset:

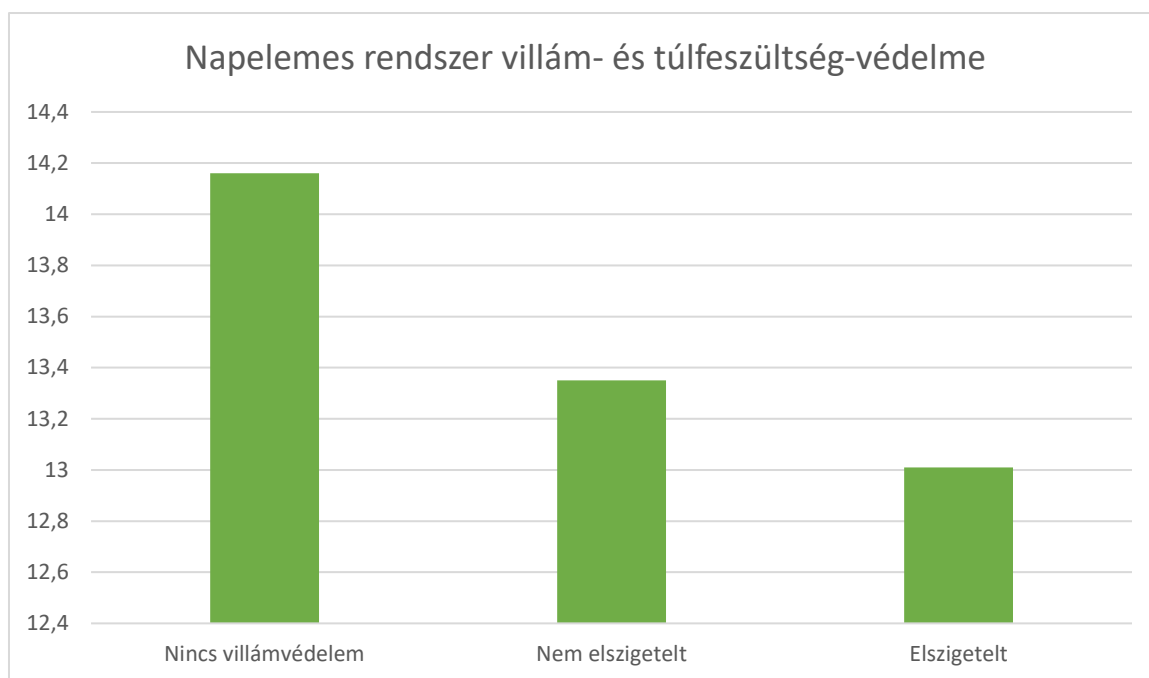
Abban az esetben, ha elszigetelt villámvédelmi rendszert építünk ki. Akkor tudjuk a károkat a lehető legminimálisabb szintre csökkenteni. Ilyen módon az I. esetnek akár 1/8-ra is akár.

A várható megtérülés szempontjából amennyiben elvégzünk egy számítást a villámvédelmi rendszer telepítésének költségvonzatáról, valamint a vele elkerülhető károk mérsékléséről. Akkor láthatóvá válik, hogy valójában a villámvédelmi rendszer a ROI-t a beruházás szakaszában kijebbi tolja, de a biztonsági szint növelésével és az elhárított villámkárok meg nem fizetésével pedig valójában lecsökkenti a számunkra.

Amennyiben a tervezett üzemidő alatt az erőmű akár több alkalommal is villámcsapást szenved el és nincs kiépített villámvédelem akkor nagy eséllyel a megtérülés soha nem fog bekövetkezni. Még kritikusabb esetben a beruházónak akár nem lesz módjában az erőművet újra termelőképes állapotra visszaállítani.

Az teljesen elszigetelt rendszer esetében a számítás menete megegyezik az előző esettel így a megtérülés 13,01 év lesz.

Látható, hogy a villámvédelem kiépítése majdnem 2 évvel tudja lerövidíteni a teljes megtérülésünket.



A villámvédelmi kockázatelemzés nem különbözteti meg a gazdasági számításnál, hogy a villámvédelmi rendszer az elszigetelt vagy nem elszigetelt.

ÖSSZEGZÉS

Munkám során sok már termelésben lévő napelemes erőművet kellett bejárjak a biztonsági rendszerek fejlesztése céljából. Sok esetben tapasztalható a villámvédelem hiánya. Így tehát dolgozatomban célul tűztem ki ennek a lehetséges okainak a feltárását azáltal, hogy megtervezem egy erőműnek a villámvédelmi rendszerét. Legalább is minden részletre és szabályozásra való tekintettel. Választ keresve arra a kérdésre, hogy lehet-e nélkülözni egyáltalán a villámvédelmet.

A jogszabályok és irodalmak áttekintése rávilágított arra, hogy a villámvédelem telepítése egyáltalán nem egy önkéntesen vállalható biztonsági rendszer, hanem szabályozott sok esetben kötelezően létesítendő védelem. Ilyen kötelezettségek például a tűzvédelmi műszaki irányelvben megfogalmazott rendelkezések a tűz kialakulásának kockázatáról és annak megakadályozásáról szólnak. Ezek a szabályozások egyértelműen kimondják, hogy az emberi élet védelme érdekében kötelesek vagyunk erről gondoskodni. Az elvégzett kockázatelemzés is rávilágított arra, hogy a felmerülő kockázatok nagysága sok esetben csupán villámvédelmi intézkedésekkel csökkenthetők az elvárt minimum biztonsági szint alá. Többek között arra is, hogy a napelemes erőmű mivel részét képezi a villamos energiarendszernek, így közműnek minősül. Ezért a közszolgáltatás kiesése ellen minden esetben szükséges védelmeket telepíteni, hogy megakadályozhassuk egy villámcsapás által okozott kimaradást például. Gazdasági szempontból egy beruházónak véleményem szerint jól felfogott érdeke kell legyen olyan védelem beépítése, ami a kockázatot minimalizálja. Nem csupán az elmaradt haszon és a megtérülés veszélyeztetése miatt, hanem a szolgáltatói szerződésben vállalt kötelezettségei miatt is. A rendszer tervezését annak anyagkiírását két különböző felépítésű villámvédelmi rendszerre is elvégeztem. Természetesen egy új építésnél és valójában minden esetben törekedni kell a teljesen elszigetelt villámvédelem kiépítésére. Értelemszerűen a bekerülési költsége mindig magasabb lesz az alkalmazandó szigetelőknél köszönhetően, viszont magasabb védelmi szintet érhetünk el vele. Szinte teljesen kizárhatjuk az ellenőrizetlen villámáram lefolyásokat.

Megfelelő szakszerű villámvédelmi rendszer kiépítése esetén biztosak lehetünk abban, hogy mindent megtettünk a beruházás védelme érdekében. Amely egyúttal kiterjed a ROI-re és az emberi élet védelmére is egyaránt.

SUMMARY

In my thesis, I have had to visit many solar power plants that are already in production in order to develop safety systems. In many cases, there is a lack of lightning protection. Thus, in my diplomawork, I aimed to explore the possible causes of this by designing a lightning protection system for a photovoltaic power plant. At least in terms of every detail and regulation. Looking for an answer to the question of whether lightning protection can be lacking at all.

A review of the legislation and literature has shown that the installation of lightning protection is by no means a voluntary security system, but a regulated protection that is mandatory in many cases. Such obligations include for example the provisions of the Fire Protection Technical Directive on the risk and prevention of fire. These regulations make it clear that we have a duty to ensure this in order to protect human life. The performed risk analysis also revealed that in many cases the magnitude of the emerging risks can only be reduced below the required minimum level of safety by lightning protection measures. Among other things, the fact that the solar power plant is part of the electricity system therefore qualifies as an utility. Therefore, it is always necessary to install protections against the loss of a public service in order to prevent an outage caused by a lightning strike for example. From an economic point of view, an investor must have a well-conceived interest in incorporating protection that minimizes risk. Not only because of the risk of loss of profit and return, but also because of its obligations under the service contract. I also designed the system for two lightning protection systems with different constructions (isolated and non-isolated). Of course in a new construction and, in fact, in all cases, efforts must be made to build a completely isolated lightning protection. By definition, the cost will always be higher due to the insulators used, but a higher level of protection can be achieved with it. Uncontrolled lightning current leaks can be ruled out almost completely.

With the right professional lightning protection system in place, we can be sure that we have done everything we can to protect our investment. Which also covers ROI and the protection of human life.

IRODALOM JEGYZÉK

- [1] Nukleáris Világszövetség – Fukushima Daiichi baleset - A. Komori, A Fukushima Daiichi NP állomás jelenlegi helyzete és jövője, Nukleáris Világszövetség 2015 Szimpózium előadása
- [2] Nukleáris Világszövetség – Chernobyl Accident 1986
- [3] A NÉMET ENERGIAÁTMENET KÖNYVE -07/2017
- [4] Forrás: www.dehn.hu - Földre telepített napelemes rendszer, külső villámvédelmi rendszer - letöltés dátuma: 2021.11.23
- [5] TvMI 7.4:2020.01.22. 74.oldal 25. ábra villámsűrűség térkép
- [6] 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról
- [7] 54/2014. (XII). 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról XIII. fejezet
- [8] Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság -Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Villamos berendezések, villám és elektrosztatikus feltöltődés elleni védelem -Dr. Góra Zoltán tűzoltó vezérőrnagy
- [9] MSZ EN 62305-3:2011 Villámvédelem. 3. rész: Építmények fizikai károsodása és életveszély (IEC 62305-3:2010, módosítva)
- [10] Elosztói szabályzat - Az elosztó hálózathoz való hozzáférés együttműködési szabályai MELLÉKLETEK 14. számú módosítás - Budapest, 2020. október 30.
- [11] Védelmi és irányítástechnikai fórum 2019. május 28-30 Fotovoltaikus Erőművek Tervezése Hegyaljai László előadása
- [12] Villámáram-levezetők tervezési és beépítési szabályai – villámáram-eloszlás (IV) - február 27, 2018
- [13] LIGHTNING PROTECTION GUIDE 3rd updated Edition - ISBN 978-3-9813770-1-9 V. fejezet
- [14] Magyar Mérnöki Kamara ELEKTROTECHNIKAI TAGOZAT – Villámvédelem 3. Változások a túlfeszültség védelemben: szabványi változások – 2019. március 6.
- [14] Kép forrása: Földre telepített napelemes rendszer, külső villámvédelmi rendszer II. letöltés dátuma: 2021.11.23

- [15] Védelmi javaslat Földre telepített napelemes erőművek villá- és túlfeszültség védelme - den.hu
- [16] DEHN Villámvédelmi eszközök katalógus
- [17] Szélsebességi adatok Magyarország 2021 -
https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/historyclimate/weatherarchive/szeged_magyarorsz%C3%A1g_715429
- [18] DIN EN 62305-4 1. kiegészítés (VDE 0185305-4 1. melléklet) - Villámvédelem -4. rész: Villamos és elektronikus rendszerek szerkezetekben -1. melléklet: A villámáram elosztása
- [19] Magyar Mérnöke Kamara Villámvédelemben használható anyagok és kötőelemek -Dr. Kovács Károly 2016.11
- [20] Kiválasztási mátrix – túlfeszültség-védelem napelemes rendszerekhez
- [21] Magyar Mérnöke Kamara – Napelemes rendszerek villám- és túlfeszültség-védelme
 Külső villámvédelem - Dr. Kovács Károly 2016.10.26 előadás
- [22] Villanyszerelő konferencia napelemes rendszerek villám és túlfeszültség védelme – új követelmények Dr. Kovács Károly előadása - 2014
- [23] Magyar Mérnöki Kamara ELEKTROTECHNIKAI TAGOZAT Villámvédelmi vizsgára felkészítő tanf. 2015 - „s” biztonsági távolság számítása
- [24] MAGYAR MÉRNÖKI KAMARA TERVDOKUMENTÁCIÓK TARTALMI ÉS FORMAI KÖVETELMÉNYEINEK SZABÁLYZATA
- [25] Villanyszerelők lapja lapszám:2013 július-augusztus – Meddig működik egy napelemes rendszer?
- [26] Napelemes konferencia, Óbudai Egyetem, 2013

MELLÉKLETEK

Villámvédelmi kockázatelemzés Kérdőív építmények károkockázatainak becsléséhez készült a(z) IEC 62305-2:2010-12 nemzetközi szabvány alapján a(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2:2016.07.01) szabvány nemzeti függelékeinek figyelembevételével

- napelem mező
- transzformátor épület

Villámvédelmi kockázatelemzés készült a(z) IEC 62305-2:2010-12 nemzetközi szabvány alapján a(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) szabvány nemzeti függelékeinek figyelembevételével

- napelem mező
- transzformátor épület

Mellékletek

1. számú melléklet

Villámvédelmi kockázatelemzés Kérdőív építmények károkockázatainak becsléséhez

- transzformátor épület

Dátum: 2021.12.15.

Projekt sz.: 01/070

Villámvédelmi kockázatelemzés

Kérdőív építmények kárkockázatainak becsléséhez

készült a(z)

IEC 62305-2:2010-12

nemzetközi szabvány alapján

a(z)

MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4:2020.01.22)

szabvány nemzeti függelékeinek figyelembe vételével

Villámsűrűség N_g : 1,50 pro km^2 / év

1. Vevőadatok

Cég:

Kapcsolattartó:

Utca:

IRSZ/Város:

Tel.:

Fax:

Mobil:

E-mail:

Internet:

2. Projektadatok

Projekt:

Napelemes rendszer

Projekt száma:

01/070

Kapcsolattartó:

Utca:

IRSZ/Város:

2083 Solymár

Telefon:

Fax:

E-mail:

Megjegyzések:

3. Auswahl der zu betrachtenden Risiken

A kockázatelemzés elején az építmény felhasználási jellegét (rendeltetését) kell figyelembe venni. Ebből származtathatók a figyelembe veendő kockázatok a védendő objektumra. A kockázatelemzés során négy különböző kockázatot különböztetünk meg. Kérem, válassza ki a megfelelőt az alábbi listából:

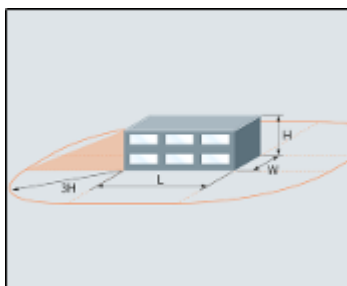
- ☒ R1 - Emberi élet elvesztésének kockázata
- ☒ R2 - Közszolgáltatás kiesésének kockázata
- ☐ R3 - Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztésének kockázata
- ☒ R4 - Gazdasági veszteség kockázata

Több kockázat is kiválasztható. Ez az építmény használati jellegétől (rendeltetésétől) függ (pl. kórház R1 + R4; templom R1 + R3; gáz kompresszorállomás R1 + R2 + R4).

4. Art der baulichen Anlage

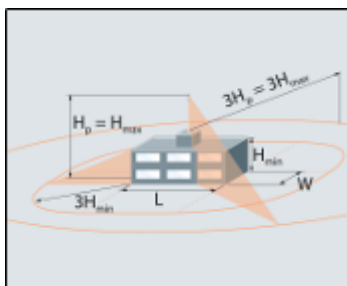
Az építményt érő közvetlen/közvetett villámcsapások gyűjtőterületeinek kiszámításához szükség van az építmény méreteire. Kérem, válassza ki a megfelelőt és adja meg az épületméreteket:

4.1. Einfaches Gebäude



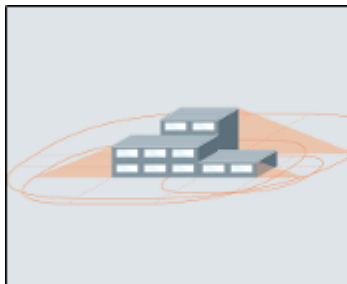
Länge L_b : 8,00 m
 Breite W_b : 4,00 m
 Höhe H_b : 3,00 m

4.2. Gebäude mit hohem Punkt (z.B. Kirchturm, Schornstein, Mobilfunkantenne)



Länge L_b : 8,00 m
 Breite W_b : 4,00 m
 Höhe H_b : 3,00 m
 Höchster Punkt H_{pb} : 0,00 m

4.3. Komplexes Gebäude



A méretekkel és magassági adatokkal ellátott épületrajzokat az építető bocsátja rendelkezésre.

4.4. Az építmény elhelyezkedési tényezője, Cd

Az elhelyezkedési tényező az építményt érő közvetlen villámcsapás lehetőségét írja le. Az értékelési kritérium alapjául a gördülő gömbös eljárást alkalmazzuk. A környezethez viszonyítva azt kell megbecsülni, hogy mekkora a közvetlen villámcsapás valószínűsége (pl. lakóépület magas házakkal körülvéve -> a valószínűség igen csekély; hegyi állomás magashegységben -> valószínűség nagyon nagy). Ha az r sugáron belül ($r = 3 \times \text{épületmagasság}$) nincs további objektum, akkor szabadon álló objektumról van szó. Kérem, válassza ki a megfelelőt:

- ☐ Az objektum nagyobb objektumokkal pl. fákkal van körülvéve
- ☐ Az objektum legfeljebb azonos magasságú objektumokkal, pl. fákkal van körülvéve
- ☒ Magában álló objektum: nincs más objektum a közelben
- ☐ Hegytetőn vagy kiemelkedésen magában álló objektum

4.5. Zonen Eigenschaften

4.5.1. Menschenleben L1

L1tz	Az az időtartam, amíg a személyek az övezetben tartózkodnak (óra/év)
L1nz	Lehetséges veszélyeztetett személyek (áldozatok) száma az övezetben (fő)

4.5.2. Dienstleistungen L2

L2nz	Lehetséges veszélyeztetett személyek / ellátásból kieső személyek száma (fő)
-------------	--

4.5.3. Wirtschaftlichkeit L4

A gazdasági elemzés az objektum költségeinek ismeretében készíthető el. Ehhez a következő adatokra van szükség:

4.5.3.1. Állatok értéke az övezetben, L4ca

Állatok értéke az építményben

L4ca	Állatok értéke az övezetben (Ft)
-------------	----------------------------------

4.5.3.2. Az övezet értéke, L4cb

Az építmény értéke (nyers épület belső rendszerek és berendezés nélkül)

L4cb	Az övezet értéke (Ft)
-------------	------------------------------

4.5.3.3. Az övezetben lévő javak értéke, L4cc

Az építményben lévő javak értéke (berendezési tárgyak)

L4cc	Az övezetben lévő javak értéke (Ft)
-------------	--

4.5.3.4. Az övezetben lévő belső rendszerek értéke (ide értve a funkciójukat is), L4cs

Az építmény belső rendszereinek költsége (minden olyan villamos installációs rendszer és berendezés, amely a villámcsapás közvetlen és közvetett hatásai pl. villám-részáram vagy túlfeszültség következtében károsodhat, vagy tönkremehet).

L4cs	Az övezetben lévő belső rendszerek értéke (ide értve a funkciójukat is) (Ft)
-------------	---

Ha az épület bekerülési költségeihez adatok nem állnak rendelkezésre, kérem, erősítse meg ezt a négyzetbe elhelyezett x-szel:

☐ adatok nem állnak rendelkezésre

4.6. Wirtschaftliche Betrachtung Variante 2

A(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2:2016.07.01) lehetővé teszi, hogy táblázatok alapján az épület hozzávetőleges értékét az épület méretének alapján határozzuk meg. A következő adatokra van szükség:

Milyen fajta létesítményről van szó, és milyen nagyok a helyreállítás költségei? Kérem, válassza ki a megfelelőt:

☒ Ipari létesítmény

☐ Állatokkal

Helyreállítási költségek referenciaértéke:

☐ Alacsony

☐ Normál

☒ Magas

Wie groß ist das Volumen in den Zonen?

	Az övezet térfogata (m³)
--	--

Wie viele Beschäftigte befinden sich in den Zonen?

	Alkalmazottak száma az övezetben (fő)
--	--

5. Versorgungsleitung

A kockázatelemzés során minden, a vizsgált építménybe be- és kimenő csatlakozóvezetékét figyelembe kell venni. A villamosan vezető csöveket nem kell figyelembe venni abban az

esetben, ha ezek az építmény fő földelő sínjével össze vannak kötve. Ha ez az összekötés nincs kialakítva, akkor a villamosan vezető csővezetékeket is figyelembe kell venni a kockázatelemzésben. Minden definiált csatlakozó- vezetékre meg kell adni a szabványos paramétereket, mint például

- vezetékek fajtája (szabadvezeték/földkábel)
- vezetékek hossza (az épületen kívül)
- környezeti tényező
- csatlakozó építmény
- belső kábelezés módja
- legkisebb méretezési lököfeszültség,

amely paraméterek befolyásolják a csatlakozóvezetékkel kapcsolatos építménykockázatokat. Amennyiben a vezetékek hossza nem ismert, akkor a szabvány javaslata alapján a maximális 1000 m-es vezetékhosszal célszerű számolni. A csatlakozóvezeték hosszát definíciószerűen a védendő építmény/objektum belépési pontjától a csatlakozó építményig vagy egy csomópontig mérjük. Csomópont alatt például a villamosenergia-ellátás elosztási pontját (KöF/KiF transzformátor vagy alállomás) értjük, valamint pl. telekommunikációs alközpontot.

5.1. Versorgungsleitungen

5.2. Vezetékek fajtája, Xtyp

Xtyp
Erősáramú csatlakozóvezeték
Telekommunikációs vezeték

5.3. Vezetékek hossza, LL

LL	Vezetékek hossza (m)
----	----------------------

5.4. Installációs tényező, Ci

A csatlakozóvezeték fajtája és tulajdonságai:

Ci
Szabadvezeték
Földkábel
Földkábel hálószerű földelőrendszer alatt

5.5. Környezeti tényező, Ce

A tényező a mindenkor csatlakozóvezeték környezetének árnyékolási tulajdonságait veszi figyelembe. Egy város, például sok magas házzal igen jó elektromágneses árnyékolást biztosít.

Ce
Városi környezet, az épületek 20 m-nél magasabbak
Városi környezet
Elővárosi környezet
Vidéki környezet

5.6. Transzformátor tényező, C_t

Ha közvetlenül a csatlakozóvezeték épületbe történő belépési pontján transzformátor található (az LPZ 0 - LPZ 1 villámvédelmi zónahatár átlépésénél), akkor a transzformátor védelmi intézkedésként is figyelembe vehető.

C_t
Középfeszültségű csatlakozóvezeték (KöF/KiF transzformátorral)
Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték

5.7. Vezeték árnyékolása, X_{shd}

X_{shd} : Az építményen kívüli nyomvonalon vezetett vezetékek a villámcsapás közvetlen és közvetett hatásainak vannak kitéve. Annak érdekében, hogy villámesemény következtében a belső rendszerek kiesésének veszélyét csökkenteni lehessen, az építményen kívül árnyékolt vezetékeket lehet alkalmazni. Azonban ügyelni kell arra, hogy a vezetékek árnyékolása villámáram-vezetőképessé legyen. Az árnyékolást az építménybe való belépési ponton a villámvédelmi potenciálkiegyenlítésbe be kell kötni.

Ha ezek a pontok nem tarthatók be, akkor árnyékolatlan kábelt célszerű választani. A következő kritériumok közül lehet választani:

X_{shd}
Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel
Külső: árnyékolt: $5 \text{ Ohm/km} < \text{árnyékolás-ellenállás (RS)} = 20 \text{ Ohm/km}$
Külső: árnyékolt: $1 \text{ Ohm/km} < \text{árnyékolás-ellenállás (RS)} = 5 \text{ Ohm/km}$
Külső: árnyékolt: árnyékolás-ellenállás (RS) = 1 Ohm/km

5.8. Vezeték csatlakozása, X_{con}

A csatlakozóvezeték kivitele az épületbe való belépési ponton, X_{con} :

Xcon
Nincs különleges feltétel
Többszörösen földelt nullavezető
Árnyékolt földkábeles csatlakozás
Árnyékolt szabadvezetékes csatlakozás
Csatlakozás árnyékolt és földelt vezetékkel
Villámvédelmi kábel vagy kábelcsatorna
Nincs külső csatlakozás (szigetüzemű rendszer)
Csatlakozás szigetelő interfészen keresztül

5.9. Verbundene bauliche Anlage am anderen Ende der Versorgungsleitung

Abban az esetben, ha a csatlakozóvezeték másik végén épület található, akkor ezt a kockázatelemzés során figyelembe kell venni. Az épületméretek mellett az elhelyezkedési tényezőt is értékelni kell.

Hossz
Szélesség
Magasság
A csatlakozó építmény legmagasabb pontja
Komplexes Gebäude: A méretekkel és magassági adatokkal ellátott épületrajzokat az építető bocsátja rendelkezésre.

5.9.1. A csatlakozó építmény elhelyezkedési tényezője, CDJ

CDJ
Az objektum nagyobb objektumokkal pl. fákkal van körülvéve
Az objektum legfeljebb azonos magasságú objektumokkal, pl. fákkal van körülvéve
Magában álló objektum: nincs más objektum a közelben
Hegytetőn vagy kiemelkedésen magában álló objektum

5.10. Koordinált túlfeszültség-védelem, pSPD

A koordinált túlfeszültség-védelem alatt az elektronikus rendszerek védelmét értjük

túlfeszültség-védelmi készülékekkel (SPD - Surge Protective Devices) Ha már vannak beépített védőkészülékek, akkor ezeket a levezetőképességük alapján kell figyelembe venni. A koordinált túlfeszültség-védelem alapját az 1. típusú túlfeszültség-védelmi készülékek jelentik, amelyek az LPL (Lightning Protection Level – villámvédelmi szint) szerinti villámáram-levezetőképesség alapján kerülnek bevizsgálásra.

Válassza ki a megfelelőt az alábbi listából:

pSPD
0 nincs túlfeszültség-védelmi készülék
1 LPL III vagy IV
2 LPL II
3 LPL I
4 jobb, mint LPL I (1,5-szer jobb)
5 jobb, mint LPL I (2-szer jobb)
6 jobb, mint LPL I (3-szor jobb)

Falls keine Zuordnung möglich ist, so beschreiben Sie bitte kurz den Installationsort sowie Gerätetyp:

5.11. Belső vezetékezés módja, KS3

KS₃: A „Belső vezetékezés módja” tényezőn keresztül kerül az épületen belüli vezetékezés módja meghatározásra, a figyelembe veendő csatlakozóvezetéktől kiindulva. Az alábbi módzatok különböztethetők meg:

KS3
0 Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére
1 Árnyékolatlan kábel - van óvintézkedés a nagy hurkok elkerülésére
2 Árnyékolatlan kábel - van óvintézkedés a hurkok elkerülésére
3 Árnyékolt kábel vagy olyan kábel, amely átfogó fémes árnyékolású nyomvonalon halad

5.12. Legkisebb méretezési lökőfeszültség (kV), Uw

A „legkisebb méretezési lökőfeszültség” fogalom az építményben alkalmazott villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára vonatkozik. Az alábbi lehetőségek közül lehet választani:

Uw
0 $U_w \leq 1,0 \text{ kV}$
1 $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$
2 $1,5 \text{ kV} < U_w \leq 2,5 \text{ kV}$
3 $2,5 \text{ kV} < U_w \leq 4,0 \text{ kV}$
4 $U_w > 4,0 \text{ kV}$

6. Maßnahmen zur Verringerung des Schadensrisikos

Védelmi intézkedések segítségével az építmény és az abban lévő javak károkockázata csökkenthető. Ezen kívül, ezen paraméterekkel az épület tulajdonságai is jellemezhetők. Ezáltal fontos részét képezik az elemzésnek.

6.1. Talaj/padló tulajdonságai, r_t

r_t
Mezőgazdasági használatú felület, beton $R \leq 1 \text{ k}\Omega\text{m}$
Márvány, kerámia $R = 1\text{-től } 10 \text{ k}\Omega\text{m-ig}$
Kavics, szőnyegpadló, szőnyegek $R = 10\text{-től } 100 \text{ k}\Omega\text{m-ig}$
Aszfalt, linóleum, fa $R \geq 100 \text{ k}\Omega\text{m}$

6.2. Áramütés elleni védelem (Építményt érő közvetlen villámcsapás), p_{ta}

p_{ta}
Az érintett levezető villamos szigetelése
Hatékony potenciálvezérlés a talajban
Figyelmeztető jelzések
Betonvasalás vagy fém tartószerkezet levezetőként használva

6.3. Áramütés elleni védelem (Csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás), p_{tu}

p_{tu}
Villamos szigetelés
Figyelmeztető jelzések
fizikai korlátok

6.4. Tűzvédelmi intézkedések, r_p

r_p
Nincsenek meglévő intézkedések
Tűzoltó készülék, kézi működtetésű tűzjelző készülék, tűzcsapok, tűzbiztos szakaszok, védett menekülési utak
Automatikus tűzoltó/tűzjelző berendezés

Megjegyzés a 2. választáshoz: (Tűzoltó készülék, kézi működtetési tűzoltó berendezés, stb.): Az R1 kockázat „Emberi élet elvesztése” figyelembe vételénél az építményben tartózkodó személyeket ki kell oktatni a tűzvédelmi intézkedésekről, a tűzvédelmi berendezések használatáról, működtetéséről valamint a tűz esetén tanúsítandó magatartásról.

Megjegyzés a 3. választáshoz: (automatikus tűzoltó berendezés, stb.): Az intézkedés a kockázatelemzésben csak akkor vehető figyelembe, ha a védelmi berendezés túlfeszültség vagy más károsodás ellen védett és a tűzoltók kiérkezéséig kevesebb, mint 10 percre van szükség.

6.5. Tűz kockázatát csökkentő tényező, rf

A tűz kockázata az egyik legfontosabb kritérium az LPS (villámvédelemi rendszer) fokozatának meghatározásakor. A tűz kockázatának besorolása a fajlagos tűzterhelésen alapul. A tűzterhelés értékét tűzvédelmi szaktervezőnek kell meghatároznia (adott esetben az épület tulajdonosával és az épület biztosítójával egyeztetve).

Tűz kockázata	fajlagos tűzterhelés
csekély	< 400 MJ/m ²
normál	400 - 800 MJ/m ²
magas	> 800 MJ/m ²

Az alábbi kritériumok közül lehet választani:

rf
Nincs tűz vagy robbanás kockázata
Csekély tűzkockázat
Normál tűzkockázat
Magas tűzkockázat
Robbanás - EX-zóna 2, 22
Robbanás - EX-zóna 1, 21
Robbanás - EX-zóna 0, 20 és szilárd robbanóanyagok

	Az övezet feletti tető éghető, de ezen a tetőn keresztül nem lép be csatlakozóvezeték.
--	--

6.6. Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján, pBmin

Az építmény rendeltetése:

- ☐ Oktatási rendeltetésű épületek
- ☐ Menekülésben korlátozott személyek elhelyezésére szolgáló épületek, egészségügyi rendeltetésű épületek, kényszertartózkodásra szolgáló épületek
- ☐ Tömegtartózkodásra szolgáló épületek, építmények
- ☐ Szállodák, kollégiumi épületek (50 fő befogadóképesség felett)
- ☐ Robbanásveszélyes osztályba tartozó anyag gyártására, feldolgozására, tárolására szolgáló, ipari vagy tárolási alaprendeltetésű önálló rendeltetési egységet tartalmazó épület vagy szabadter

Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján:

- ☒ Nincs
- ☐ LPS II
- ☐ LPS III
- ☐ LPS IV

Koordinált túlfeszültség-védelem (SPM) minimális fokozata az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján:

- ☐ Nincs
- ☐ SPM III/IV
- ☐ SPM II

6.7. LPS villámvédelmi rendszer, pB

- ☒ Nincs védelem LPS segítségével
- ☐ Ideiglenes létesítmények villámvédelme a 28/2011 (IX.6) BM rendelet szerint
- ☐ LPS IV védelmi fokozat
- ☐ LPS III védelmi fokozat
- ☐ LPS II védelmi fokozat
- ☐ LPS I védelmi fokozat
- ☐ Jobb, mint az LPS I védelmi fokozat (fém épületszerkezet LPS I szerinti felfogórendszerrel)
- ☐ Jobb, mint az LPS I védelmi fokozat (átfogó fém épületszerkezet)

6.8. Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés, pEB

A villámvédelmi potenciálkiegyenlítést lehetőség szerint az energiaellátó és a telekommunikációs vezetékek védendő építménybe történő belépési pontjához lehető legközelebb kell kialakítani. Minden vezeték minden aktív vezető erét közvetlenül vagy túlfeszültség-védelmi készüléken keresztül (SPD = Surge Protective Devices) kell a fő földelő sínnel összekötni.

Itt olyan védőkészüléket kell alkalmazni, amely az adott villámvédelmi szintnek (LPL = Lightning Protection Level) megfelelő minimális villámáram-levezetőképességgel rendelkezik. Ezen védelmi készülékeknek a szabványi követelményeknek megfelelő tanúsítvánnyal kell rendelkezniük.

Ha a vizsgált építményben már van telepített védőkészülék, akkor válassza ki az alábbi listából:

- ☒ Nincs potenciálkiegyenlítés
- ☐ Potenciálkiegyenlítés az LPL III vagy LPL IV szint szerint
- ☐ Potenciálkiegyenlítés az LPL II szint szerint
- ☐ Potenciálkiegyenlítés az LPL I szint szerint
- ☐ Potenciálkiegyenlítés jobb, mint az LPL I szint követelménye (1,5-szer jobb)
- ☐ Potenciálkiegyenlítés jobb, mint az LPL I szint követelménye (2-szer jobb)
- ☐ Potenciálkiegyenlítés jobb, mint az LPL I szint követelménye (3-szor jobb)

Falls keine Zuordnung möglich ist, so beschreiben Sie bitte kurz den Installationsort sowie Gerätetyp:

6.9. Räumliche Schirmung

A térbeli árnyékolás csillapítja a mágneses térerősséget az építményen belül, és csökkenti a belső lökőhullámokat, amelyet az objektumot érő közvetlen vagy az objektum környezetét

érő villámcsapás okoz. A térbeli árnyékolás hálószerű potenciálkiegyenlítő hálózattal érhető el, amelybe az építmény összes fémesen vezető része és a belső rendszerek is bevonásra kerülnek. A külső/belső térbeli árnyékolás, ezáltal csak egy részét képezi az árnyékolt épületszerkezetnek. Arra kell figyelni, hogy fémfedés, valamint fémes burkolatok alkalmazása esetén az egyes elemek egymással és az épület potenciálkiegyenlítő hálózatával villamosan vezetőképesen, megfelelő módon összekötésre kerüljenek. Ennek során a megfelelő szabványi követelményeket be kell tartani.

6.9.1. Külső térbeli árnyékolás (minden övezet), KS1

- ☒ Nincs árnyékolás
☐ Átfogó árnyékolás 0,1 mm vagy vastagabb fémllemezrel
☐ Hálószerű árnyékolás

Hálóosztás

0,00 m

6.9.2. Belső térbeli árnyékolás, KS2

KS2
Nincs árnyékolás
Átfogó árnyékolás 0,1 mm vagy vastagabb fémllemezrel
Hálószerű árnyékolás

KS2W	Hálóosztás (m)
------	----------------

7. Bewertung der möglichen Verluste

Ha az épületet több övezetre osztjuk fel, a lehetséges veszteségeket minden övezetre külön kell definiálni. A veszteségeket a kockázatokhoz hasonlóan az alábbiak szerint definiáljuk:

- L1: Emberi élet elvesztése vagy tartós egészségkárosodás
- L2: Közzolgáltatás kiesése
- L3: Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztése
- L4: Gazdasági veszteségek

A következőkben adja meg a veszteségi értékeket a kiválasztott kockázatoknak és övezeteknek megfelelően.

7.1. Verlust von Menschenleben oder dauerhafte Verletzung

7.1.1. Érintési- és lépésfeszültség tényezője, L1Lt

Fennáll sérülés veszélye az építmény körül vagy az építményen belül kialakuló érintési- és lépésfeszültség következtében?

L1Lt
Nincs veszteség
Tipikus érték

7.1.2. Tűz tényezője, L1Lf

Fennáll a veszélye annak, hogy villámbehatás következtében kialakuló tűz eredményeképpen személyek kerülnek veszélybe? Ha igen, akkor sorolja be az építményt a személyek száma és a tartózkodásuk ideje alapján az alább felsorolt felhasználási jellegek (rendeltetések) egyikébe.

L1Lf
Nincs veszteség
Robbanás kockázata
Ex zóna 0,1,2 illetve Ex 20,21,22 robbanásveszélyes térségeket tartalmazó övezetek (LPZ zónák) esetében
Kórház, hotel, iskola, közintézmény
Szállás rendeltetés (pl. hotel, panzió, vendégház)
Oktatási, nevelési, gyermekfoglalkoztató, játszóház rendeltetés
Egészségügyi rendeltetés, (pl. kórház, háziorvosi/szakorvosi rendelő)
Szociális rendeltetés (pl. öregek otthona)
Kényszertartózkodásra szolgáló építmény (pl. börtön)
Rendőrség, tűzoltóság, mentőállomás
Irodaépület, bank, igazgatási létesítmény
Vasútállomás, repülőtér, buszpályaudvar
Sportrendeltetés (pl. sportcsarnok, stadion, uszoda)
Számítógép központ
Nyilvános szórakozóhely, templom, múzeum
Művelődési, kulturális, hitéleti rendeltetés
Társasház
Családi ház (kettőnél több szintes)
Vendéglátás
ipari létesítmény, kereskedelmi létesítmény
Ipari rendeltetés
Mezőgazdasági rendeltetés
Kereskedelmi rendeltetés (pl. bevásárló központ, áruház)
Családi ház (ikerház, sorház, egy- vagy kétszintes)
egyéb
Gépjárműtároló rendeltetés
Raktárépület rendeltetés

7.1.3. Rendkívüli veszélyeztetés, L1hz

Fennáll a veszélye annak, hogy károsodás következtében az objektumban pánik tör ki? (h_z)

L1hz
Nincs rendkívüli veszélyeztetés
Csekély pánikveszély (pl. építmény max. két emelettel és max. 100 főig)
Átlagos pánikveszély (pl. építmény kulturális és sportrendezvények lebonyolítására 100 és 1000 fő közötti befogadóképességgel)
Nehézségek az evakuálás során (pl. építmény segítségre szoruló személyekkel, kórházak)
Nagy pánikveszély (pl. építmény kulturális vagy sportrendezvények lebonyolítására, több mint 1000 fő befogadóképességgel)

7.1.4. Túlfeszültség káreseti tényezője, L1Lo

Fennáll a veszélye annak, hogy a kialakuló túlfeszültség a belső rendszerek kieséséhez vezet, és ennek következményeként emberi élet elvesztése következik be (pl. kórház / intenzív osztály / életfenntartó rendszerek kiesése)?

L1Lo
Nincs veszteség
Robbanás kockázata
Intenzív osztály és műtőblokk kórházban
Kórház egyéb területei

7.2. Verlust von Dienstleistungen für die Öffentlichkeit

7.2.1. Tűz tényezője, L2Lf

Fennáll a veszélye annak, hogy villámbehatás következtében kialakuló tűz eredményeképpen a közszolgáltatás kieshet? Ha igen, akkor sorolja be a közszolgáltatást az alább felsorolt közszolgáltatások egyikébe.

L2Lf
Nincs veszteség
Gáz, víz, energiaellátás
TV, telekommunikáció

7.2.2. Túlfeszültség káreseti tényezője, L2Lo

Fennáll a veszélye annak, hogy a kialakuló túlfeszültség közszolgáltatás kieséséhez vezethet?

L2Lo
Nincs veszteség
Gáz, víz, energiaellátás
TV, telekommunikáció

7.3. Wirtschaftliche Verluste

7.3.1. Érintési- és lépésfeszültség tényezője, L4Lt

Fennáll állatok sérülésének veszélye az építmény körül vagy az építményen belül kialakuló érintési- és lépésfeszültség következtében?

L4Lt
Nincs veszteség
Tipikus érték

7.3.2. Tűz tényezője, L4Lf

Fennáll a veszélye annak, hogy villámbehatás következtében kialakuló tűz eredményeképpen gazdasági veszteség keletkezik? Sorolja be a lehetséges veszteséget a felhasználási jellegnek (rendeltetésnek) megfelelő értékkategóriába.

L4Lf
Nincs veszteség
Robbanás kockázata
Kórház, ipari létesítmény, múzeum, mezőgazdasági létesítmény
Hotel, iskola, irodaház, templom, nyilvános szórakozóhely, kereskedelmi létesítmény
Egyéb

7.3.3. Túlfeszültség káreseti tényezője, L4Lo

Fennáll a veszélye annak, hogy a kialakuló túlfeszültség a belső rendszerek kieséséhez vezet, és ennek következtében gazdasági veszteség keletkezik (pl. termelő berendezések kiesése)? Sorolja be a lehetséges veszteséget a felhasználási jellegnek (rendeltetésnek) megfelelő értékkategóriába.

L4Lo
Nincs veszteség
Robbanásveszély
Kórházak, ipar, iroda, hotel, gazdaság
Múzeum, mezőgazdaság, iskolák, templomok, nyilvános szórakozóhely
Egyéb

8. Wirtschaftliche Betrachtung

A gazdasági elemzés az objektum költségeinek ismeretében készíthető el. Ehhez a következő adatokra van szükség:

Angaben für die Kostenabschätzung

Kamatláb	0,00 %
Karbantartási ráta	3,00 %
Amortizációs ráta	3,33 %

9. Bestätigung der Angaben

A kérdőívet kitöltötte: _____

—
helység, dátum

—
pecsét, aláírás

10. Zonen- und Leitungslegende

Blitzschutzzone	Zone	Bezeichnung der Zone
LPZ 0B		Gegen direkte Blitzeinschläge geschützte bauliche Anlage
LPZ 1		Innenbereich der geschützten baulichen Anlage
LPZ 2		Raum / Gerät innerhalb der LPZ 1 mit Schirmungseigenschaften

2. számú melléklet

Villámvédelmi kockázatelemzés Kérdőív építmények károkockázatainak becsléséhez

- napelem mező

Dátum: 2021. 12.15.

Projekt sz.: 11/025

Villámvédelmi kockázatelemzés

Kérdőív építmények kárkockázatainak becsléséhez

készült a(z)

IEC 62305-2:2010-12

nemzetközi szabvány alapján

a(z)

MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4)

szabvány nemzeti függelékeinek figyelembe vételével

Villámsűrűség N_g : 1,50 pro km^2 / év

Tartalomjegyzék

- 1. Vevő adatok**
- 2. Projekt adatok**
- 3. Általános információk a kockázatelemzés témájához valamint a feldolgozandó kérdőívhez**
- 4. A figyelembe veendő kockázatok kiválasztása**
- 5. Az építmény fajtája**
 - 5.1. Egyszerű épület
 - 5.2. Építmény kimagasló ponttal (pl. templomtorony, kémény, mobiltelefon adótorony)
 - 5.3. Építmény összetett alakkal
 - 5.4. Az építmény elhelyezkedési tényezője, Cd
 - 5.5. Övezetek tulajdonságai
 - 5.5.1. L1 Emberi élet
 - 5.5.2. L4 Gazdaságosság
 - 5.5.2.1. Állatok értéke az övezetben, L4ca
 - 5.5.2.2. Az övezet értéke, L4cb
 - 5.5.2.3. Az övezetben lévő javak értéke, L4cc
 - 5.5.2.4. Az övezetben lévő belső rendszerek értéke (ide értve a funkciójukat is), L4cs
 - 5.6. Gazdasági elemzés, 2. változat
- 6. Csatlakozóvezeték**
 - 6.1. Csatlakozóvezetékek
 - 6.2. Vezeték fajtája, Xtyp
 - 6.3. Vezeték hossza, LL
 - 6.4. Installációs tényező, Ci
 - 6.5. Környezeti tényező, Ce
 - 6.6. Transzformátor tényező, Ct
 - 6.7. Vezeték árnyékolása, Xshd
 - 6.8. Vezeték csatlakozása, Xcon
 - 6.9. Csatlakozó építmény a csatlakozóvezeték másik végén
 - 6.9.1. A csatlakozó építmény elhelyezkedési tényezője, CDJ
 - 6.10. Koordinált túlfeszültség-védelem, pSPD
 - 6.11. Belső vezetékezés módja, KS3
 - 6.12. Legkisebb méretezési lökfeszültség (kV), Uw
- 7. Intézkedések a károkockázatok csökkentésére**
 - 7.1. A talaj/padó külső tulajdonságai, rta
 - 7.2. Talaj/padló belső tulajdonságai, rtu
 - 7.3. Áramütés elleni védelem (Építményt érő közvetlen villámcsapás), pta
 - 7.4. Áramütés elleni védelem (Csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás), ptu
 - 7.5. Tűzvédelmi intézkedések, rp
 - 7.6. Tűz kockázatát csökkentő tényező, rf
 - 7.7. Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján, pBmin
 - 7.8. LPS villámvédelmi rendszer, pB
 - 7.9. Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés, pEB
 - 7.10. Térbeli árnyékolás
 - 7.10.1. Külső térbeli árnyékolás (minden övezet), KS1
 - 7.10.2. Belső térbeli árnyékolás, KS2
- 8. A lehetséges veszteségek értékelése**
 - 8.1. Emberi élet elvesztése vagy tartós egészségkárosodás
 - 8.1.1. Külső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L1La
 - 8.1.2. Belső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L1Lu
 - 8.1.3. Tűz tényezője, L1Lf
 - 8.1.4. Rendkívüli veszélyeztetés, L1hz

- 8.1.5. Túlfeszültség káreseti tényezője, L1Lo
- 8.2. Közzolgáltatás kiesése
- 8.2.1. Tűz tényezője, L2Lf
- 8.2.2. Túlfeszültség káreseti tényezője, L2Lo
- 8.3. Gazdasági veszteségek
- 8.3.1. Külső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L4La
- 8.3.2. Belső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L4Lu
- 8.3.3. Tűz tényezője, L4Lf
- 8.3.4. Túlfeszültség káreseti tényezője, L4Lo

9. Gazdasági elemzés

10. Az adatok jóváhagyása

11. Övezetek és vezetékek jelmagyarázata

1. Vevőadatok

Cég:

Kapcsolattartó:

Utca:

IRSZ/Város:

Tel.:

Fax:

Mobil:

E-mail:

Internet:

2. Projektadatok

Projekt:

Szakdolgozat

Projekt száma:

11/025

Kapcsolattartó:

Utca:

IRSZ/Város:

2083 Solymár

Telefon:

Fax:

E-mail:

Megjegyzések:

3. Általános információk a kockázatelemzés témájához valamint a feldolgozandó kérdőívhez

A kockázatelemzésen keresztül az építmény villámhatásból származó veszélyeztetési szintje számítással értékelhető. Az értékelés során négy kárforrást különböztethetünk meg.

- közvetlen villámcsapás az építménybe,
- az építmény környezetét érő villámcsapás,
- közvetlen villámcsapás az építménybe be- valamint abból kilépő csatlakozóvezetékbe,
- a csatlakozóvezeték környezetét érő villámcsapás.

Az értékelés eredményeként célzott intézkedések tehetők meg a kockázat csökkentésére, valamint az emberek, létesítmények és a belső rendszerek védelmére.

Az eredmény gazdaságilag értelmesen kiválasztott védelmi intézkedések együttese, amely leginkább megfelel az épület tulajdonságainak és az épület használati jellegének (rendeltetésének). A kockázatelemzés eredménye a villámvédelmi rendszer (LPS) fokozatán kívül egy teljes körű védelmi intézkedéscsomag, amely tartalmazza a szükséges árnyékolási intézkedéseket is az elektromágneses villámimpulzus (LEMP - Lightning Electromagnetic Impulse) ellen.

A kockázatelemzés alapjául a szabványos paraméterek szolgálnak. Az elemzés lényeges eleme az épületparaméterek mellett az építménybe be- illetve abból kivezető csatlakozó vezetékhez köthető paraméterek. Csatlakozóvezetékként az alábbiakat kell figyelembe venni:

- információtechnológiai csatlakozó vezeték
- erősáramú energiaellátó vezeték

Villamosan vezetőképese csöveket nem kell figyelembe venni, feltéve, hogy azok az építmény fő földelő sínjével össze vannak kötve. Abban az esetben, ha a potenciálkiegyenlítés nincs kialakítva a csővezeték jelentette veszélyeztetést figyelembe kell venni.

A következő kérdőívben kérjük, írja be az ismert értékeket, illetve válassza ki a felsorolásból. Az egyes tényezőkhöz magyarázatok is olvashatók. A kiválasztandó paraméterek a szabványos számítási alap, a(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4) szabvány alapján kerültek felsorolásra.

4. A figyelembe veendő kockázatok kiválasztása

A kockázatelemzés elején az építmény felhasználási jellegét (rendeltetését) kell figyelembe venni. Ebből származtathatók a figyelembe veendő kockázatok a védendő objektumra. A kockázatelemzés során négy különböző kockázatot különböztetünk meg. Kérem, válassza ki a megfelelőt az alábbi listából:

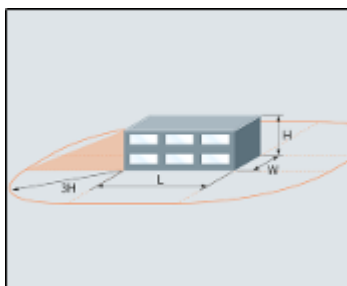
- ☒ R1 - Emberi élet elvesztésének kockázata
- ☒ R2 - Közszolgáltatás kiesésének kockázata
- ☐ R3 - Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztésének kockázata
- ☒ R4 - Gazdasági veszteség kockázata

Több kockázat is kiválasztható. Ez az építmény használati jellegétől (rendeltetésétől) függ (pl. kórház R1 + R4; templom R1 + R3; gáz kompresszorállomás R1 + R2 + R4).

5. Az építmény fajtája

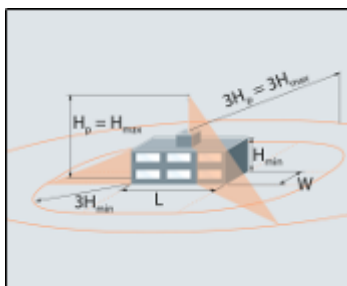
Az építményt érő közvetlen/közvetett villámcsapások gyűjtőterületeinek kiszámításához szükség van az építmény méreteire. Kérem, válassza ki a megfelelőt és adja meg az épületméreteket:

5.1. Egyszerű épület



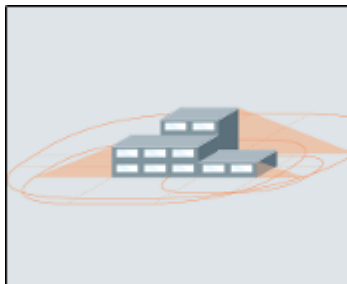
Hossz L_b : 1000,00 m
 Szélesség W_b : 500,00 m
 Magasság H_b : 4,00 m

5.2. Építmény kimagasló ponttal (pl. templomtorony, kémény, mobiltelefon adótorony)



Hossz L_b : 1000,00 m
 Szélesség W_b : 500,00 m
 Magasság H_b : 4,00 m
 Legmagasabb pont H_{pb} : 0,00 m

5.3. Építmény összetett alakkal



A méretekkel és magassági adatokkal ellátott épületrajzokat az építető bocsátja rendelkezésre.

5.4. Az építmény elhelyezkedési tényezője, Cd

Az elhelyezkedési tényező az építményt érő közvetlen villámcsapás lehetőségét írja le. Az értékelési kritérium alapjául a gördülő gömbös eljárást alkalmazzuk. A környezethez viszonyítva azt kell megbecsülni, hogy mekkora a közvetlen villámcsapás valószínűsége (pl. lakóépület magas házakkal körülvéve -> a valószínűség igen csekély; hegyi állomás magashegységben -> valószínűség nagyon nagy). Ha az r sugáron belül ($r = 3 \times \text{épületmagasság}$) nincs további objektum, akkor szabadon álló objektumról van szó. Kérem, válassza ki a megfelelőt:

- ☐ Az objektum nagyobb objektumokkal pl. fákkal van körülvéve
- ☐ Az objektum legfeljebb azonos magasságú objektumokkal, pl. fákkal van körülvéve
- ☒ Magában álló objektum: nincs más objektum a közelben
- ☐ Hegytetőn vagy kiemelkedésen magában álló objektum

5.5. Övezetek tulajdonságai

5.5.1. L1 Emberi élet

Az az időtartam, amíg a személyek az övezetben tartózkodnak 300 óra/év

5.5.2. L4 Gazdaságosság

A gazdasági elemzés az objektum költségeinek ismeretében készíthető el. Ehhez a következő adatokra van szükség:

5.5.2.1. Állatok értéke az övezetben, L4ca

Állatok értéke az építményben

Állatok értéke az övezetben 0 Ft

5.5.2.2. Az övezet értéke, L4cb

Az építmény értéke (nyers épület belső rendszerek és berendezés nélkül)

Az övezet értéke 25 000 000 Ft

5.5.2.3. Az övezetben lévő javak értéke, L4cc

Az építményben lévő javak értéke (berendezési tárgyak)

Az övezetben lévő javak értéke 150 000 000 Ft

5.5.2.4. Az övezetben lévő belső rendszerek értéke (ide értve a funkciójukat is), L4cs

Az építmény belső rendszereinek költsége (minden olyan villamos installációs rendszer és berendezés, amely a villámcsapás közvetlen és közvetett hatásai pl. villám-részáram vagy túlfeszültség következtében károsodhat, vagy tönkremehet).

Az övezetben lévő belső rendszerek értéke (ide értve a funkciójukat is) 100 000 000 Ft

Ha az épület bekerülési költségeihez adatok nem állnak rendelkezésre, kérem, erősítse meg ezt a négyzetbe elhelyezett x-szel:

☐ adatok nem állnak rendelkezésre

5.6. Gazdasági elemzés, 2. változat

A(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4) lehetővé teszi, hogy táblázatok alapján az épület hozzávetőleges értékét az épület méretének alapján határozzuk meg. A következő adatokra van szükség:

Milyen fajta létesítményről van szó, és milyen nagyok a helyreállítás költségei? Kérem, válassza ki a megfelelőt:

☐ Ipari létesítmény

☐ Állatokkal

Helyreállítási költségek referenciaértéke:

☒ Alacsony

☐ Normál

☐ Magas

Milyen nagy az övezet térfogata?

Az övezet térfogata 0,00 m³

Hány alkalmazott tartózkodik az övezetben?

Alkalmazottak száma az övezetben 0 fő

6. Csatlakozóvezeték

A kockázatelemzés során minden, a vizsgált építménybe be- és kimenő csatlakozóvezetékét figyelembe kell venni. A villamosan vezető csöveket nem kell figyelembe venni abban az esetben, ha ezek az építmény fő földelő sínjével össze vannak kötve. Ha ez az összekötés nincs kialakítva, akkor a villamosan vezető csővezetékeket is figyelembe kell venni a kockázatelemzésben. Minden definiált csatlakozó-vezetékre meg kell adni a szabványos paramétereit, mint például

- vezeték fajtája (szabadvezeték/földkábel)
- vezeték hossza (az épületen kívül)
- környezeti tényező
- csatlakozó építmény

- belső kábelezés módja
- legkisebb méretezési lököfeszültség,

amely paraméterek befolyásolják a csatlakozóvezetékkel kapcsolatos építménykockázatokat. Amennyiben a vezeték hossza nem ismert, akkor a szabvány javaslata alapján a maximális 1000 m-es vezetékkel hosszal célszerű számolni. A csatlakozóvezeték hosszát definíciószerűen a védendő építmény/objektum belépési pontjától a csatlakozó építményig vagy egy csomópontig mérjük. Csomópont alatt például a villamosenergia-ellátás elosztási pontját (KöF/KiF transzformátor vagy alállomás) értjük, valamint pl. telekommunikációs alközpontot.

6.1. Csatlakozóvezetékek

Vezeték elnevezése, Sorsz. 1: TR1 AC csatlakozó vezeték 1

Vezeték elnevezése, Sorsz. 2: TR1 AC csatlakozó vezeték 2

Vezeték elnevezése, Sorsz. 3: TR1 AC csatlakozó vezeték 3

Vezeték elnevezése, Sorsz. 4: TR1 AC csatlakozó vezeték 4

6.2. Vezeték fajtája, Xtyp

Xtyp	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Erősáramú csatlakozóvezeték	☒	☒	☒	☒
Telekommunikációs vezeték	☐	☐	☐	☐

6.3. Vezeték hossza, LL

LL	Vezeték hossza (m)
1. CSV	100,00
2. CSV	120,00
3. CSV	150,00
4. CSV	200,00

6.4. Installációs tényező, Ci

A csatlakozóvezeték fajtája és tulajdonságai:

Ci	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Szabadvezeték	☐	☐	☐	☐
Földkábel	☒	☒	☒	☒
Földkábel hálószerű földelőrendszer alatt	☐	☐	☐	☐

6.5. Környezeti tényező, Ce

A tényező a mindenkor csatlakozóvezeték környezetének árnyékolási tulajdonságait veszi figyelembe. Egy város, például sok magas házzal igen jó elektromágneses árnyékolást biztosít.

Ce	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Városi környezet, az épületek 20 m-nél magasabbak	☐	☐	☐	☐
Városi környezet	☐	☐	☐	☐
Elővárosi környezet	☐	☐	☐	☐
Vidéki környezet	☒	☒	☒	☒

6.6. Transzformátor tényező, Ct

Ha közvetlenül a csatlakozóvezeték épületbe történő belépési pontján transzformátor található (az LPZ 0 - LPZ 1 villámvédelmi zónahatár átlépésénél), akkor a transzformátor védelmi intézkedésként is figyelembe vehető.

Ct	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Középfeszültségű csatlakozóvezeték (KöF/KiF transzformátorral)	☐	☐	☐	☐
Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték	☒	☒	☒	☒

6.7. Vezeték árnyékolása, Xshd

X_{shd} : Az építményen kívüli nyomvonalon vezetett vezetékek a villámcsapás közvetlen és közvetett hatásainak vannak kitéve. Annak érdekében, hogy villámesemény következtében a belső rendszerek kiesésének veszélyét csökkenteni lehessen, az építményen kívül árnyékolt vezetékeket lehet alkalmazni. Azonban ügyelni kell arra, hogy a vezetékek árnyékolása villámáram-vezetőképessé legyen. Az árnyékolást az építménybe való belépési ponton a villámvédelmi potenciálkiegyenlítésbe be kell kötni.

Ha ezek a pontok nem tarthatók be, akkor árnyékolatlan kábelt célszerű választani. A következő kritériumok közül lehet választani:

Xshd	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel	☒	☒	☒	☒
Külső: árnyékolt: $5 \text{ Ohm/km} < \text{árnyékolás-ellenállás (RS)} = 20 \text{ Ohm/km}$	☐	☐	☐	☐
Külső: árnyékolt: $1 \text{ Ohm/km} < \text{árnyékolás-ellenállás (RS)} = 5 \text{ Ohm/km}$	☐	☐	☐	☐
Külső: árnyékolt: árnyékolás-ellenállás (RS) = 1 Ohm/km	☐	☐	☐	☐

6.8. Vezeték csatlakozása, Xcon

A csatlakozóvezeték kivitele az épületbe való belépési ponton, X_{con} :

Xcon	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Nincs különleges feltétel	☒	☒	☒	☒
Többszörösen földelt nullavezető	☐	☐	☐	☐
Árnyékolt földkábeles csatlakozás	☐	☐	☐	☐
Árnyékolt szabadvezetékes csatlakozás	☐	☐	☐	☐
Csatlakozás árnyékolt és földelt vezetékkel	☐	☐	☐	☐
Villámvédelmi kábel vagy kábelcsatorna	☐	☐	☐	☐
Nincs külső csatlakozás (szigetüzemű rendszer)	☐	☐	☐	☐
Csatlakozás szigetelő interfészen keresztül	☐	☐	☐	☐

6.9. Csatlakozó építmény a csatlakozóvezeték másik végén

Abban az esetben, ha a csatlakozóvezeték másik végén épület található, akkor ezt a kockázatelemzés során figyelembe kell venni. Az épületméretek mellett az elhelyezkedési tényezőt is értékelni kell.

	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Hossz	5,00 m	5,00 m	5,00 m	5,00 m
Szélesség	4,00 m	4,00 m	4,00 m	4,00 m
Magasság	3,00 m	3,00 m	3,00 m	3,00 m
A csatlakozó építmény legmagasabb pontja				
Építmény összetett alakkal: A méretekkel és magassági adatokkal ellátott épületrajzokat az építető bocsátja rendelkezésre.	☐	☐	☐	☐

6.9.1. A csatlakozó építmény elhelyezkedési tényezője, CDJ

CDJ	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Az objektum nagyobb objektumokkal pl. fákkal van körülvéve	☐	☐	☐	☐
Az objektum legfeljebb azonos magasságú objektumokkal, pl. fákkal van körülvéve	☐	☐	☐	☐
Magában álló objektum: nincs más objektum a közelben	☒	☒	☒	☒
Hegytetőn vagy kiemelkedésen magában álló objektum	☐	☐	☐	☐

6.10. Koordinált túlfeszültség-védelem, pSPD

A koordinált túlfeszültség-védelem alatt az elektronikus rendszerek védelmét értjük túlfeszültség-védelmi készülékekkel (SPD - Surge Protective Devices) Ha már vannak beépített védőkészülékek, akkor ezeket a levezetőképességük alapján kell figyelembe venni. A koordinált túlfeszültség-védelem alapját az 1. típusú túlfeszültség-védelmi készülékek jelentik, amelyek az LPL (Lightning Protection Level – villámvédelmi szint) szerinti villámáram-levezetőképesség alapján kerülnek bevizsgálásra.

Válassza ki a megfelelőt az alábbi listából:

pSPD	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
nincs túlfeszültség-védelmi készülék	☒	☒	☒	☒
LPL III vagy IV	☐	☐	☐	☐
LPL II	☐	☐	☐	☐
LPL I	☐	☐	☐	☐
jobb, mint LPL I (1,5-szer jobb)	☐	☐	☐	☐
jobb, mint LPL I (2-szer jobb)	☐	☐	☐	☐
jobb, mint LPL I (3-szor jobb)	☐	☐	☐	☐

Abban az esetben, ha hozzárendelés nem lehetséges, írja le röviden a telepítés helyét és a készüléktípust.:

6.11. Belső vezetékezés módja, KS3

KS₃: A „Belső vezetékezés módja” tényezőn keresztül kerül az épületen belüli vezetékezés módja meghatározásra, a figyelembe veendő csatlakozóvezetékől kiindulva. Az alábbi módzatok különböztethetők meg:

KS3	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére	☒	☒	☒	☒
Árnyékolatlan kábel - van óvintézkedés a nagy hurkok elkerülésére	☐	☐	☐	☐
Árnyékolatlan kábel - van óvintézkedés a hurkok elkerülésére	☐	☐	☐	☐
Árnyékolt kábel vagy olyan kábel, amely átfogó fémes árnyékolású nyomvonalon halad	☐	☐	☐	☐

6.12. Legkisebb méretezési lökőfeszültség (kV), Uw

A „legkisebb méretezési lökőfeszültség” fogalom az építményben alkalmazott villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára vonatkozik. Az alábbi lehetőségek közül lehet választani:

Uw	1. CSV	2. CSV	3. CSV	4. CSV
$U_w \leq 1,0 \text{ kV}$	☐	☐	☐	☐
$1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$	☒	☒	☒	☒
$1,5 \text{ kV} < U_w \leq 2,5 \text{ kV}$	☐	☐	☐	☐
$2,5 \text{ kV} < U_w \leq 4,0 \text{ kV}$	☐	☐	☐	☐
$U_w > 4,0 \text{ kV}$	☐	☐	☐	☐

7. Intézkedések a károkockázatok csökkentésére

Védelmi intézkedések segítségével az építmény és az abban lévő javak károkockázata csökkenthető. Ezen kívül, ezen paraméterekkel az épület tulajdonságai is jellemezhetők. Ezáltal fontos részét képezik az elemzésnek.

7.1. A talaj/padló külső tulajdonságai, rta

- ☒ Mezőgazdasági használatú felület, beton $R \leq 1 \text{ k}\Omega\text{m}$
- ☐ Márvány, kerámia $R = 1\text{-től } 10 \text{ k}\Omega\text{m-ig}$
- ☐ Kavics, szőnyegpadló, szőnyegek $R = 10\text{-től } 100 \text{ k}\Omega\text{m-ig}$
- ☐ Aszfalt, linóleum, fa $R \geq 100 \text{ k}\Omega\text{m}$

7.2. Talaj/padló belső tulajdonságai, rtu

- ☒ Mezőgazdasági használatú felület, beton $R \leq 1 \text{ k}\Omega\text{m}$
- ☐ Márvány, kerámia $R = 1\text{-től } 10 \text{ k}\Omega\text{m-ig}$
- ☐ Kavics, szőnyegpadló, szőnyegek $R = 10\text{-től } 100 \text{ k}\Omega\text{m-ig}$
- ☐ Aszfalt, linóleum, fa $R \geq 100 \text{ k}\Omega\text{m}$

7.3. Áramütés elleni védelem (Építményt érő közvetlen villámcsapás), pta

- ☐ Az érintett levezető villamos szigetelése
- ☐ Hatékony potenciálvezérlés a talajban
- ☐ Figyelmeztető jelzések
- ☐ Betonvasalás vagy fém tartószerkezet levezetőként használva

7.4. Áramütés elleni védelem (Csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás), ptu

- ☐ Villamos szigetelés
- ☐ Figyelmeztető jelzések
- ☐ fizikai korlátok

7.5. Tűzvédelmi intézkedések, rp

- ☒ Nincsenek meglévő intézkedések
- ☐ Tűzoltó készülék, kézi működtetésű tűzjelző készülék, tűzcsapok, tűzbiztos szakaszok, védett menekülési utak
- ☐ Automatikus tűzoltó/tűzjelző berendezés

Megjegyzés a 2. választáshoz: (Tűzoltó készülék, kézi működtetési tűzoltó berendezés, stb.): Az R1 kockázat „Emberi élet elvesztése” figyelembe vételénél az építményben tartózkodó személyeket ki kell oktatni a tűzvédelmi intézkedésekről, a tűzvédelmi berendezések használatáról, működtetéséről valamint a tűz esetén tanúsítandó magatartásról.

Megjegyzés a 3. választáshoz: (automatikus tűzoltó berendezés, stb.): Az intézkedés a kockázatelemzésben csak akkor vehető figyelembe, ha a védelmi berendezés túlfeszültség vagy más károsodás ellen védett és a tűzoltók kiérkezéséig kevesebb, mint 10 percre van szükség.

7.6. Tűz kockázatát csökkentő tényező, rf

A tűz kockázata az egyik legfontosabb kritérium az LPS (villámvédelemi rendszer) fokozatának meghatározásakor. A tűz kockázatának besorolása a fajlagos tűzterhelésen alapul. A tűzterhelés értékét tűzvédelmi szaktervezőnek kell meghatároznia (adott esetben az épület tulajdonosával és az épület biztosítójával egyeztetve).

Tűz kockázata	fajlagos tűzterhelés
csekély	< 400 MJ/m ²
normál	400 - 800 MJ/m ²
magas	> 800 MJ/m ²

Az alábbi kritériumok közül lehet választani:

- ☐ Nincs tűz vagy robbanás kockázata
- ☐ Csekély tűzkockázat
- ☒ Normál tűzkockázat
- ☐ Magas tűzkockázat
- ☐ Robbanás - EX-zóna 2, 22
- ☐ Robbanás - EX-zóna 1, 21
- ☐ Robbanás - EX-zóna 0, 20 és szilárd robbanóanyagok

- ☐ Az övezet feletti tető éghető, de ezen a tetőn keresztül nem lép be csatlakozóvezeték.

7.7. Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján, pBmin

Az építmény rendeltetése:

- ☐ Oktatási rendeltetésű épületek
- ☐ Menekülésben korlátozott személyek elhelyezésére szolgáló épületek, egészségügyi rendeltetésű épületek, kényszerszállókodásra szolgáló épületek
- ☐ Tömegszállókodásra szolgáló épületek, építmények
- ☐ Szállodák, kollégiumi épületek (50 fő befogadóképesség felett)
- ☐ Robbanásveszélyes osztályba tartozó anyag gyártására, feldolgozására, tárolására szolgáló, ipari vagy tárolási alaprendeltetésű önálló rendeltetési egységet tartalmazó épület vagy szabadtér

Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján:

- ☒ Nincs
- ☐ LPS II
- ☐ LPS III
- ☐ LPS IV

Koordinált túlfeszültség-védelem (SPM) minimális fokozata az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján:

- ☐ Nincs
- ☐ SPM III/IV
- ☐ SPM II

7.8. LPS villámvédelmi rendszer, pB

- ☒ Nincs védelem LPS segítségével
- ☐ Ideiglenes létesítmények villámvédelme a 28/2011 (IX.6) BM rendelet szerint
- ☐ LPS IV védelmi fokozat
- ☐ LPS III védelmi fokozat
- ☐ LPS II védelmi fokozat
- ☐ LPS I védelmi fokozat
- ☐ Jobb, mint az LPS I védelmi fokozat (fém épületszerkezet LPS I szerinti felfogórendszerrel)
- ☐ Jobb, mint az LPS I védelmi fokozat (átfogó fém épületszerkezet)

7.9. Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés, pEB

A villámvédelmi potenciálkiegyenlítést lehetőség szerint az energiaellátó és a telekommunikációs vezetékek védendő építménybe történő belépési pontjához lehető legközelebb kell kialakítani. Minden vezeték minden aktív vezető erét közvetlenül vagy túlfeszültség-védelmi készüléken keresztül (SPD = Surge Protective Devices) kell a fő földelő sínnel összekötni.

Itt olyan védőkészüléket kell alkalmazni, amely az adott villámvédelmi szintnek (LPL = Lightning Protection Level) megfelelő minimális villámáram-levezetőképességgel rendelkezik. Ezen védelmi készülékeknek a szabványi követelményeknek megfelelő tanúsítvánnyal kell rendelkezniük.

Ha a vizsgált építményben már van telepített védőkészülék, akkor válassza ki az alábbi listából:

- ☒ Nincs potenciálkiegyenlítés
- ☐ Potenciálkiegyenlítés az LPL III vagy LPL IV szint szerint
- ☐ Potenciálkiegyenlítés az LPL II szint szerint
- ☐ Potenciálkiegyenlítés az LPL I szint szerint
- ☐ Potenciálkiegyenlítés jobb, mint az LPL I szint követelménye (1,5-szer jobb)
- ☐ Potenciálkiegyenlítés jobb, mint az LPL I szint követelménye (2-szer jobb)
- ☐ Potenciálkiegyenlítés jobb, mint az LPL I szint követelménye (3-szor jobb)

Abban az esetben, ha hozzárendelés nem lehetséges, írja le röviden a telepítés helyét és a készüléktípust.:

7.10. Térbeli árnyékolás

A térbeli árnyékolás csillapítja a mágneses térerősséget az építményen belül, és csökkenti a belső lökőhullámokat, amelyet az objektumot érő közvetlen vagy az objektum környezetét érő villámcsapás okoz. A térbeli árnyékolás hálószerű potenciálkiegyenlítő hálózattal érhető el, amelybe az építmény összes fémesen vezető része és a belső rendszerek is bevonásra kerülnek. A külső/belső térbeli árnyékolás, ezáltal csak egy részét képezi az árnyékolt épületszerkezetnek. Arra kell figyelni, hogy fémfedés, valamint fémes burkolatok alkalmazása esetén az egyes elemek egymással és az épület potenciálkiegyenlítő hálózatával villamosan vezetőképesen, megfelelő módon összekötésre kerüljenek. Ennek során a megfelelő szabványi követelményeket be kell tartani.

7.10.1. Külső térbeli árnyékolás (minden övezet), KS1

- ☒ Nincs árnyékolás
- ☐ Átfogó árnyékolás 0,1 mm vagy vastagabb fémllemezrel
- ☐ Hálószerű árnyékolás

Hálósztás

0,00 m

7.10.2. Belső térbeli árnyékolás, KS2

- ☒ Nincs árnyékolás
- ☐ Átfogó árnyékolás 0,1 mm vagy vastagabb fémllemezrel
- ☐ Hálószerű árnyékolás

Hálósztás

0,00 m

8. A lehetséges veszteségek értékelése

Ha az épületet több övezetre osztjuk fel, a lehetséges veszteségeket minden övezetre külön kell definiálni. A veszteségeket a kockázatokhoz hasonlóan az alábbiak szerint definiáljuk:

- L1: Emberi élet elvesztése vagy tartós egészségkárosodás
- L2: Közzolgáltatás kiesése
- L3: Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztése
- L4: Gazdasági veszteségek

A következőkben adja meg a veszteségi értékeket a kiválasztott kockázatoknak és övezeteknek megfelelően.

8.1. Emberi élet elvesztése vagy tartós egészségkárosodás

8.1.1. Külső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L1La

Fennáll sérülés veszélye az építmény körül kialakuló érintési- és lépésfeszültség következtében?

- ☐ Nincs veszteség
- ☒ Tipikus érték

8.1.2. Belső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L1Lu

Fennáll sérülés veszélye az építményen belül kialakuló érintési- és lépésfeszültség következtében?

- ☐ Nincs veszteség
- ☒ Tipikus érték

8.1.3. Tűz tényezője, L1Lf

Fennáll a veszélye annak, hogy villámbehatás következtében kialakuló tűz eredményeképpen személyek kerülnek veszélybe? Ha igen, akkor sorolja be az építményt a személyek száma és a tartózkodásuk ideje alapján az alább felsorolt felhasználási jellegek (rendeltetések) egyikébe.

- ☐ Nincs veszteség
- ☐ Robbanás kockázata
- ☐ Ex zóna 0,1,2 illetve Ex 20,21,22 robbanásveszélyes térségeket tartalmazó övezetek (LPZ zónák) esetében
- ☐ Kórház, hotel, iskola, közintézmény
- ☐ Szállás rendeltetés (pl. hotel, panzió, vendégház)
- ☐ Oktatási, nevelési, gyermekfoglalkoztató, játszóház rendeltetés
- ☐ Egészségügyi rendeltetés, (pl. kórház, háziorvosi/szakorvosi rendelő)
- ☐ Szociális rendeltetés (pl. öregek otthona)
- ☐ Kényszálló tartózkodásra szolgáló építmény (pl. börtön)
- ☐ Rendőrség, tűzoltóság, mentőállomás
- ☐ Irodaépület, bank, igazgatási létesítmény
- ☐ Vasútállomás, repülőtér, buszpályaudvar
- ☐ Sportrendeltetés (pl. sportcsarnok, stadion, uszoda)
- ☐ Számítógép központ
- ☐ Nyilvános szórakozóhely, templom, múzeum
- ☐ Művelődési, kulturális, hitéleti rendeltetés
- ☐ Társasház
- ☐ Családi ház (kettőnél több szintes)
- ☐ Vendéglátás
- ☐ Ipari létesítmény, kereskedelmi létesítmény
- ☒ Ipari rendeltetés
- ☐ Mezőgazdasági rendeltetés
- ☐ Kereskedelmi rendeltetés (pl. bevásárló központ, áruház)
- ☐ Családi ház (ikerház, sorház, egy- vagy kétszintes)
- ☐ egyéb
- ☐ Gépjárműtároló rendeltetés
- ☐ Raktárépület rendeltetés

8.1.4. Rendkívüli veszélyeztetés, L1hz

Fennáll a veszélye annak, hogy károsodás következtében az objektumban pánik tör ki? (h_2)

- ☐ Nincs rendkívüli veszélyeztetés
- ☒ Csekély pánikveszély (pl. építmény max. két emelettel és max. 100 főig)
- ☐ Átlagos pánikveszély (pl. építmény kulturális és sportrendezvények lebonyolítására 100 és 1000 fő közötti befogadóképességgel)
- ☐ Nehézségek az evakuálás során (pl. építmény segítségre szoruló személyekkel, kórházak)
- ☐ Nagy pánikveszély (pl. építmény kulturális vagy sportrendezvények lebonyolítására, több mint 1000 fő befogadóképességgel)

8.1.5. Túlfeszültség káreseti tényezője, L1Lo

Fennáll a veszélye annak, hogy a kialakuló túlfeszültség a belső rendszerek kieséséhez vezet, és ennek következményeként emberi élet elvesztése következik be (pl. kórház / intenzív osztály / életfenntartó rendszerek kiesése)?

- ☒ Nincs veszteség
- ☐ Robbanás kockázata
- ☐ Intenzív osztály és műtőblokk kórházban
- ☐ Kórház egyéb területei

8.2. Közzolgáltatás kiesése

8.2.1. Tűz tényezője, L2Lf

Fennáll a veszélye annak, hogy villámbehatás következtében kialakuló tűz eredményeképpen a közzolgáltatás kieshet? Ha igen, akkor sorolja be a közzolgáltatást az alább felsorolt közzolgáltatások egyikébe.

- ☐ Nincs veszteség
- ☒ Gáz, víz, energiaellátás
- ☐ TV, telekommunikáció

8.2.2. Túlfeszültség káreseti tényezője, L2Lo

Fennáll a veszélye annak, hogy a kialakuló túlfeszültség közzolgáltatás kieséséhez vezethet?

- ☐ Nincs veszteség
- ☒ Gáz, víz, energiaellátás
- ☐ TV, telekommunikáció

8.3. Gazdasági veszteségek

8.3.1. Külső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L4La

Fennáll állatok sérülésének veszélye az építményen kívül kialakuló érintési- és lépésfeszültség következtében?

- ☒ Nincs veszteség
- ☐ Tipikus érték, de csak akkor, ha állatok vannak jelen

8.3.2. Belső érintési- és lépésfeszültség tényezője, L4Lu

Fennáll állatok sérülésének veszélye az építményen belül kialakuló érintési- és lépésfeszültség következtében?

- ☒ Nincs veszteség
- ☐ Tipikus érték, de csak akkor, ha állatok vannak jelen

8.3.3. Tűz tényezője, L4Lf

Fennáll a veszélye annak, hogy villámbehatás következtében kialakuló tűz eredményeképpen gazdasági veszteség keletkezik? Sorolja be a lehetséges veszteséget a felhasználási jellegnek (rendeltetésnek) megfelelő értékkategóriába.

- ☐ Nincs veszteség
- ☐ Robbanás kockázata
- ☒ Kórház, ipari létesítmény, múzeum, mezőgazdasági létesítmény
- ☐ Hotel, iskola, irodaház, templom, nyilvános szórakozóhely, kereskedelmi létesítmény
- ☐ Egyéb

8.3.4. Túlfeszültség káreseti tényezője, L4Lo

Fennáll a veszélye annak, hogy a kialakuló túlfeszültség a belső rendszerek kieséséhez vezet, és ennek következtében gazdasági veszteség keletkezik (pl. termelő berendezések kiesése)? Sorolja be a lehetséges veszteséget a felhasználási jellegnek (rendeltetésnek) megfelelő értékkategóriába.

- ☐ Nincs veszteség
- ☐ Robbanásveszély
- ☒ Kórházak, ipar, iroda, hotel, gazdaság
- ☐ Múzeum, mezőgazdaság, iskolák, templomok, nyilvános szórakozóhely
- ☐ Egyéb

9. Gazdasági elemzés

A gazdasági elemzés az objektum költségeinek ismeretében készíthető el. Ehhez a következő adatokra van szükség:

Adatok a költségbecsléshez

Kamatláb	0,00 %
Karbantartási ráta	0,00 %
Amortizációs ráta	0,00 %

10. Az adatok jóváhagyása

A kérdőívet kitöltötte: _____

—
helység, dátum

—
pecsét, aláírás

11. Övezetek és vezetékek jelmagyarázata

Vezeték elnevezése, Sorsz. 1: TR1 AC csatlakozó vezetékek 1

Vezeték elnevezése, Sorsz. 2: TR1 AC csatlakozó vezetékek 2

Vezeték elnevezése, Sorsz. 3: TR1 AC csatlakozó vezetékek 3

Vezeték elnevezése, Sorsz. 4: TR1 AC csatlakozó vezetékek 4

Vezeték elnevezése, Sorsz. 5: TR1 AC csatlakozó vezetékek 5

3. számú melléklet
Villámvédelmi kockázatelemzés
- transzformátor épület

Dátum: 2021. 12. 15.

Projekt sz.: 11/025

Villámvédelmi kockázatelemzés

készült a(z)

IEC 62305-2:2010-12

nemzetközi szabvány alapján

a(z)

MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4)

szabvány nemzeti függelékeinek figyelembe vételével

**Intézkedések összefoglalása
villámhatás okozta károk csökkentésére,
kockázatelemzés alapján,
a következő projekthez:**

Projekt-/objektum adatai:

Szakdolgozat

2083 Solymár

H

Vevő/megrendelő:

A kockázatelemzést készítette:

Károlyi Viktor

Tartalomjegyzék

- 1. Rövidítések jegyzéke**
- 2. Szabványi alapok**
- 3. Kárkockázat és kárforrások**
- 4. Projekt adatai**
 - 4.1. Figyelembe veendő kockázatok
 - 4.2. Geográfiai és épület-paraméterek
 - 4.3. Az építmény felosztása villámvédelmi zónákra/övezetekre
- 5. Csatlakozóvezetékek**
- 6. Az építmény tulajdonságai**
 - 6.1. Tűz kockázata
 - 6.2. A tűz következményeinek csökkentésére irányuló intézkedések
 - 6.3. Személyek rendkívüli veszélyeztetése az építményben
 - 6.4. Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján
 - 6.5. Külső térbeli árnyékolás
- 7. Kockázatértékelés**
 - 7.1. R1 kockázat, Emberi élet
 - 7.2. R2 kockázat, Közszolgáltatás
 - 7.3. R4 kockázat, Védelmi intézkedések gazdaságossága
 - 7.3.1. Számítási paraméterek a védelmi intézkedések éves költségéhez
 - 7.3.2. Az építmény költsége
- 8. Védelmi intézkedések kiválasztása**
- 9. Jogi kötelezettségek**
- 10. Általános információk**
- 11. Fogalmak magyarázata**

1. Rövidítések jegyzéke

a	amortizációs ráta
a_t	amortizációs idő
c_a	állatok értéke az övezetben, pénzben kifejezve
c_b	építmény övezetének értéke, pénzben kifejezve
c_c	övezetben lévő javak értéke, pénzben kifejezve
c_s kifejezve	belső rendszerek értéke az övezetben (beleértve a funkciójukat is) pénzben kifejezve
c_t	az építmény teljes értéke, pénzben kifejezve
$C_D; C_{DJ}$	elhelyezkedési tényező
C_L	teljes veszteség éves költsége védelmi intézkedések nélkül
C_{PM}	a kiválasztott védelmi intézkedések éves költsége
C_{RL}	megmaradó veszteségek költsége védelmi intézkedések mellett
EB	villámvédelmi potenciálkiegyenlítés – Lightning Equipotential Bonding
H	az építmény magassága
H_p	az építmény legmagasabb pontja
i	kamatláb
K_{S1}	tényező, amely az építmény árnyékolásának hatékonyságát veszi figyelembe (külső térbeli árnyékolás)
K_{S1W}	az árnyékolás hálózata az építményben
K_{S2}	tényező, amely az építmény belsejében az árnyékolás hatékonyságát veszi figyelembe (belső térbeli árnyékolás)
K_{S2W}	az árnyékolás hálózata az építmény belsejében
L1	emberi élet elvesztése
L2	közforgalom kiesése
L3	pótolhatatlan kulturális örökség elvesztése
L4	gazdasági veszteségek
L	az építmény hossza
LEMP	elektromágneses villámimpulzus – Lightning Electromagnetic Impulse
LP	villámvédelem – Lightning Protection (villámvédelmi rendszerből (LPS) és a LEMP elleni védelmi intézkedésekből áll)
LPL	villámvédelmi szint – Lightning Protection Level

LPS	villámvédelmi rendszer – Lightning Protection System
LPZ	villámvédelmi zóna – Lightning Protection Zone (olyan zóna, ahol az elektromágneses környezet a villámveszélyeztetés szempontjából definiálva van)
m	karbantartási ráta
N _D	az építményt érő villámcsapások által okozott veszélyes események száma
N _M	az építmény környezetét érő villámcsapások által okozott veszélyes események száma
N _G	villámsűrűség
P _B	építményben keletkező fizikai károsodás valószínűsége villámcsapás következtében
PEB	károsodás valószínűsége villámvédelmi potenciálkiegyenlítés esetén
PSPD	belső rendszerek károsodásának valószínűsége koordinált túlfeszültség-védelmi (SPD) intézkedések esetén
R	kockázat
R ₁	emberi élet elvesztésének kockázata építményben
R ₂	közszolgáltatás kiesésének kockázata építményben
R ₃	pótolhatatlan kulturális örökség elvesztésének kockázata építményben
R ₄	gazdasági érték elvesztésének kockázata építményben
R _A	kockázati összetevő (élőlények sérülése – építményt érő villámcsapások)
R _B	kockázati összetevő (építményben keletkező fizikai károsodás - építményt érő villámcsapások)
R _C	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése - építményt érő villámcsapások)
R _M	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése – építmény környezetét érő villámcsapások)
R _U	kockázati összetevő (élőlények sérülése – csatlakozó vezetéket érő villámcsapás)
R _V	kockázati összetevő (építményben keletkező fizikai károsodás – csatlakozó vezetéket érő villámcsapás)
R _W	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése – csatlakozó vezetéket érő villámcsapások)
R _Z	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése – csatlakozó vezeték környezetét érő villámcsapások)

R_T	elfogadható kockázat (a károkockázat legnagyobb értéke, amely a védendő építmény esetében még elfogadható)
r_f	csökkentő tényező, amely egy építmény tűzkockázatát figyelembe veszi
r_p	csökkentő tényező, amely a tűz következményeinek csökkentésére irányuló intézkedéseket figyelembe veszi
S_M	éves megtakarítás
SPD	túlfeszültség-védelmi készülék – surge protective device
SPM	LEMP elleni védelmi intézkedések (intézkedések a LEMP által okozott villamos és elektronikus rendszerek kiesése kockázatának csökkentésére)
t_{ex}	a veszélyes, robbanóképes atmoszféra jelenlétének időtartama
W	az építmény szélessége
$Z(\ddot{O})$	övezetek az építményben

2. Szabványi alapok

A(z) MSZ EN 62305 szabványsorozat az alábbi részekből áll:

- MSZ EN 62305-1:2011 - „Villámvédelem – 1. rész: Általános alapelvek”
- MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) - „Villámvédelem – 2. rész: Kockázatkezelés”
- MSZ EN 62305-3:2011 - „Villámvédelem – 3. rész: Építmények fizikai károsodása és életveszély”
- MSZ EN 62305-4:2011 - „Villámvédelem – 4. rész: Villamos és elektronikus rendszerek épületekben”

3. Károkockázat és kárforrások

A villámcsapás következtében kialakuló károk elkerülése érdekében célzott védelmi intézkedéseket kell a védendő építményen végrehajtani. A(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) szabványban leírt kockázatkezelés, olyan kockázatelemzést tartalmaz, amelynek segítségével az építmény védelmi igénye a villámcsapásokkal kapcsolatban meghatározható. A kockázatkezelés célja, hogy a kockázatot védelmi intézkedésekkel elfogadható szintre csökkentsük.

A kockázatok bemutatása érdekében a vizsgálandó építményt először bármilyen védelmi intézkedés nélkül vizsgáljuk meg (jelenlegi állapot). Az építményt, valamint a csatlakozóvezetékét érő közvetlen/közvetett villámcsapás okozta veszélyeket R károkockázatnak nevezzük. A károkockázat a lehetséges éves veszteség mérőszáma. Egy tetszőleges építmény esetében a meghatározandó kockázatok az alábbiak lehetnek:

- R_1 kockázat: Emberi élet elvesztésének kockázata;
- R_2 kockázat: Közszolgáltatás kiesésének kockázata;
- R_3 kockázat: Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztésének kockázata;
- R_4 kockázat: Gazdasági veszteségek kockázata;

Ezen kockázatokat együtt, vagy csak egyes kockázatokat is lehet értékelni, a választott nézőpont alapján. Minden kockázathoz meghatározásra került egy ún. tolerálható, elfogadható kockázat számérték formájában. Annak érdekében, hogy az elfogadható kockázatot elérjük, műszakilag és gazdaságilag optimalizált védelmi intézkedéseket határozzunk meg, pl. külső villámvédelmi intézkedéseket a(z) MSZ EN 62305-3:2011 alapján, ill. túlfeszültség-védelmi intézkedéseket (SPM - Surge Protective Measures) a(z) MSZ EN 62305-4:2011 alapján.

Annak érdekében, hogy a veszélyek súlypontját pontosabban meg lehessen határozni, az egyes kockázatokat részleteiben is meg kell vizsgálni. Minden kockázat kockázati összetevők összegéből áll.

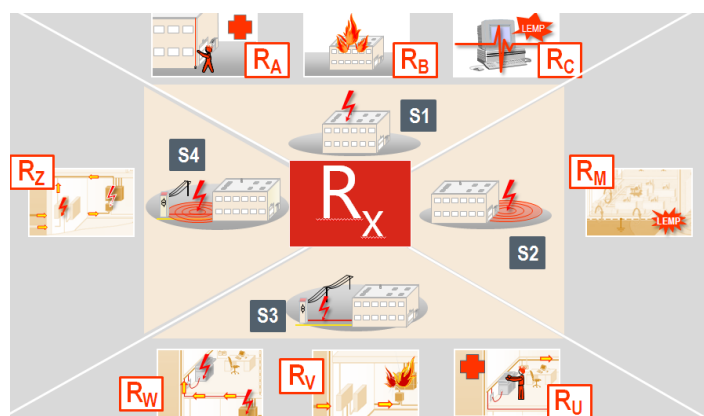
- $R_1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$
- $R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$
- $R_3 = R_B + R_V$
- $R_4 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$

Minden kockázati összetevő egy meghatározott veszélyt ír le. A kockázati összetevőkből eredeztethetők a lehetséges veszteségek. A veszteségek, amelyek a villámhatás következtében kialakulhatnak a következők lehetnek:

- L1 = Emberi élet elvesztése
- L2 = Közszolgáltatás kiesése
- L3 = Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztése
- L4 = Gazdasági veszteségek

Az egyes kockázati összetevőkhöz a lehetséges veszteségeket a következők alapján lehet hozzárendelni.

Az egyes kockázati összetevőket a kárforrások szerint csoportosíthatjuk.



S1 kárforrás: Az építményt érő közvetlen villámcsapás által létrejövő kockázati összetevők

- R_A** Élőlények sérülésére vonatkozó komponens. A villámcsapás által okozott érintési- vagy lépésfeszültség miatti villamos áramütés következtében az építményben vagy az építmény körül a levezetők 3 m-es környezetében alakul ki. A kockázatszámításban az L1 veszteségnél, továbbá mezőgazdasági üzemek esetében a haszonállatok lehetséges elvesztéseként az L4 kárforrásnál kell figyelembe venni.
- R_B** Komponens, ami fizikai károsodásra vonatkozik az építményen belül kialakuló veszélyes szikraképződés következtében létrejövő tűz és robbanás miatt. A vizsgált építmény környezete is veszélyben lehet. Minden veszteségfajtánál (L1, L2, L3, L4) felléphet.
- R_C** Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. Az L2 és L4 veszteségtípus minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

S2 kárforrás: Az építmény környezetét érő villámcsapás által az építményben létrejövő kockázati összetevők

- R_M** Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. Az L2 és L4 veszteségfajta minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

S3 kárforrás: A csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás által az építményben létrejövő kockázati összetevők

- R_U** Élőlények sérülésére vonatkozó komponens. A lépésfeszültség miatti villamos áramütés következtében az építményben alakulhat ki. A kockázatszámításban az L1 veszteségnél, továbbá mezőgazdasági üzemek esetében a haszonállatok lehetséges elvesztéseként az L4 kárforrásnál kell figyelembe venni.
- R_V** Komponens, ami a csatlakozó vezetékben folyó és az építménybe bevezetett villámáram által okozott fizikai károsodásra vonatkozik. (Tűz vagy robbanás kialakulása veszélyes szikraképződés következtében a külső installáció és az építményben lévő fémes vezető részek között, ami általában a csatlakozóvezeték

építménybe történő belépési pontján alakul ki). Minden veszteségtípus (L1, L2, L3, L4) kialakulhat.

R_w Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. A csatlakozóvezetékben keletkező túlfeszültségek okozzák, ami a csatlakozóvezeték mentén az építménybe is bevezetésre kerül. Az L2 és L4 veszteségtípus minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

S4 kárforrás: A csatlakozóvezeték környezetét érő villámcsapás által az építményben létrejövő kockázati összetevők

R_z Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. A csatlakozóvezetékben keletkező túlfeszültségek okozzák, ami a csatlakozóvezeték mentén az építménybe is bevezetésre kerül. Az L2 és L4 veszteségtípus minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

Az egyes kockázati komponensek nagysága alapján az egyes veszélyforrások elemezhetők és a lehetséges veszteségek elkerülése érdekében célzott védelmi intézkedések választhatók ki.

A(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) szabvány alapján, a(z) Szakdolgozat nevű projektre és a(z) TR1 nevű objektumra elvégzett kockázatelemzésben bemutatásra kerül a védelmi intézkedések szükségessége. Az értékelés alapján az építmény veszélyeztetési szintje meghatározásra került és szükség esetén a kockázatok csökkentésére védelmi intézkedések kerültek meghatározásra. A kockázatértékelés eredménye nemcsak a külső villámvédelem védelmi fokozatának meghatározása, hanem egy komplett védelmi koncepció, amely tartalmazza a LEMP elleni árnyékolási intézkedéseket is.

Az eredmény egy gazdaságilag értelmes védelmi intézkedéscsomag, amely illeszkedik a meglévő épülettulajdonságokhoz és az épület felhasználási jellegéhez.

4. Projekt adatai

4.1 Figyelembe veendő kockázatok

A(z) TR1 nevű építmény használati jellegének (rendeltetésének) megfelelően, a következő kockázatok kerültek kiválasztásra és figyelembe véve:

R ₁	Emberi élet elvesztésének kockázata;	R _T : 1,00E-05
kockázat:		

R2	Közszolgáltatás kiesésének kockázata;	R _T : 1,00E-03
kockázat:		

R4 Gazdasági veszteségek kockázata;
kockázat:

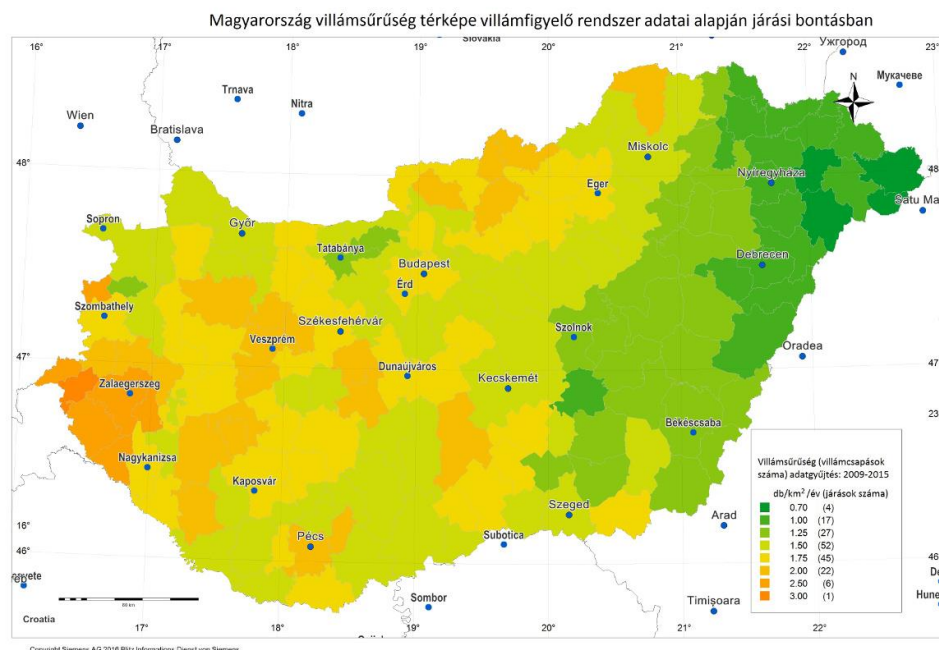
A kockázatok kiválasztásával az elfogadható kockázatok, R_T is meghatározásra kerültek.

A kockázatelemzés célja, hogy a meglévő kockázatot elfogadható (tolerálható), R_T kockázati szintre csökkentsse gazdaságilag ésszerű védelmi intézkedések kiválasztásával.

4.2 Geográfiai és épület-paraméterek

A kockázatelemzés alapjául a(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) szabvány szerint az N_G villámsűrűség szolgál. Ez a közvetlen villámcsapások számát $1/\text{év}/\text{km}^2$ mértékegységben határozza meg. A vizsgált objektum: TR1, helyén a villámsűrűség-térkép alapján $1,50$ villámcsapás/ $\text{év}/\text{km}^2$ került meghatározásra. Ebből számítással határozható meg az építmény helyszínén az évenkénti zivataros napok száma, melynek értéke $15,00$ nap.

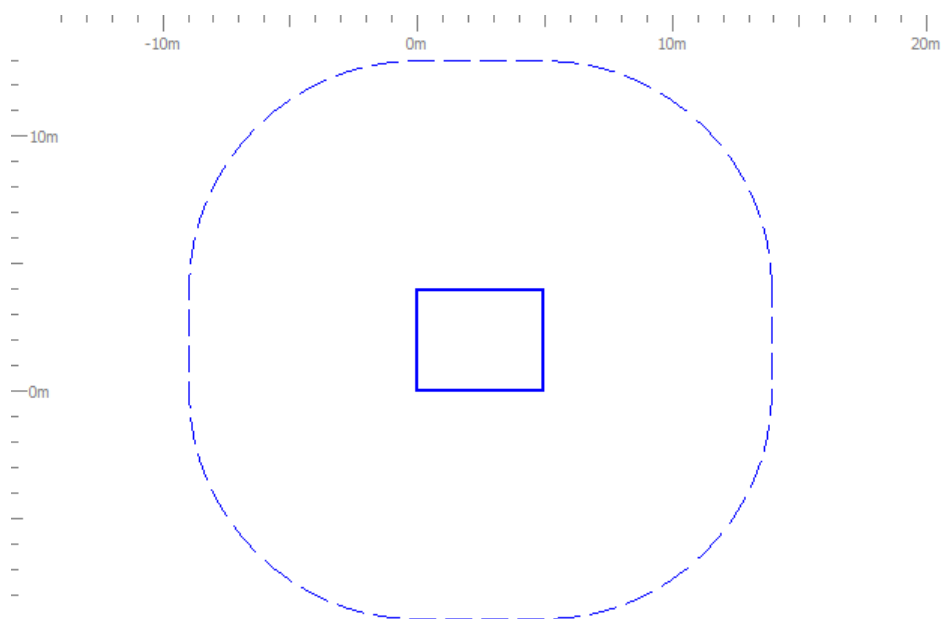
A villámsűrűség értéke a következő térkép alapján lett meghatározva:



Meghatározóak a közvetlen villámcsapás veszélye szempontjából a vizsgált épület geometriai méretei. Ezek képezik a közvetlen/közvetett villámcsapás gyűjtőterület-számításának alapját. A(z) TR1 nevű építmény a következő méretekkel rendelkezik:

L_b	Hossz:	5,00 m
W_b	Szélesség:	4,00 m
H_b	Magasság:	3,00 m
H_{pb}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ez alapján a közvetlen villámcsapás számított gyűjtőterülete 436,00 m², továbbá a közvetett villámcsapás (az építmény környezetét érő villámcsapás) gyűjtőterülete 794 398,00 m².



Fontos a közvetlen/közvetett villámcsapások számának meghatározásakor az építmény elhelyezkedése, relatív helyzete. A(z) TR1 nevű építmény esetében ez a következőképpen került meghatározásra:

C_{db} elhelyezkedési tényező: 1,00

Ha a villámsűrűséget az építmény gyűjtőterületére vonatkoztatjuk, és az építmény környezetét is figyelembe vesszük, akkor az építményt érő közvetlen villámcsapás gyakoriságára, N_D : 0,0007 villámcsapás/év, az építményt érő közvetett villámcsapás gyakoriságára N_M : 1,1916 villámcsapás/év érték adódik.

4.3 Az építmény felosztása villámvédelmi zónákra/övezetekre

A(z) TR1 nevű építményt a kockázatelemzés szempontjából nem volt indokolt villámvédelmi zónákra/övezetekre felosztani.

5. Csatlakozóvezetékek

A kockázatelemzés során minden, a vizsgált építménybe be- és kilépő csatlakozóvezeték figyelembe kell venni. A villamosan vezető csöveket nem kell figyelembe venni abban az esetben, ha ezek az építmény fő földelő sínjével össze vannak kötve. Ha ez az összekötés nincs kialakítva, akkor a villamosan vezető csővezetéseket is figyelembe kell venni a kockázatelemzésben (A potenciálkiegyenlítés követelményét figyelembe kell venni!).

A kockázatelemzésben a vizsgált TR1 nevű építményre a következő csatlakozóvezetéseket vettük figyelembe:

- TR1 KIF csatlakozó vezeték 1
- TR1 KIF csatlakozó vezeték 2
- TR1 KIF csatlakozó vezeték 3

- TR1 KIF csatlakozó vezeték 4
- TR1 KőF csatlakozó vezeték

5.1 TR1 KIF csatlakozó vezeték 1

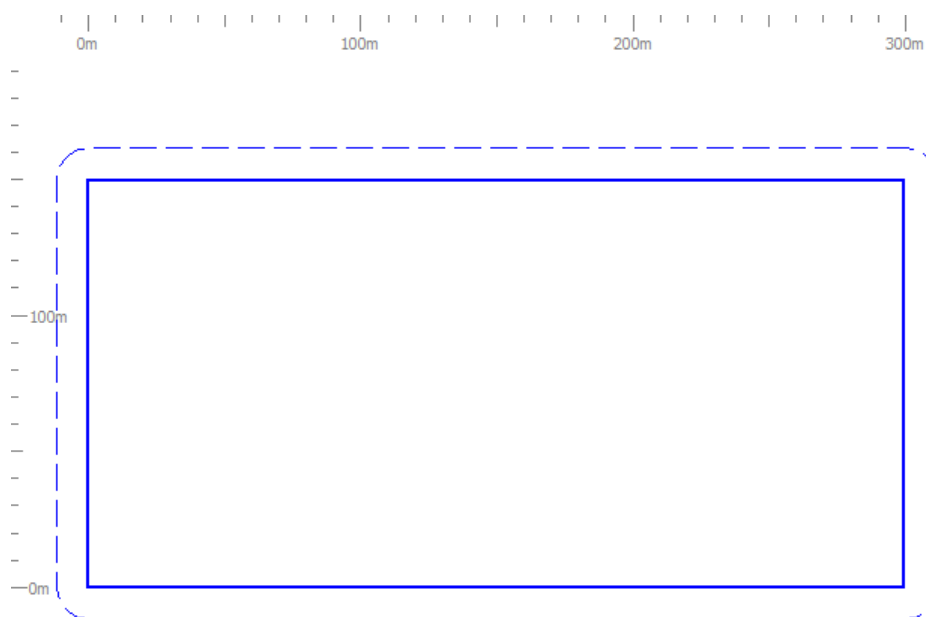
Installációs tényező:	Földkábel
Vezeték fajtája:	Erősáramú csatlakozóvezeték
Környezet:	Vidéki környezet
Vezeték csatlakozása:	Nincs különleges feltétel
Transzformátor:	Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték
Vezeték árnyékolása:	Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 100,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 100,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkal rendelkezik:

L_a	Hossz:	300,00 m
W_a	Szélesség:	150,00 m
H_a	Magasság:	4,00 m
H_{pa}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 4 000,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 400 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) TR1 KIF csatlakozó vezeték 1 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

5.2 TR1 KIF csatlakozó vezeték 2

Installációs tényező: Földkábel

Vezeték fajtája: Erősáramú csatlakozóvezeték

Környezet: Vidéki környezet

Vezeték csatlakozása: Nincs különleges feltétel

Transzformátor: Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték

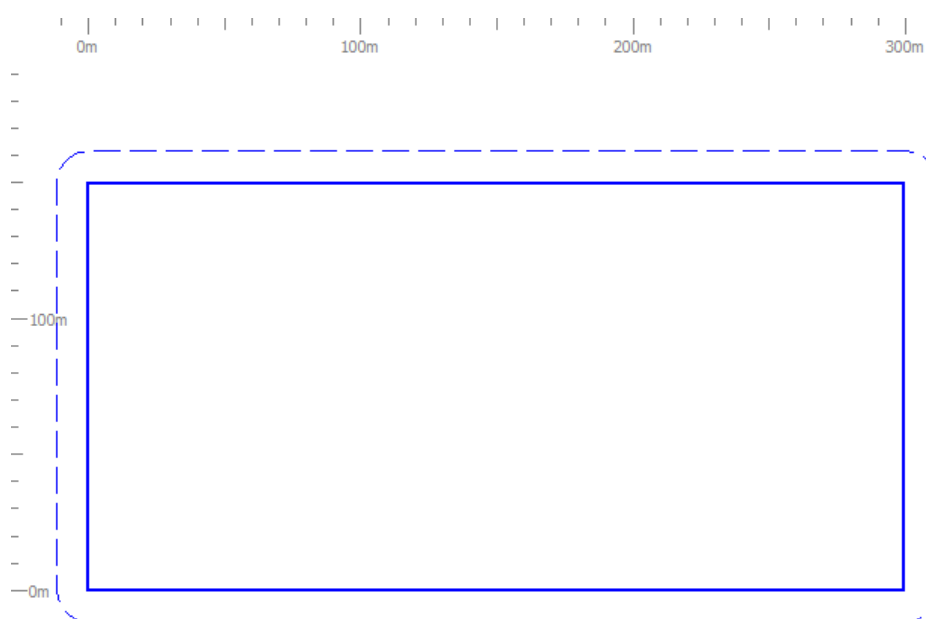
Vezeték árnyékolása: Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 120,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 120,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkel rendelkezik:

L_a	Hossz:	300,00 m
W_a	Szélesség:	150,00 m
H_a	Magasság:	4,00 m
H_{pa}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezeték érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 4 800,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 480 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) TR1 KIF csatlakozó

vezeték 2 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

5.3 TR1 KIF csatlakozó vezeték 3

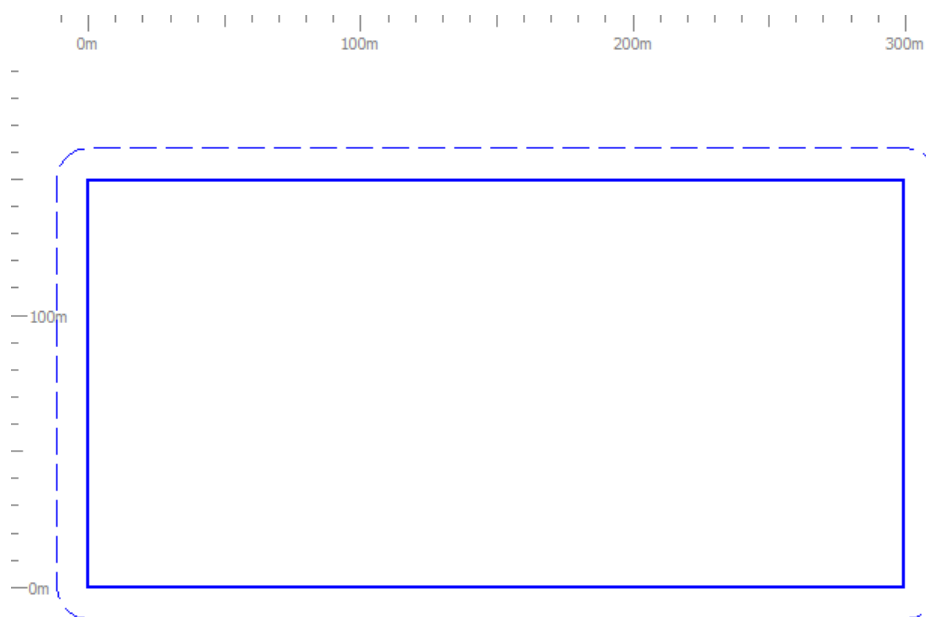
Installációs tényező:	Földkábel
Vezeték fajtája:	Erősáramú csatlakozóvezeték
Környezet:	Vidéki környezet
Vezeték csatlakozása:	Nincs különleges feltétel
Transzformátor:	Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték
Vezeték árnyékolása:	Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 150,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 150,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkkel rendelkezik:

L_a	Hossz:	300,00 m
W_a	Szélesség:	150,00 m
H_a	Magasság:	4,00 m
H_{pa}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 6 000,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 600 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) TR1 KIF csatlakozó vezeték 3 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

5.4 TR1 KIF csatlakozó vezeték 4

Installációs tényező: Földkábel

Vezeték fajtája: Erősáramú csatlakozóvezeték

Környezet: Vidéki környezet

Vezeték csatlakozása: Nincs különleges feltétel

Transzformátor: Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték

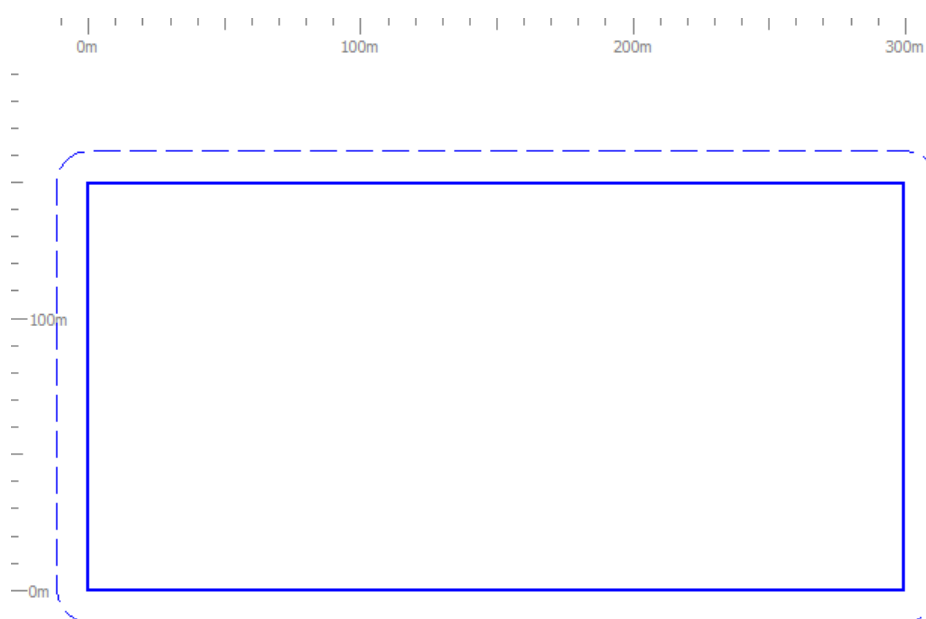
Vezeték árnyékolása: Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 200,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 200,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkel rendelkezik:

L_a	Hossz:	300,00 m
W_a	Szélesség:	150,00 m
H_a	Magasság:	4,00 m
H_{pa}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezeték érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 8 000,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 800 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) TR1 KIF csatlakozó

vezeték 4 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

5.5 TR1 KöF csatlakozó vezeték

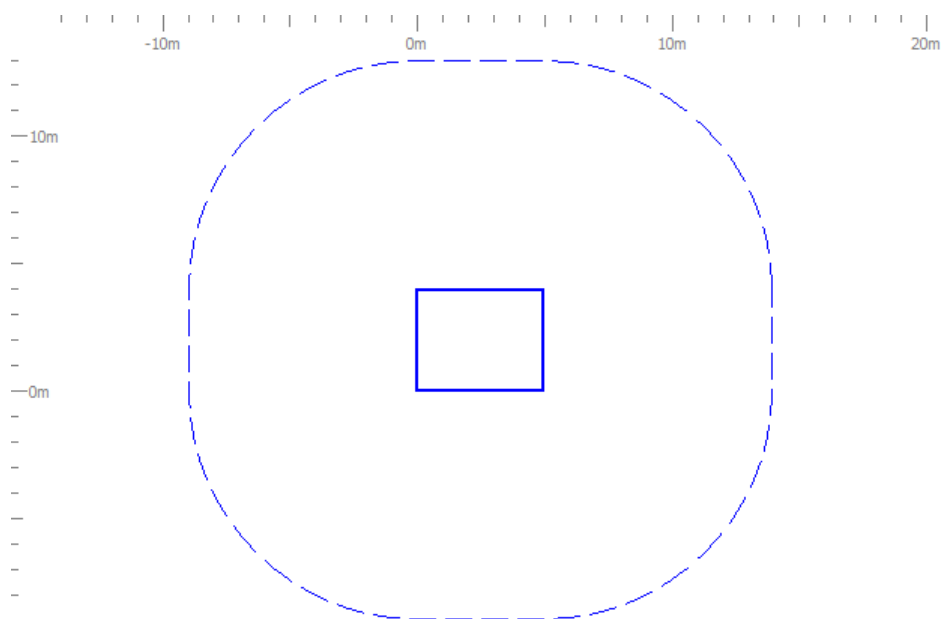
Installációs tényező:	Földkábel
Vezeték fajtája:	Erősáramú csatlakozóvezeték
Környezet:	Vidéki környezet
Vezeték csatlakozása:	Nincs különleges feltétel
Transzformátor:	Középfeszültségű csatlakozóvezeték (KöF/KiF transzformátorral)
Vezeték árnyékolása:	Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 400,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 400,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkkel rendelkezik:

L_a	Hossz:	5,00 m
W_a	Szélesség:	4,00 m
H_a	Magasság:	3,00 m
H_{pa}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 436,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 16 000,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 1 600 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) TR1 KöF csatlakozó vezeték nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, 1,0 kV < U_w ≤ 1,5 kV érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

6. Az építmény tulajdonságai

6.1 Tűz kockázata

A tűz kockázata az egyik legfontosabb kritérium az LPS (villámvédelemi rendszer) fokozatának meghatározása során. A tűz kockázatának besorolása a fajlagos tűzterhelésen alapul. A tűzterhelést **tűzvédelmi szaktervezőnek kell meghatároznia adott esetben az építmény tulajdonosával és az építmény kockázatait viselő biztosítótársasággal egyetértésben**. A következő kritériumokat különböztetjük meg:

- nincs tűzkockázat
- csekély tűzkockázat (a fajlagos tűzterhelés az épületben kisebb, mint 400 MJ/m²)
- normál tűzkockázat (a fajlagos tűzterhelés az épületben 400 MJ/m² és 800 MJ/m² között van)
- magas tűzkockázat (a fajlagos tűzterhelés az épületben nagyobb, mint 800 MJ/m²)
- robbanásveszély: Ex-zóna 2/22
- robbanásveszély: Ex-zóna 1/ 21

- robbanásveszély: Ex-zóna 0/20

A vizsgált építmény tűz kockázata fontos részét képezi a szükséges védelmi intézkedések meghatározásának. A tűz kockázata a(z) TR1 nevű építmény esetében a számítás során az alábbi besorolással került figyelembe vételre:

- Csekély tűzkockázat

6.2 A tűz következményeinek csökkentésére irányuló intézkedések

A tűz kockázatainak csökkentése érdekében a következő intézkedéseket választottuk ki a számítás során:

- Nincsenek meglévő intézkedések

6.3 Személyek rendkívüli veszélyeztetése az építményben

A(z) TR1 nevű építményben tartózkodó személyek száma alapján a lehetséges pánikveszélyre, a következő besorolást vettük figyelembe:

- Nincs rendkívüli veszélyeztetés

6.4 Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján

Az építmény rendeltetése:

Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján: Nincs

Koordinált túlfeszültség-védelem (SPM) minimális fokozata az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján:

6.5 Külső térbeli árnyékolás

A térbeli árnyékolás csillapítja a mágneses teret az építményen belül és csökkenti a belső lökőhullámokat, amelyet, az építményt valamint az építmény környezetét érő villámcsapás okoz.

A térbeli árnyékolás hálószerű potenciálkiegyenlítő rendszerrel is kialakítható, amelybe az építmény, valamint a belső rendszerek minden vezetőképes része be van vonva. A külső/belső térbeli árnyékolás, ezáltal csak egy részét képezi az árnyékolt épületszerkezetnek. Arra kell figyelni, hogy a fémfedés, valamint fémes burkolatok alkalmazása esetén az egyes elemek egymással és az épület potenciálkiegyenlítő hálózatával villamosan vezetőképesen, megfelelő módon összekötésre kerüljenek. Ennek során a megfelelő szabványi követelményeket be kell tartani.

A(z) TR1 nevű építmény külső térbeli árnyékolása:

- Nincs árnyékolás

7. Kockázatértékelés

Mint, ahogy a 4.1 pontban bemutatásra került, a 7. fejezetben az alábbi kockázatok kerültek kiértékelésre. A mindenkor kockázat esetében a kék oszlopdiagram mutatja az elfogadható

kockázat értékét, a zöld/piros oszlopdiaagram pedig a számítással meghatározott kockázatot.

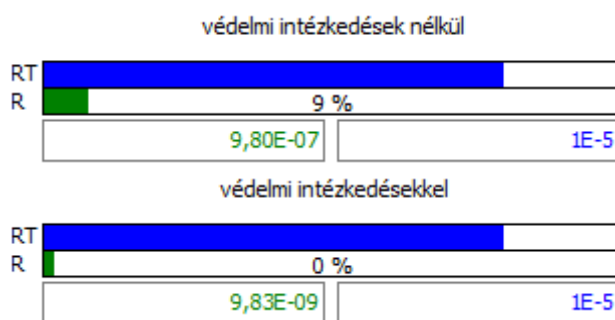
7.1 R1 kockázat, Emberi élet

A(z) TR1 nevű építmény belsejében illetve az építmény környezetében tartózkodó személyekre a következő kockázat került kiszámításra:

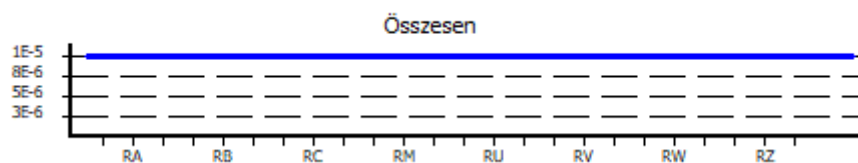
R_T elfogadható kockázat: $1,00E-05$

R1 számított kockázat (védelem nélkül): $9,80E-07$

R1 számított kockázat (védelemmel): $9,83E-09$



Az R1 kockázat az alábbi kockázati összetevőkből áll:



A meglévő kockázat csökkentése érdekében a(z) 8. fejezet szerinti védelmi intézkedések végrehajtására van szükség.

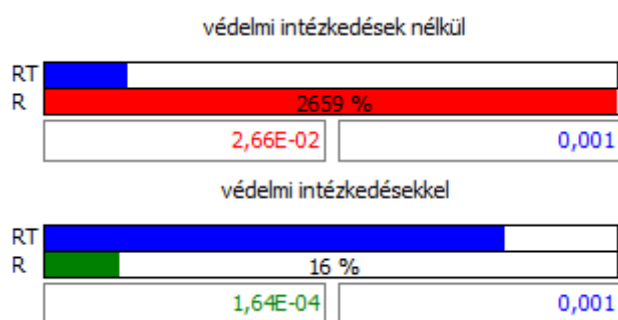
7.2 R2 kockázat, Közszolgáltatás

Az R2 kockázat, közszolgáltatás kiesése, TR1 nevű építmény esetében a következőképpen határozható meg:

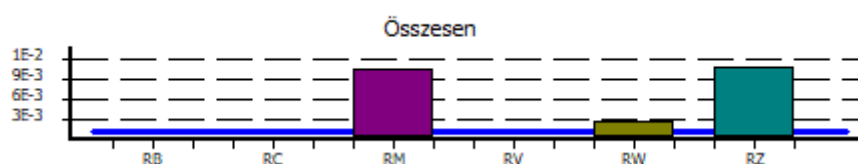
R_T elfogadható kockázat: $1,00E-03$

R2 számított kockázat (védelem nélkül): $2,66E-02$

R2 számított kockázat (védelemmel): 1,64E-04



Az R2 kockázat a következő kockázati összetevőkből áll:



A meglévő kockázat csökkentése érdekében a(z) 8. fejezet szerinti védelmi intézkedések végrehajtására van szükség.

7.3 R4 kockázat, Védelmi intézkedések gazdaságossága

A gazdasági elemzés során az R4 kockázatok összehasonlítását végeztük el.

- TR1 (Jelenlegi állapot)
- TR1 (Kívánt állapot)

Ennek a gazdasági elemzésnek az az eredménye, hogy az alkalmazandó védelmi intézkedések költsége, az építmény értékéhez viszonyítva gazdaságilag ésszerűnek tekinthető-e.

7.3.1 Számítási paraméterek a védelmi intézkedések éves költségéhez

i - kamatrátá:	0,00 %
a_t – amortizációs idő:	0,00 év
a - amortizációs ráta:	0,00 %
m – karbantartási ráta:	0,00 %

7.3.2 Az építmény költsége

L4ca - Állatok értéke az övezetben:	0 Ft
L4cb - Az övezet értéke:	20 000 000 Ft
L4cc - Az övezetben lévő javak értéke:	40 000 000 Ft
L4cs - Az övezetben lévő belső rendszerek értéke (ide értve a funkciójukat is):	30 000 000 Ft
Összesen:	90 000 000 Ft

Védelmi intézkedések egyszeri költsége: 0,00 Ft

7.3.3 R4 kockázat értékelése

A teljes veszteség költsége villámhatás következtében védelmi intézkedések alkalmazása nélkül:

C_L 813 000,50 Ft/év

A megmaradó veszteség költsége villámhatás következtében védelmi intézkedésekkel:

C_RL 5 072,35 Ft/év

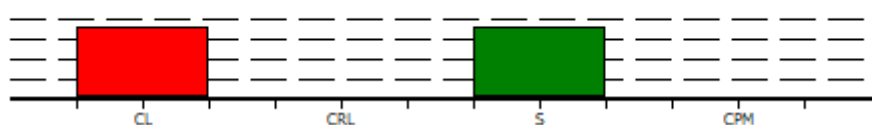
A védelmi intézkedések éves költsége 0,00 év amortizációs időre vonatkoztatva:

C_PM 0,00 Ft/év

Az éves megtakarítás az alkalmazott védelmi intézkedésekkel:

S_M 807 928,15 Ft/év

Ezáltal az alkalmazandó védelmi intézkedéseket gazdaságosnak lehet tekinteni.



8. Védelmi intézkedések kiválasztása

A következő védelmi intézkedések kiválasztásával a meglévő kockázat az elfogadható szintre csökkenthető.

Az alább kiválasztott védelmi intézkedések a(z) TR1 nevű objektum kockázatkezelésének részét képezik és csak ezzel összefüggésben érvényesek.

Intézkedések; Védelemmel / tervezett állapot:

Terület	Intézkedés	Tényező
pB:	LPS villámvédelmi rendszer LPS III védelmi fokozat	1.000E-01
pEB:	Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés Potenciálkiegyenlítés az LPL I szint szerint	1.000E-02
pa:	Áramütés elleni védelem (Építményt érő közvetlen villámcsapás) Figyelmeztető jelzések,	0,1
	<u>TR1 KIF csatlakozó vezeték 1:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02
	<u>TR1 KIF csatlakozó vezeték 2:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02
	<u>TR1 KIF csatlakozó vezeték 3:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02
	<u>TR1 KIF csatlakozó vezeték 4:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02
	<u>TR1 KöF csatlakozó vezeték:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02

9. Jogi kötelezettségek

Az elkészített kockázatértékelés az épület üzemeltetőjétől és/vagy tulajdonosától illetve szakképzett alkalmazottaktól kapott adatokon alapul, amely adatok jelen feltételezés szerint a helyszínen kerültek meghatározásra és értékelésre. Fel szeretnénk hívni a figyelmet arra, hogy a kapott bemenő adatokat a kockázatelemzés után még egyszer ellenőrizni kell.

A DEHNSupport programban a kockázatok számítással történő meghatározásának eljárása a(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4) szabványból került levezetésre.

A villámvédelmi kockázatelemzés, és a kockázatok becslése a szakma általánosan elismert szabályai valamint a rendelkezésre álló feltételezések, dokumentumok, ábrák, rajzok, méretek, paraméterek alapján történt. Amennyiben a kockázatelemzés kellő gondossággal készül, és a készítője legjobb tudása és lelkiismerete alapján jár el, akkor semmilyen jogi felelősség nem terheli.

—
helység, dátum

—
pecsét, aláírás

10. Általános információk

10.1 A külső villámvédelem komponensei

A külső villámvédelem kialakítása során felhasznált komponenseknek meg kell felelniük bizonyos mechanikai és villamos követelményeknek, amelyek az MSZ EN 62561-x szabványsorozatban vannak rögzítve. Ez a szabványsorozat az alábbi részekből áll:

- MSZ EN 62561-1:2017 Összekötő elemek követelményei
- MSZ EN 62561-2:2012 A vezetők és a földelők követelményei
- MSZ EN 62561-3:2018 Az összecsatoló szikraközök követelményei
- MSZ EN 62561-4:2018 Vezetőtartók követelményei
- MSZ EN 62561-5:2018 A földelők ellenőrzési aknáinak és a földelők tömítéseinek követelményei

10.1.1 MSZ EN 62561-1:2017 Összekötő elemek követelményei

Az összekötő elemekkel, mint például a kapcsokkal szemben támasztott követelmények az MSZ EN 62561-1 szabványban vannak rögzítve. Ez a külső villámvédelmet kivitelező villamos szakember számára azt jelenti, hogy az összekötő elemeket a beépítés helyén várható terhelés alapján kell kiválasztani (H vagy N változat). Így például felfogócsúcs esetében (100%-os villámáram) H (100 kA) terhelhetőségű kapcsot kell választani, míg felfogóháló vagy földbe történő bevezetés esetén (a villámáram már több ágára eloszlott) N (50 kA) terhelhetőségű kapcsot kell választani.

A fenti különböző terhelhetőségeknek megfelelő alkalmazást gyártói vizsgálati jegyzőkönyvekkel kell igazolni.

10.1.2 MSZ EN 62561-2:2012 A vezetők és a földelők követelményei

A vezetőkkel szemben, mint pl. felfogó- és levezetőkkel illetve földelővezetőkkel szemben az MSZ EN 62561-2 konkrét követelményeket támaszt. Ezek a következőképpen foglalhatók össze:

- mechanikai tulajdonságok (minimális folyási- és szakítószilárdság),
- villamos tulajdonságok (maximális fajlagos ellenállás) és
- korrózióvédelmi tulajdonságok (mesterséges öregítés).

A földelőkkel és mélyföldelőkkel szemben az MSZ EN 62561-2 szabvány külön követelményeket határoz meg. Ebben az esetben mindenképp az anyag típusa, a geometria, a minimálisan használható méretek és a villamos tulajdonságok fontosak.

Ezek a szabványból származó követelmények fontos termékjellemzők, amelyeket a gyártói dokumentumokban és a termék adatlapján fel kell tüntetni.

10.1.3 MSZ EN 62561-3:2018 Az összezsztatoló szikraközök követelményei

Az összezsztatoló szikraközöket földelőrendszerek galvanikus leválasztására lehet használni.

Az összezsztatoló szikraközök kialakítása szempontjából az MSZ EN 62561-3 meghatározza, hogy ezeket úgy kell méretezni, hogy az egyes komponensek, amennyiben a gyártói adatoknak megfelelően vannak beépítve megbízhatóan, tartósan és biztonságosan működjenek a személyek és a környező berendezések veszélyeztetése nélkül.

10.1.4 MSZ EN 62561-4:2018 Vezetőtartók követelményei

Az MSZ EN 62561-4 rögzíti a fémes és nemfémes anyagból készült, a felfogóval és levezetővel kapcsolatba kerülő vezetőtartók műszaki követelményeit és bevizsgálásának módját.

10.1.5 MSZ EN 62561-5:2018 A földelők ellenőrzési aknáinak és a földelők tömítéseinek követelményei

Minden vizsgáló dobozt és földelőátvezetőt úgy kell kialakítani és megtervezni, hogy rendeltetésszerű használat mellett megbízhatóan és személyek vagy a környezet veszélyeztetése nélkül üzemeljenek.

Az MSZ EN 62561-5 a vizsgálódobozok és földelőátvezetők műszaki követelményeit és bevizsgálásának módját írja elő (pl. tömítettségi vizsgálat).

10.1.6 MSZ EN 62561-6:2012 Villámcsapás-számlálók (LSC) követelményei

Az MSZ EN 62561-6 a villámcsapás számlálók követelményeit és vizsgálati eljárásait határozza meg. A villámcsapás-számlálók villám-részáramot vezető áramútba kell beépíteni, amely a beépítés helyén, az áramútban érzékelt villámáram-impulzusok számát adja meg. Ilyen áramút lehet a külső villámvédelmi rendszer (LPS) egy levezetője, SPD – túlfeszültség-védelmi készülék bekötővezetéke (vagy bármilyen más vezető, amely nem arra a célra készült, hogy a villámáram jelentős részét vezesse).

10.1.7 MSZ EN 62561-7:2012 Földelésjavító anyagok követelményei

Az MSZ EN 62561-7 szabvány a földelésjavító anyagok követelményeivel és vizsgálati eljárásaival foglalkozik. A földelésjavító anyagok alkalmazásával csökkenthető a földelő rendszer földelési szétterjedési ellenállása. Ezen anyagoknak a földelőszondák és földelővezetők talajban lévő részének környezetében való alkalmazásával tartósan kis értékű, az évszakoktól és csapadéktól független földelési ellenállás biztosítható.

11. Fogalmak magyarázata

Koordinált túlfeszültség-védelmi (SPD) rendszer

Túlfeszültség-védelmi készülékek (SPD - Surge Protective Device) szakszerűen kiválasztott, telepített és összehangolt működésű rendszere, amely a villamos és elektronikus rendszerek

kiesésének veszélyét lecsökkenti.

Szigetelő interfész

Olyan készülékek, amelyek egy LPZ zónába belépő vezetékeken a lökőhullámokat csökkenteni képesek. Ilyen készülékek például a szigetelő transzformátorok földelt árnyékolással a tekercselések között, fémeket nem tartalmazó optikai kábelek és optocsatlók. Ezen készülék szigetelési szilárdságának önállóan vagy SPD-k segítségével meg kell felelnie az alkalmazáshoz előírtaknak.

LEMP, elektromágneses villámimpulzus [en: lightning electromagnetic impulse]

A villámáram elektromágneses hatásainak összessége, amely galvanikus, induktív vagy kapacitív csatolással vezeték mentén terjedő lökőhullámokat és elektromágneses impulzusmezőket hoznak létre.

LP, villámvédelem [en: lightning protection]

Teljeskörű rendszer építmények védelmére, beleértve a belső rendszereket és az épületben lévő javakat is, valamint az emberek védelmét a villámcsapások hatásai ellen. A villámvédelem villámvédelmi rendszerből (LPS) és a LEMP elleni védelmi intézkedésekből áll.

LPL, villámvédelmi szint [en: lightning protection level]

A villámparaméterek értékeinek olyan csoportjához rendelt szám, amely akkora valószínűséghez tartozik, amelynél a vonatkozó legnagyobb és legkisebb tervezési értékeket az általában előforduló villámparaméterek nem lépik túl.

LPS, villámvédelmi rendszer [en: lightning protection system]

Az építményt érő villámcsapások által okozott fizikai károsodás csökkentésére szolgáló teljes rendszer.

EB – Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés (en: lightning equipotential bonding)

Egymástól különálló fémes részek potenciálkiegyenlítése a villámvédelmi rendszerrel (LPS) közvetlen összekötés révén vagy túlfeszültség-védelmi készüléken keresztül a villámáram által okozott potenciálkülönbségek csökkentésére.

SPD, túlfeszültség-védelmi készülék [en: surge protective device]

Olyan eszköz, amelynek rendeltetése a tranziens túlfeszültségek korlátozása és a lököáramok levezetése. Legalább egy nemlineáris alkotóelemet tartalmaz.

Csomópont

A csatlakozóvezeték olyan pontja, amelyen a lökőhullám áthatolása feltételezhetően elhanyagolható.

Csomópontokra példák az energetikai vezetékek elosztási pontjai, pl. KöF/KiF-transzformátorok, alállomások, a távközlési hálózaton alközpontok vagy berendezések (pl. multiplexer vagy xDSL készülék).

Fizikai károsodás

A villám mechanikai, hő-, vegyi vagy robbantó hatásai következtében az építményben (vagy a benne lévő javakban) bekövetkezett károsodás.

Élőlények sérülése

A villámcsapás által okozott érintési vagy lépésfeszültség miatti áramütés következtében az emberek vagy állatok tartós sérülése, ideértve az élet elvesztését is.

R, kockázat

A villám által okozott évenkénti (emberi és anyagi) veszteség várható átlagos értéke a védendő objektum teljes (emberi és anyagi) értékéhez viszonyítva.

Z(Ö), az építmény övezete

Az építmény azonos jellemzőkkel leírható része, ahol a kockázati összetevő meghatározásához csak egyféle paraméterkészletet kell figyelembe venni.

LPZ, villámvédelmi zóna [en: lightning protection zone]

Az a zóna, amelyben a villám elektromágneses tere meghatározott. Egy villámvédelmi zóna határai nem szükségszerűen esnek egybe a fizikai határokkal (pl. falak, padló és mennyezet).

Mágneses árnyékolás

A védendő objektumot vagy annak egy részét körülvevő zárt, fémes, rácsszerű vagy folytonos árnyékolás, amely csökkenti a villamos és elektronikus rendszerek meghibásodását.

Villámvédelmi kábel

Olyan, megnövelt villamos szilárdságú különleges kábel, amelynek fémes köpenye vagy közvetlenül, vagy vezetőképes műanyag burkolaton keresztül folytonosan érintkezik a talajjal.

Villámvédelmi kábelcsatorna

A talajjal tartósan érintkező, kis fajlagos ellenállású kábelcsatorna (pl. egymással összekötött szerkezeti betonvas elemeket tartalmazó beton- vagy fémcatorna).

4. számú melléklet
Villámvédelmi kockázatelemzés
- napelemes mező

Dátum: 2021. 12. 15.

Projekt sz.: 11/025

Villámvédelmi kockázatelemzés

készült a(z)

IEC 62305-2:2010-12

nemzetközi szabvány alapján

a(z)

MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4)

szabvány nemzeti függelékeinek figyelembe vételével

**Intézkedések összefoglalása
villámhatás okozta károk csökkentésére,
kockázatelemzés alapján,
a következő projekthez:**

Projekt-/objektum adatai:

Szakdolgozat

2083 Solymár

H

Vevő/megrendelő:

A kockázatelemzést készítette:

Károlyi Viktor

Tartalomjegyzék

- 1. Rövidítések jegyzéke**
- 2. Szabványi alapok**
- 3. Kárkockázat és kárforrások**
- 4. Projekt adatai**
 - 4.1. Figyelembe veendő kockázatok
 - 4.2. Geográfiai és épület-paraméterek
 - 4.3. Az építmény felosztása villámvédelmi zónákra/övezetekre
- 5. Csatlakozóvezetékek**
- 6. Az építmény tulajdonságai**
 - 6.1. Tűz kockázata
 - 6.2. A tűz következményeinek csökkentésére irányuló intézkedések
 - 6.3. Személyek rendkívüli veszélyeztetése az építményben
 - 6.4. Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján
 - 6.5. Külső térbeli árnyékolás
- 7. Kockázatértékelés**
 - 7.1. R1 kockázat, Emberi élet
 - 7.2. R2 kockázat, Közszolgáltatás
 - 7.3. R4 kockázat, Védelmi intézkedések gazdaságossága
 - 7.3.1. Számítási paraméterek a védelmi intézkedések éves költségéhez
 - 7.3.2. Az építmény költsége
- 8. Védelmi intézkedések kiválasztása**
- 9. Jogi kötelezettségek**
- 10. Általános információk**
- 11. Fogalmak magyarázata**

1. Rövidítések jegyzéke

a	amortizációs ráta
a_t	amortizációs idő
c_a	állatok értéke az övezetben, pénzben kifejezve
c_b	építmény övezetének értéke, pénzben kifejezve
c_c	övezetben lévő javak értéke, pénzben kifejezve
c_s kifejezve	belső rendszerek értéke az övezetben (beleértve a funkciójukat is) pénzben kifejezve
c_t	az építmény teljes értéke, pénzben kifejezve
$C_D; C_{DJ}$	elhelyezkedési tényező
C_L	teljes veszteség éves költsége védelmi intézkedések nélkül
C_{PM}	a kiválasztott védelmi intézkedések éves költsége
C_{RL}	megmaradó veszteségek költsége védelmi intézkedések mellett
EB	villámvédelmi potenciálkiegyenlítés – Lightning Equipotential Bonding
H	az építmény magassága
H_p	az építmény legmagasabb pontja
i	kamatláb
K_{S1}	tényező, amely az építmény árnyékolásának hatékonyságát veszi figyelembe (külső térbeli árnyékolás)
K_{S1W}	az árnyékolás hálózata az építményben
K_{S2}	tényező, amely az építmény belsejében az árnyékolás hatékonyságát veszi figyelembe (belső térbeli árnyékolás)
K_{S2W}	az árnyékolás hálózata az építmény belsejében
L1	emberi élet elvesztése
L2	közforgalom kiesése
L3	pótolhatatlan kulturális örökség elvesztése
L4	gazdasági veszteségek
L	az építmény hossza
LEMP	elektromágneses villámimpulzus – Lightning Electromagnetic Impulse
LP	villámvédelem – Lightning Protection (villámvédelmi rendszerből (LPS) és a LEMP elleni védelmi intézkedésekből áll)
LPL	villámvédelmi szint – Lightning Protection Level

LPS	villámvédelmi rendszer – Lightning Protection System
LPZ	villámvédelmi zóna – Lightning Protection Zone (olyan zóna, ahol az elektromágneses környezet a villámveszélyeztetés szempontjából definiálva van)
m	karbantartási ráta
N _D	az építményt érő villámcsapások által okozott veszélyes események száma
N _M	az építmény környezetét érő villámcsapások által okozott veszélyes események száma
N _G	villámsűrűség
P _B	építményben keletkező fizikai károsodás valószínűsége villámcsapás következtében
PEB	károsodás valószínűsége villámvédelmi potenciálkiegyenlítés esetén
PSPD	belső rendszerek károsodásának valószínűsége koordinált túlfeszültség-védelmi (SPD) intézkedések esetén
R	kockázat
R ₁	emberi élet elvesztésének kockázata építményben
R ₂	közszolgáltatás kiesésének kockázata építményben
R ₃	pótolhatatlan kulturális örökség elvesztésének kockázata építményben
R ₄	gazdasági érték elvesztésének kockázata építményben
R _A	kockázati összetevő (élőlények sérülése – építményt érő villámcsapások)
R _B	kockázati összetevő (építményben keletkező fizikai károsodás - építményt érő villámcsapások)
R _C	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése - építményt érő villámcsapások)
R _M	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése – építmény környezetét érő villámcsapások)
R _U	kockázati összetevő (élőlények sérülése – csatlakozó vezetéket érő villámcsapás)
R _V	kockázati összetevő (építményben keletkező fizikai károsodás – csatlakozó vezetéket érő villámcsapás)
R _W	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése – csatlakozó vezetéket érő villámcsapások)
R _Z	kockázati összetevő (belső rendszerek kiesése – csatlakozó vezeték környezetét érő villámcsapások)

R_T	elfogadható kockázat (a károkockázat legnagyobb értéke, amely a védendő építmény esetében még elfogadható)
r_f	csökkentő tényező, amely egy építmény tűzkockázatát figyelembe veszi
r_p	csökkentő tényező, amely a tűz következményeinek csökkentésére irányuló intézkedéseket figyelembe veszi
S_M	éves megtakarítás
SPD	túlfeszültség-védelmi készülék – surge protective device
SPM	LEMP elleni védelmi intézkedések (intézkedések a LEMP által okozott villamos és elektronikus rendszerek kiesése kockázatának csökkentésére)
t_{ex}	a veszélyes, robbanóképes atmoszféra jelenlétének időtartama
W	az építmény szélessége
$Z(\ddot{O})$	övezetek az építményben

2. Szabványi alapok

A(z) MSZ EN 62305 szabványsorozat az alábbi részekből áll:

- MSZ EN 62305-1:2011 - „Villámvédelem – 1. rész: Általános alapelvek”
- MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) - „Villámvédelem – 2. rész: Kockázatkezelés”
- MSZ EN 62305-3:2011 - „Villámvédelem – 3. rész: Építmények fizikai károsodása és életveszély”
- MSZ EN 62305-4:2011 - „Villámvédelem – 4. rész: Villamos és elektronikus rendszerek épületekben”

3. Károkockázat és kárforrások

A villámcsapás következtében kialakuló károk elkerülése érdekében célzott védelmi intézkedéseket kell a védendő építményen végrehajtani. A(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) szabványban leírt kockázatkezelés, olyan kockázatelemzést tartalmaz, amelynek segítségével az építmény védelmi igénye a villámcsapásokkal kapcsolatban meghatározható. A kockázatkezelés célja, hogy a kockázatot védelmi intézkedésekkel elfogadható szintre csökkentsük.

A kockázatok bemutatása érdekében a vizsgálandó építményt először bármilyen védelmi intézkedés nélkül vizsgáljuk meg (jelenlegi állapot). Az építményt, valamint a csatlakozóvezetékét érő közvetlen/közvetett villámcsapás okozta veszélyeket R károkockázatnak nevezzük. A károkockázat a lehetséges éves veszteség mérőszáma. Egy tetszőleges építmény esetében a meghatározandó kockázatok az alábbiak lehetnek:

- R_1 kockázat: Emberi élet elvesztésének kockázata;
- R_2 kockázat: Közszolgáltatás kiesésének kockázata;
- R_3 kockázat: Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztésének kockázata;
- R_4 kockázat: Gazdasági veszteségek kockázata;

Ezen kockázatokat együtt, vagy csak egyes kockázatokat is lehet értékelni, a választott nézőpont alapján. Minden kockázathoz meghatározásra került egy ún. tolerálható, elfogadható kockázat számérték formájában. Annak érdekében, hogy az elfogadható kockázatot elérjük, műszakilag és gazdaságilag optimalizált védelmi intézkedéseket határozzunk meg, pl. külső villámvédelmi intézkedéseket a(z) MSZ EN 62305-3:2011 alapján, ill. túlfeszültség-védelmi intézkedéseket (SPM - Surge Protective Measures) a(z) MSZ EN 62305-4:2011 alapján.

Annak érdekében, hogy a veszélyek súlypontját pontosabban meg lehessen határozni, az egyes kockázatokat részleteiben is meg kell vizsgálni. Minden kockázat kockázati összetevők összegéből áll.

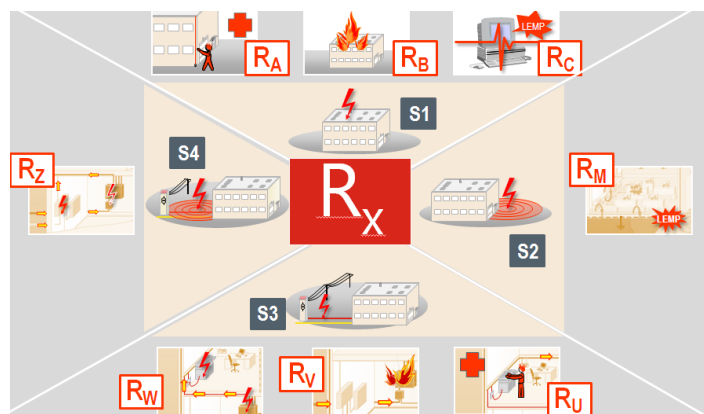
- $R_1 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$
- $R_2 = R_B + R_C + R_M + R_V + R_W + R_Z$
- $R_3 = R_B + R_V$
- $R_4 = R_A + R_B + R_C + R_M + R_U + R_V + R_W + R_Z$

Minden kockázati összetevő egy meghatározott veszélyt ír le. A kockázati összetevőkből eredeztethetők a lehetséges veszteségek. A veszteségek, amelyek a villámhatás következtében kialakulhatnak a következők lehetnek:

- L1 = Emberi élet elvesztése
- L2 = Közszolgáltatás kiesése
- L3 = Pótolhatatlan kulturális örökség elvesztése
- L4 = Gazdasági veszteségek

Az egyes kockázati összetevőkhöz a lehetséges veszteségeket a következők alapján lehet hozzárendelni.

Az egyes kockázati összetevőket a kárforrások szerint csoportosíthatjuk.



S1 kárforrás: Az építményt érő közvetlen villámcsapás által létrejövő kockázati összetevők

- R_A** Élőlények sérülésére vonatkozó komponens. A villámcsapás által okozott érintési- vagy lépésfeszültség miatti villamos áramütés következtében az építményben vagy az építmény körül a levezetők 3 m-es környezetében alakul ki. A kockázatszámításban az L1 veszteségnél, továbbá mezőgazdasági üzemek esetében a haszonállatok lehetséges elvesztéseként az L4 kárforrásnál kell figyelembe venni.
- R_B** Komponens, ami fizikai károsodásra vonatkozik az építményen belül kialakuló veszélyes szikraképződés következtében létrejövő tűz és robbanás miatt. A vizsgált építmény környezete is veszélyben lehet. Minden veszteségfajtánál (L1, L2, L3, L4) felléphet.
- R_C** Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. Az L2 és L4 veszteségtípus minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

S2 kárforrás: Az építmény környezetét érő villámcsapás által az építményben létrejövő kockázati összetevők

- R_M** Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. Az L2 és L4 veszteségfajta minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

S3 kárforrás: A csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás által az építményben létrejövő kockázati összetevők

- R_U** Élőlények sérülésére vonatkozó komponens. A lépésfeszültség miatti villamos áramütés következtében az építményben alakulhat ki. A kockázatszámításban az L1 veszteségnél, továbbá mezőgazdasági üzemek esetében a haszonállatok lehetséges elvesztéseként az L4 kárforrásnál kell figyelembe venni.
- R_V** Komponens, ami a csatlakozó vezetékben folyó és az építménybe bevezetett villámáram által okozott fizikai károsodásra vonatkozik. (Tűz vagy robbanás kialakulása veszélyes szikraképződés következtében a külső installáció és az építményben lévő fémes vezető részek között, ami általában a csatlakozóvezeték

építménybe történő belépési pontján alakul ki). Minden veszteségtípus (L1, L2, L3, L4) kialakulhat.

R_w Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. A csatlakozóvezetékben keletkező túlfeszültségek okozzák, ami a csatlakozóvezeték mentén az építménybe is bevezetésre kerül. Az L2 és L4 veszteségtípus minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

S4 kárforrás: A csatlakozóvezeték környezetét érő villámcsapás által az építményben létrejövő kockázati összetevők

R_z Komponens, ami LEMP következtében a belső rendszerek kiesésére vonatkozik. A csatlakozóvezetékben keletkező túlfeszültségek okozzák, ami a csatlakozóvezeték mentén az építménybe is bevezetésre kerül. Az L2 és L4 veszteségtípus minden esetben felléphet, ezen kívül esetenként az L1 veszteség is megjelenhet, olyan létesítmények esetében, ahol robbanásveszélyes zóna van jelen illetve kórházakban és más létesítményekben, ahol a belső rendszerek kiesése közvetlenül az emberi élet veszélyeztetését okozhatja.

Az egyes kockázati komponensek nagysága alapján az egyes veszélyforrások elemezhetők és a lehetséges veszteségek elkerülése érdekében célzott védelmi intézkedések választhatók ki.

A(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.2+7.3) szabvány alapján, a(z) Szakdolgozat nevű projektre és a(z) napelemes mező nevű objektumra elvégzett kockázatelemzésben bemutatásra kerül a védelmi intézkedések szükségessége. Az értékelés alapján az építmény veszélyeztetési szintje meghatározásra került és szükség esetén a kockázatok csökkentésére védelmi intézkedések kerültek meghatározásra. A kockázatértékelés eredménye nemcsak a külső villámvédelem védelmi fokozatának meghatározása, hanem egy komplett védelmi koncepció, amely tartalmazza a LEMP elleni árnyékolási intézkedéseket is.

Az eredmény egy gazdaságilag értelmes védelmi intézkedéscsomag, amely illeszkedik a meglévő épülettulajdonságokhoz és az épület felhasználási jellegéhez.

4. Projekt adatai

4.1 Figyelembe veendő kockázatok

A(z) napelemes mező nevű építmény használati jellegének (rendeltetésének) megfelelően, a következő kockázatok kerültek kiválasztásra és figyelembe véve:

R ₁	Emberi élet elvesztésének kockázata;	R _T : 1,00E-05
kockázat:		

R ₂	Közszolgáltatás kiesésének kockázata;	R _T : 1,00E-03
kockázat:		

R₄ Gazdasági veszteségek kockázata;
kockázat:

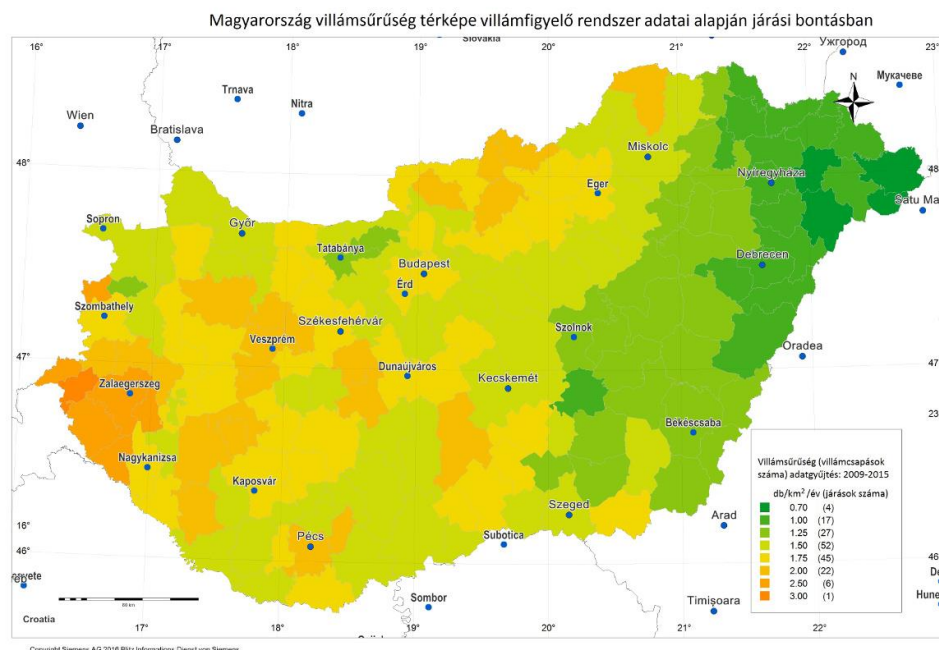
A kockázatok kiválasztásával az elfogadható kockázatok, R_T is meghatározásra kerültek.

A kockázatelemzés célja, hogy a meglévő kockázatot elfogadható (tolerálható), RT kockázati szintre csökkentse gazdaságilag ésszerű védelmi intézkedések kiválasztásával.

4.2 Geográfiai és épület-paraméterek

A kockázatelemzés alapjául a(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4) szabvány szerint az N_G villámsűrűség szolgál. Ez a közvetlen villámcsapások számát $1/\text{év}/\text{km}^2$ mértékegységben határozza meg. A vizsgált objektum: napelemes mező, helyén a villámsűrűség-térkép alapján $1,50$ villámcsapás/ $\text{év}/\text{km}^2$ került meghatározásra. Ebből számítással határozható meg az építmény helyszínén az évenkénti zivataros napok száma, melynek értéke $15,00$ nap.

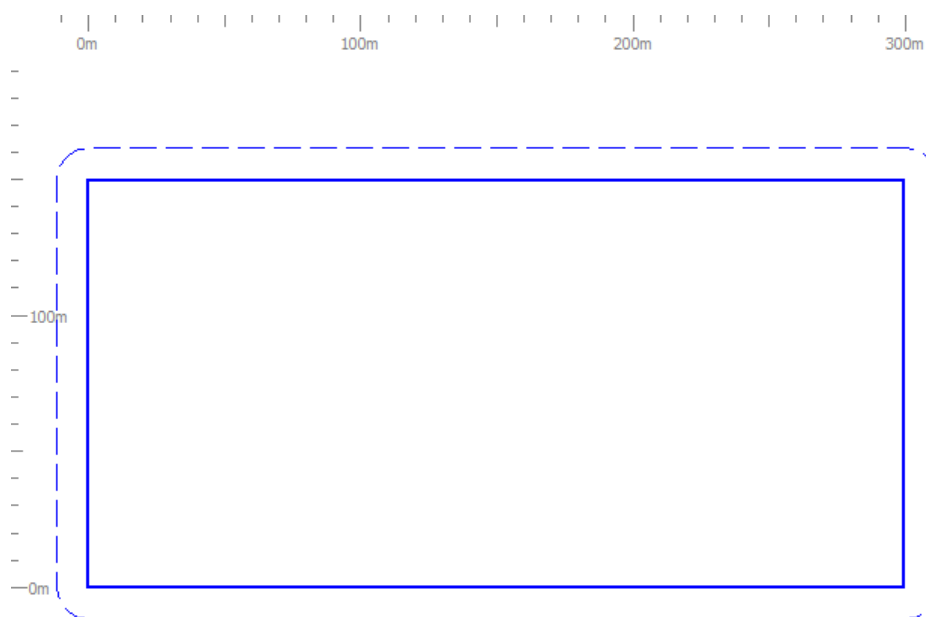
A villámsűrűség értéke a következő térkép alapján lett meghatározva:



Meghatározóak a közvetlen villámcsapás veszélye szempontjából a vizsgált épület geometriai méretei. Ezek képezik a közvetlen/közvetett villámcsapás gyűjtőterület-számításának alapját. A(z) napelemez mező nevű építmény a következő méretekkel rendelkezik:

L_a	Hossz:	300,00 m
W_a	Szélesség:	150,00 m
H_a	Magasság:	4,00 m
H_{pa}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ez alapján a közvetlen villámcsapás számított gyűjtőterülete 436,00 m², továbbá a közvetett villámcsapás (az építmény környezetét érő villámcsapás) gyűjtőterülete 794 398,00 m².



Fontos a közvetlen/közvetett villámcsapások számának meghatározásakor az építmény elhelyezkedése, relatív helyzete. A(z) napelemes nevű építmény esetében ez a következőképpen került meghatározásra:

C_{db} elhelyezkedési tényező: 1,00

Ha a villámsűrűséget az építmény gyűjtőterületére vonatkoztatjuk, és az építmény környezetét is figyelembe vesszük, akkor az építményt érő közvetlen villámcsapás gyakoriságára, N_D : 0,0007 villámcsapás/év, az építményt érő közvetett villámcsapás gyakoriságára N_M : 1,1916 villámcsapás/év érték adódik.

4.3 Az építmény felosztása villámvédelmi zónákra/övezetekre

A(z) napelemes mező nevű építményt a kockázatelemzés szempontjából nem volt indokolt villámvédelmi zónákra/övezetekre felosztani.

5. Csatlakozóvezetékek

A kockázatelemzés során minden, a vizsgált építménybe be- és kilépő csatlakozóvezetéket figyelembe kell venni. A villamosan vezető csöveket nem kell figyelembe venni abban az esetben, ha ezek az építmény fő földelő sínjével össze vannak kötve. Ha ez az összekötés nincs kialakítva, akkor a villamosan vezető csővezetéseket is figyelembe kell venni a kockázatelemzésben (A potenciálkiegyenlítés követelményét figyelembe kell venni!).

A kockázatelemzésben a vizsgált napelemes mező nevű építményre a következő csatlakozóvezetéseket vettük figyelembe:

- AC csatlakozóvezeték 1

- AC csatlakozóvezeték 2
- AC csatlakozóvezeték 3
- AC csatlakozóvezeték 4

5.1 AC csatlakozóvezeték 1

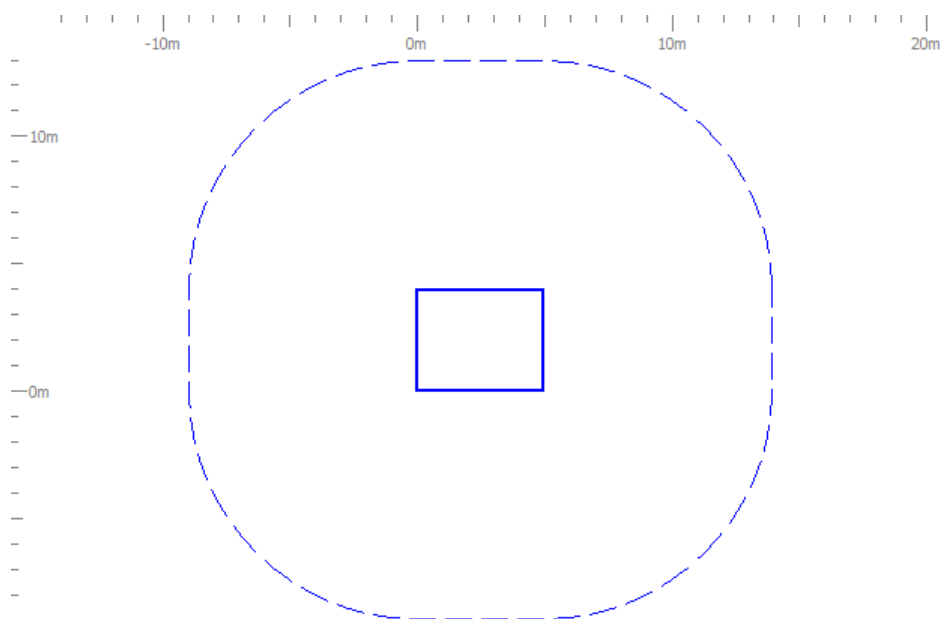
Installációs tényező:	Földkábel
Vezeték fajtája:	Erősáramú csatlakozóvezeték
Környezet:	Vidéki környezet
Vezeték csatlakozása:	Nincs különleges feltétel
Transzformátor:	Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték
Vezeték árnyékolása:	Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 100,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 100,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkkel rendelkezik:

L_b	Hossz:	5,00 m
W_b	Szélesség:	4,00 m
H_b	Magasság:	3,00 m
H_{pb}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 4 000,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 400 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) napelemes mező csatlakozó vezeték 1 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

5.2 AC csatlakozóvezeték 2

Installációs tényező: Földkábel

Vezeték fajtája: Erősáramú csatlakozóvezeték

Környezet: Vidéki környezet

Vezeték csatlakozása: Nincs különleges feltétel

Transzformátor: Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték

Vezeték árnyékolása: Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 120,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 120,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkkel rendelkezik:

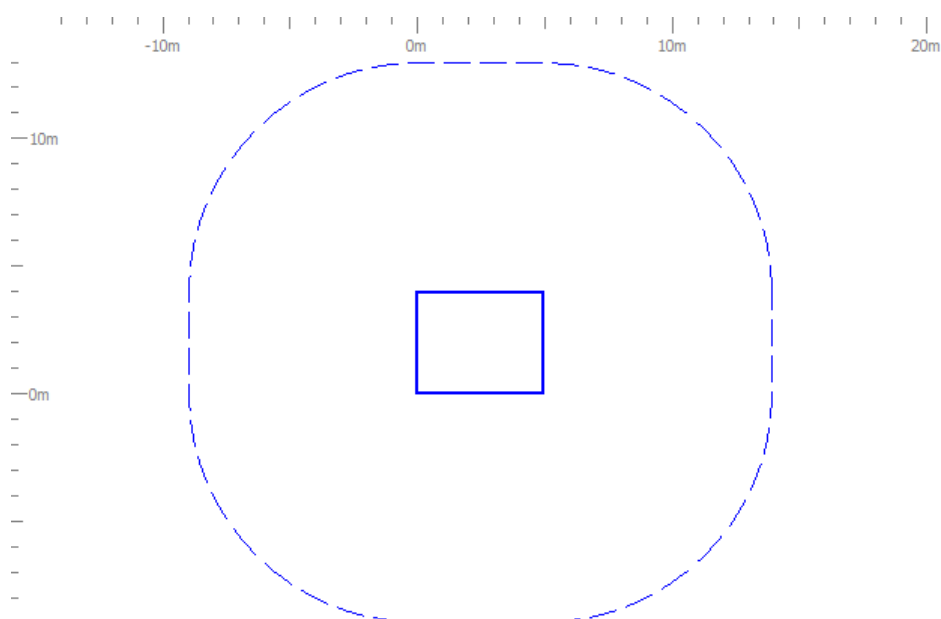
L_b Hossz: 5,00 m

W_b Szélesség: 4,00 m

H_b Magasság: 3,00 m

H_{pb} Legmagasabb pont (ha van): 0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezeték érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete:

4 800,00 m²

- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 480 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) napelemes mező csatlakozó vezeték 2 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

5.3 AC csatlakozóvezeték 3

Installációs tényező:	Földkábel
Vezeték fajtája:	Erősáramú csatlakozóvezeték
Környezet:	Vidéki környezet
Vezeték csatlakozása:	Nincs különleges feltétel
Transzformátor:	Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték
Vezeték árnyékolása:	Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

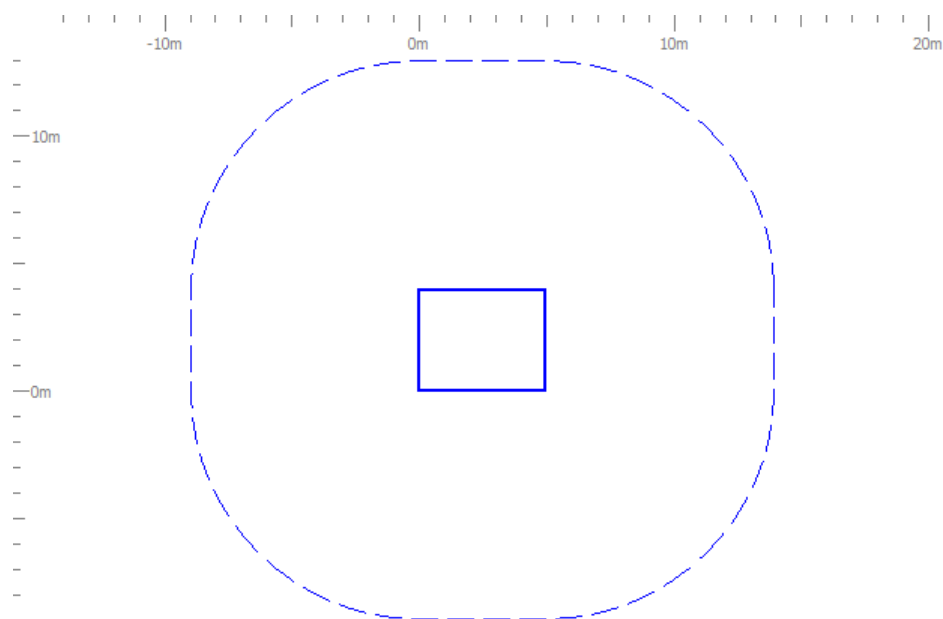
A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 150,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 150,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkal rendelkezik:

L_b	Hossz:	5,00 m
W_b	Szélesség:	4,00 m
H_b	Magasság:	3,00 m

H_{pb} Legmagasabb pont (ha van): 0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezeték érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 6 000,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 600 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) napelemes mező csatlakozó vezeték 3 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

5.4 AC csatlakozóvezeték 4

Installációs tényező: Földkábel

Vezeték fajtája: Erősáramú csatlakozóvezeték

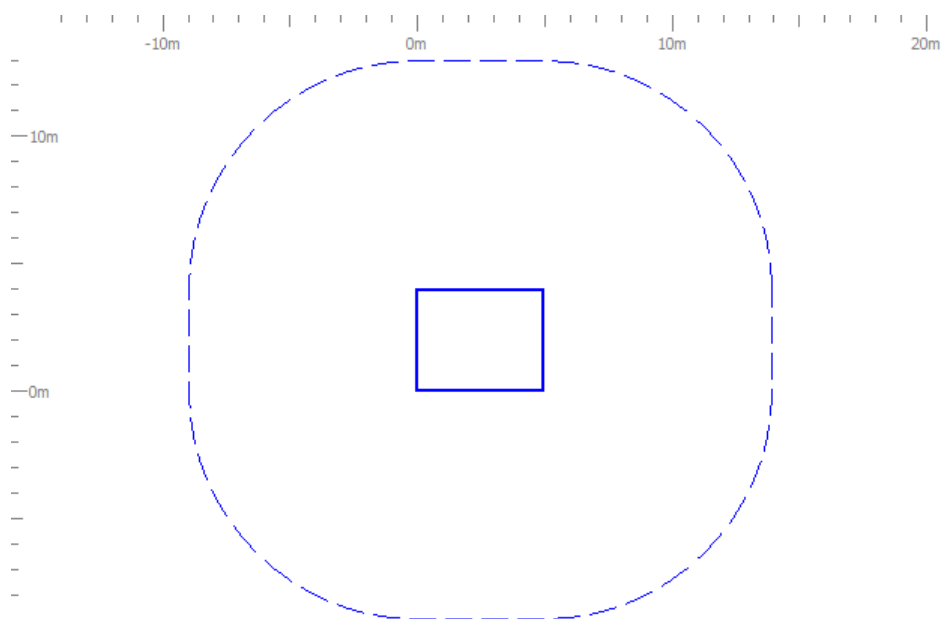
Környezet:	Vidéki környezet
Vezeték csatlakozása:	Nincs különleges feltétel
Transzformátor:	Kisfeszültségű erősáramú csatlakozóvezeték, telekommunikációs- vagy adatvezeték
Vezeték árnyékolása:	Külső: szabadvezeték vagy árnyékolatlan földkábel

A vezeték hossza az építményen kívül a következő csomópontig: 200,00 m.

A csatlakozóvezeték másik végén 200,00 m távolságban található a csatlakozó építmény, amely a következő méretekkal rendelkezik:

L_b	Hossz:	5,00 m
W_b	Szélesség:	4,00 m
H_b	Magasság:	3,00 m
H_{pb}	Legmagasabb pont (ha van):	0,00 m

Ebből számítható a csatlakozó építményt érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete, amelynek értéke: 56 252,00 m².



Ennek alapján a csatlakozóvezeték gyűjtőterületére az alábbi értékek adódtak:

- a csatlakozóvezetékét érő közvetlen villámcsapás gyűjtőterülete: 8 000,00 m²
- a csatlakozóvezeték környezetét érő közvetett villámcsapás gyűjtőterülete: 800 000,00 m²

A villamos berendezések lökőfeszültség-állóságára, amelyek a(z) napelemes mező csatlakozó vezeték 4 nevű vezetékkel összeköttetésben vannak, $1,0 \text{ kV} < U_w \leq 1,5 \text{ kV}$ érték került figyelembe vételre.

A belső kábelezés módja az épületben: Árnyékolatlan kábel - nincs óvintézkedés a hurkok elkerülésére.

6. Az építmény tulajdonságai

6.1 Tűz kockázata

A tűz kockázata az egyik legfontosabb kritérium az LPS (villámvédelemi rendszer) fokozatának meghatározása során. A tűz kockázatának besorolása a fajlagos tűzterhelésen alapul. A tűzterhelést **tűzvédelmi szaktervezőnek kell meghatároznia adott esetben az építmény tulajdonosával és az építmény kockázatait viselő biztosítótársasággal egyetértésben**. A következő kritériumokat különböztetjük meg:

- nincs tűzkockázat
- csekély tűzkockázat (a fajlagos tűzterhelés az épületben kisebb, mint 400 MJ/m^2)
- normál tűzkockázat (a fajlagos tűzterhelés az épületben 400 MJ/m^2 és 800 MJ/m^2 között van)
- magas tűzkockázat (a fajlagos tűzterhelés az épületben nagyobb, mint 800 MJ/m^2)
- robbanásveszély: Ex-zóna 2/22
- robbanásveszély: Ex-zóna 1/ 21
- robbanásveszély: Ex-zóna 0/20

A vizsgált építmény tűz kockázata fontos részét képezi a szükséges védelmi intézkedések meghatározásának. A tűz kockázata a(z) napelemes mező nevű építmény esetében a számítás során az alábbi besorolással került figyelembe vételre:

- Csekély tűzkockázat

6.2 A tűz következményeinek csökkentésére irányuló intézkedések

A tűz kockázatainak csökkentése érdekében a következő intézkedéseket választottuk ki a számítás során:

- Nincsenek meglévő intézkedések

6.3 Személyek rendkívüli veszélyeztetése az építményben

A(z) napelemes mező nevű építményben tartózkodó személyek száma alapján a lehetséges pánikveszélyre, a következő besorolást vettük figyelembe:

- Nincs rendkívüli veszélyeztetés

6.4 Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján

Az építmény rendeltetése:

Minimális villámvédelmi fokozat az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján: Nincs

Koordinált túlfeszültség-védelem (SPM) minimális fokozata az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet alapján:

6.5 Külső térbeli árnyékolás

A térbeli árnyékolás csillapítja a mágneses teret az építményen belül és csökkenti a belső lökőhullámokat, amelyet, az építményt valamint az építmény környezetét érő villámcsapás okoz.

A térbeli árnyékolás hálószerű potenciálkiegyenlítő rendszerrel is kialakítható, amelybe az építmény, valamint a belső rendszerek minden vezetőképes része be van vonva. A külső/belső térbeli árnyékolás, ezáltal csak egy részét képezi az árnyékolt épületszerkezetnek. Arra kell figyelni, hogy a fémfedés, valamint fémes burkolatok alkalmazása esetén az egyes elemek egymással és az épület potenciálkiegyenlítő hálózatával villamosan vezetőképesen, megfelelő módon összekötésre kerüljenek. Ennek során a megfelelő szabványi követelményeket be kell tartani.

A(z) napelemes mező nevű építmény külső térbeli árnyékolása:

- Nincs árnyékolás

7. Kockázatértékelés

Mint, ahogy a 4.1 pontban bemutatásra került, a 7. fejezetben az alábbi kockázatok kerültek kiértékelésre. A mindenkor kockázat esetében a kék oszlopdiagram mutatja az elfogadható

kockázat értékét, a zöld/piros oszlopdiaagram pedig a számítással meghatározott kockázatot.

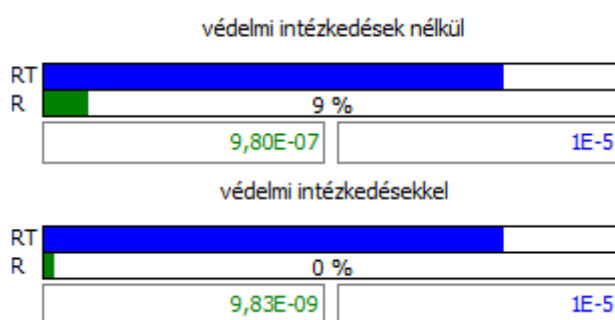
7.1 R1 kockázat, Emberi élet

A(z) napelemes mező nevű építmény belsejében illetve az építmény környezetében tartózkodó személyekre a következő kockázat került kiszámításra:

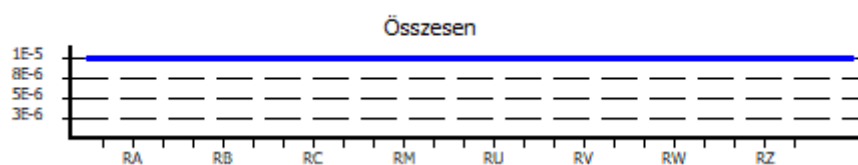
R_T elfogadható kockázat: $1,00E-05$

R1 számított kockázat (védelem nélkül): $9,80E-07$

R1 számított kockázat (védelemmel): $9,83E-09$



Az R1 kockázat az alábbi kockázati összetevőkből áll:



A meglévő kockázat csökkentése érdekében a(z) 8. fejezet szerinti védelmi intézkedések végrehajtására van szükség.

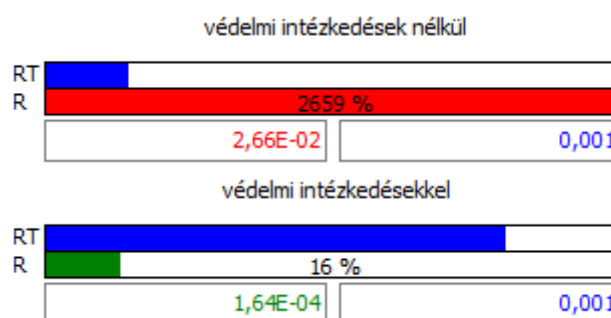
7.2 R2 kockázat, Közszolgáltatás

Az R2 kockázat, közszolgáltatás kiesése, napelemes mező nevű építmény esetében a következőképpen határozható meg:

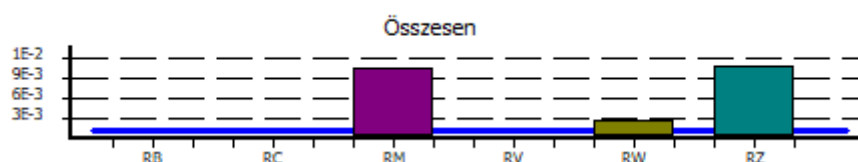
R_T elfogadható kockázat: $1,00E-03$

R2 számított kockázat (védelem nélkül): $2,66E-02$

R2 számított kockázat (védelemmel): 1,64E-04



Az R2 kockázat a következő kockázati összetevőkből áll:



A meglévő kockázat csökkentése érdekében a(z) 8. fejezet szerinti védelmi intézkedések végrehajtására van szükség.

7.3 R4 kockázat, Védelmi intézkedések gazdaságossága

A gazdasági elemzés során az R4 kockázatok összehasonlítását végeztük el.

- Napelemes mező (Jelenlegi állapot)
- Napelemes mező (Kívánt állapot)

Ennek a gazdasági elemzésnek az az eredménye, hogy az alkalmazandó védelmi intézkedések költsége, az építmény értékéhez viszonyítva gazdaságilag ésszerűnek tekinthető-e.

7.3.1 Számítási paraméterek a védelmi intézkedések éves költségéhez

i - kamatrátá:	0,00 %
a_t – amortizációs idő:	0,00 év
a - amortizációs ráta:	0,00 %
m – karbantartási ráta:	0,00 %

7.3.2 Az építmény költsége

L4ca - Állatok értéke az övezetben:	0 Ft
L4cb - Az övezet értéke:	20 000 000 Ft
L4cc - Az övezetben lévő javak értéke:	40 000 000 Ft
L4cs - Az övezetben lévő belső rendszerek értéke (ide értve a funkciójukat is):	30 000 000 Ft
Összesen:	90 000 000 Ft

Védelmi intézkedések egyszeri költsége: 0,00 Ft

7.3.3 R4 kockázat értékelése

A teljes veszteség költsége villámhatás következtében védelmi intézkedések alkalmazása nélkül:

C_L 813 000,50 Ft/év

A megmaradó veszteség költsége villámhatás következtében védelmi intézkedésekkel:

C_{RL} 5 072,35 Ft/év

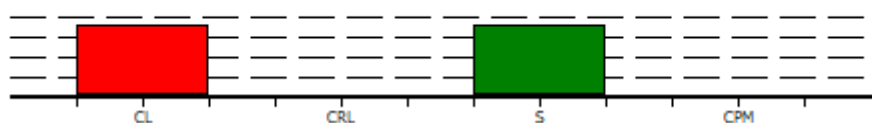
A védelmi intézkedések éves költsége 0,00 év amortizációs időre vonatkoztatva:

C_{PM} 0,00 Ft/év

Az éves megtakarítás az alkalmazott védelmi intézkedésekkel:

S_M 807 928,15 Ft/év

Ezáltal az alkalmazandó védelmi intézkedéseket gazdaságosnak lehet tekinteni.



8. Védelmi intézkedések kiválasztása

A következő védelmi intézkedések kiválasztásával a meglévő kockázat az elfogadható szintre csökkenthető.

Az alább kiválasztott védelmi intézkedések a(z) napelemes mező nevű objektum kockázatkezelésének részét képezik és csak ezzel összefüggésben érvényesek.

Intézkedések; Védelemmel / tervezett állapot:

Terület	Intézkedés	Tényező
pB:	LPS villámvédelmi rendszer LPS III védelmi fokozat	1.000E-01
pEB:	Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés Potenciálkiegyenlítés az LPL I szint szerint	1.000E-02
pa:	Áramütés elleni védelem (Építményt érő közvetlen villámcsapás) Figyelmeztető jelzések,	0,1
	<u>AC csatlakozóvezeték 1:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02
	<u>AC csatlakozóvezeték 2:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02
	<u>AC csatlakozóvezeték 3:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02
	<u>AC csatlakozóvezeték 4:</u>	
pSPD:	Koordinált túlfeszültség-védelem LPL I	1.000E-02

9. Jogi kötelezettségek

Az elkészített kockázatértékelés az épület üzemeltetőjétől és/vagy tulajdonosától illetve szakképzett alkalmazottaktól kapott adatokon alapul, amely adatok jelen feltételezés szerint a helyszínen kerültek meghatározásra és értékelésre. Fel szeretnénk hívni a figyelmet arra, hogy a kapott bemenő adatokat a kockázatelemzés után még egyszer ellenőrizni kell.

A DEHNsupport programban a kockázatok számítással történő meghatározásának eljárása a(z) MSZ EN 62305-2:2012 (TvMI 7.4) szabványból került levezetésre.

A villámvédelmi kockázatelemzés, és a kockázatok becslése a szakma általánosan elismert szabályai valamint a rendelkezésre álló feltételezések, dokumentumok, ábrák, rajzok, méretek, paraméterek alapján történt. Amennyiben a kockázatelemzés kellő gondossággal készül, és a készítője legjobb tudása és lelkiismerete alapján jár el, akkor semmilyen jogi felelősség nem terheli.

—
helység, dátum

—
pecsét, aláírás

10. Általános információk

10.1 A külső villámvédelem komponensei

A külső villámvédelem kialakítása során felhasznált komponenseknek meg kell felelniük bizonyos mechanikai és villamos követelményeknek, amelyek az MSZ EN 62561-x szabványsorozatban vannak rögzítve. Ez a szabványsorozat az alábbi részekből áll:

- MSZ EN 62561-1:2017 Összekötő elemek követelményei
- MSZ EN 62561-2:2012 A vezetők és a földelők követelményei
- MSZ EN 62561-3:2018 Az összecsatoló szikraközök követelményei
- MSZ EN 62561-4:2018 Vezetőtartók követelményei
- MSZ EN 62561-5:2018 A földelők ellenőrzési aknáinak és a földelők tömítéseinek követelményei

10.1.1 MSZ EN 62561-1:2017 Összekötő elemek követelményei

Az összekötő elemekkel, mint például a kapcsokkal szemben támasztott követelmények az MSZ EN 62561-1 szabványban vannak rögzítve. Ez a külső villámvédelmet kivitelező villamos szakember számára azt jelenti, hogy az összekötő elemeket a beépítés helyén várható terhelés alapján kell kiválasztani (H vagy N változat). Így például felfogócsúcs esetében (100%-os villámáram) H (100 kA) terhelhetőségű kapcsot kell választani, míg felfogóháló vagy földbe történő bevezetés esetén (a villámáram már több ágára eloszlott) N (50 kA) terhelhetőségű kapcsot kell választani.

A fenti különböző terhelhetőségeknek megfelelő alkalmazást gyártói vizsgálati jegyzőkönyvekkel kell igazolni.

10.1.2 MSZ EN 62561-2:2012 A vezetők és a földelők követelményei

A vezetőkkel szemben, mint pl. felfogó- és levezetőkkel illetve földelővezetőkkel szemben az MSZ EN 62561-2 konkrét követelményeket támaszt. Ezek a következőképpen foglalhatók össze:

- mechanikai tulajdonságok (minimális folyási- és szakítószilárdság),
- villamos tulajdonságok (maximális fajlagos ellenállás) és
- korrózióvédelmi tulajdonságok (mesterséges öregítés).

A földelőkkel és mélyföldelőkkel szemben az MSZ EN 62561-2 szabvány külön követelményeket határoz meg. Ebben az esetben mindenekelőtt az anyag típusa, a geometria, a minimálisan használható méretek és a villamos tulajdonságok fontosak.

Ezek a szabványból származó követelmények fontos termékjellemzők, amelyeket a gyártói dokumentumokban és a termék adatlapján fel kell tüntetni.

10.1.3 MSZ EN 62561-3:2018 Az összezsatosító szikraközök követelményei

Az összezsatosító szikraközöket földelőrendszerek galvanikus leválasztására lehet használni.

Az összezsatosító szikraközök kialakítása szempontjából az MSZ EN 62561-3 meghatározza, hogy ezeket úgy kell méretezni, hogy az egyes komponensek, amennyiben a gyártói adatoknak megfelelően vannak beépítve megbízhatóan, tartósan és biztonságosan működjenek a személyek és a környező berendezések veszélyeztetése nélkül.

10.1.4 MSZ EN 62561-4:2018 Vezetőtartók követelményei

Az MSZ EN 62561-4 rögzíti a fémes és nemfémes anyagból készült, a felfogóval és levezetővel kapcsolatba kerülő vezetőtartók műszaki követelményeit és bevizsgálásának módját.

10.1.5 MSZ EN 62561-5:2018 A földelő ellenőrzési aknáinak és a földelő tömítéseinek követelményei

Minden vizsgáló dobozt és földelőátvezetőt úgy kell kialakítani és megtervezni, hogy rendeltetésszerű használat mellett megbízhatóan és személyek vagy a környezet veszélyeztetése nélkül üzemeljenek.

Az MSZ EN 62561-5 a vizsgálódobozok és földelőátvezetők műszaki követelményeit és bevizsgálásának módját írja elő (pl. tömítettségi vizsgálat).

10.1.6 MSZ EN 62561-6:2012 Villámcsapás-számlálók (LSC) követelményei

Az MSZ EN 62561-6 a villámcsapás számlálók követelményeit és vizsgálati eljárásait határozza meg. A villámcsapás-számlálót villám-részáramot vezető áramútba kell beépíteni, amely a beépítés helyén, az áramútban érzékelt villámáram-impulzusok számát adja meg. Ilyen áramút lehet a külső villámvédelmi rendszer (LPS) egy levezetője, SPD – túlfeszültség-védelmi készülék bekötővezetéke (vagy bármilyen más vezető, amely nem arra a célra készült, hogy a villámáram jelentős részét vezesse).

10.1.7 MSZ EN 62561-7:2012 Földelésjavító anyagok követelményei

Az MSZ EN 62561-7 szabvány a földelésjavító anyagok követelményeivel és vizsgálati eljárásaival foglalkozik. A földelésjavító anyagok alkalmazásával csökkenthető a földelő rendszer földelési szétterjedési ellenállása. Ezen anyagoknak a földelőszondák és földelővezetők talajban lévő részének környezetében való alkalmazásával tartósan kis értékű, az évszakoktól és csapadéktól független földelési ellenállás biztosítható.

11. Fogalmak magyarázata

Koordinált túlfeszültség-védelmi (SPD) rendszer

Túlfeszültség-védelmi készülékek (SPD - Surge Protective Device) szakszerűen kiválasztott, telepített és összehangolt működésű rendszere, amely a villamos és elektronikus rendszerek

kiesésének veszélyét lecsökkenti.

Szigetelő interfész

Olyan készülékek, amelyek egy LPZ zónába belépő vezetékeken a lökőhullámokat csökkenteni képesek. Ilyen készülékek például a szigetelő transzformátorok földelt árnyékolással a tekercselések között, fémeket nem tartalmazó optikai kábelek és optocsatolók. Ezen készülék szigetelési szilárdságának önállóan vagy SPD-k segítségével meg kell felelnie az alkalmazáshoz előírtaknak.

LEMP, elektromágneses villámimpulzus [en: lightning electromagnetic impulse]

A villámáram elektromágneses hatásainak összessége, amely galvanikus, induktív vagy kapacitív csatolással vezeték mentén terjedő lökőhullámokat és elektromágneses impulzusmezőket hoznak létre.

LP, villámvédelem [en: lightning protection]

Teljeskörű rendszer építmények védelmére, beleértve a belső rendszereket és az épületben lévő javakat is, valamint az emberek védelmét a villámcsapások hatásai ellen. A villámvédelem villámvédelmi rendszerből (LPS) és a LEMP elleni védelmi intézkedésekből áll.

LPL, villámvédelmi szint [en: lightning protection level]

A villámparaméterek értékeinek olyan csoportjához rendelt szám, amely akkora valószínűséghez tartozik, amelynél a vonatkozó legnagyobb és legkisebb tervezési értékeket az általában előforduló villámparaméterek nem lépik túl.

LPS, villámvédelmi rendszer [en: lightning protection system]

Az építményt érő villámcsapások által okozott fizikai károsodás csökkentésére szolgáló teljes rendszer.

EB – Villámvédelmi potenciálkiegyenlítés (en: lightning equipotential bonding)

Egymástól különálló fémes részek potenciálkiegyenlítése a villámvédelmi rendszerrel (LPS) közvetlen összekötés révén vagy túlfeszültség-védelmi készüléken keresztül a villámáram által okozott potenciálkülönbségek csökkentésére.

SPD, túlfeszültség-védelmi készülék [en: surge protective device]

Olyan eszköz, amelynek rendeltetése a tranziens túlfeszültségek korlátozása és a lököáramok levezetése. Legalább egy nemlineáris alkotóelemet tartalmaz.

Csomópont

A csatlakozóvezeték olyan pontja, amelyen a lökőhullám áthatolása feltételezhetően elhanyagolható.

Csomópontokra példák az energetikai vezetékek elosztási pontjai, pl. KöF/KiF-transzformátorok, alállomások, a távközlési hálózaton alközpontok vagy berendezések (pl. multiplexer vagy xDSL készülék).

Fizikai károsodás

A villám mechanikai, hő-, vegyi vagy robbantó hatásai következtében az építményben (vagy a benne lévő javakban) bekövetkezett károsodás.

Élőlények sérülése

A villámcsapás által okozott érintési vagy lépésfeszültség miatti áramütés következtében az emberek vagy állatok tartós sérülése, ideértve az élet elvesztését is.

R, kockázat

A villám által okozott évenkénti (emberi és anyagi) veszteség várható átlagos értéke a védendő objektum teljes (emberi és anyagi) értékéhez viszonyítva.

Z(Ö), az építmény övezete

Az építmény azonos jellemzőkkel leírható része, ahol a kockázati összetevő meghatározásához csak egyféle paraméterkészletet kell figyelembe venni.

LPZ, villámvédelmi zóna [en: lightning protection zone]

Az a zóna, amelyben a villám elektromágneses tere meghatározott. Egy villámvédelmi zóna határai nem szükségszerűen esnek egybe a fizikai határokkal (pl. falak, padló és mennyezet).

Mágneses árnyékolás

A védendő objektumot vagy annak egy részét körülvevő zárt, fémes, rácsszerű vagy folytonos árnyékolás, amely csökkenti a villamos és elektronikus rendszerek meghibásodását.

Villámvédelmi kábel

Olyan, megnövelt villamos szilárdságú különleges kábel, amelynek fémes köpenye vagy közvetlenül, vagy vezetőképes műanyag burkolaton keresztül folytonosan érintkezik a talajjal.

Villámvédelmi kábelcsatorna

A talajjal tartósan érintkező, kis fajlagos ellenállású kábelcsatorna (pl. egymással összekötött szerkezeti betonvas elemeket tartalmazó beton- vagy fémcatorna).

5. számú melléklet
tervezői költségvetési kiírás (anyagjegyzék)

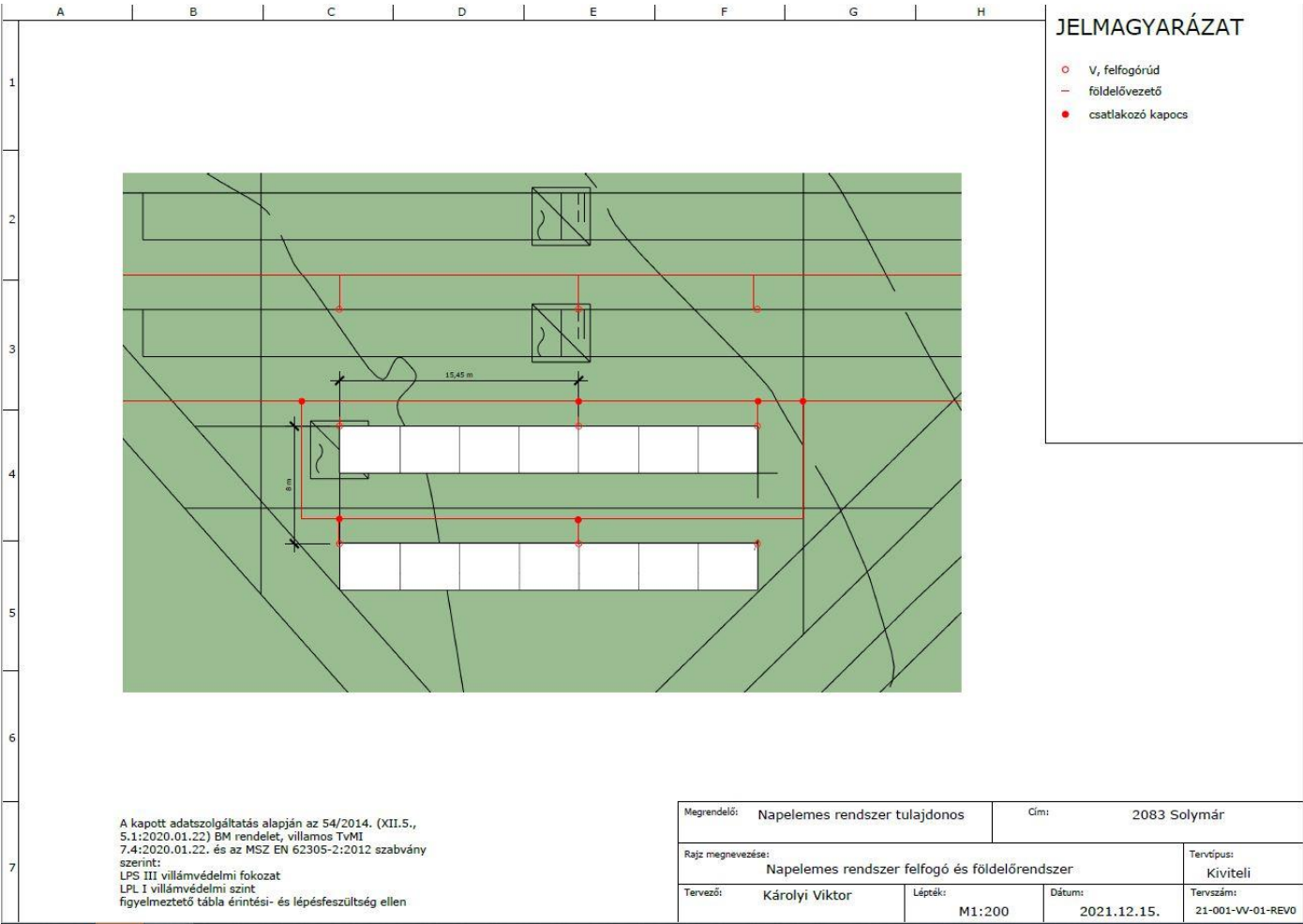
	Gyártó	Termék cikkszáma	Termék leírás	Mennyiség	Mennyiség egység	Ár (Ft)	Ár összesen (Ft)
1	DEHN	103 220	Felfogórúd 2000 mm hosszú, 16/10 mm keresztmetszetű, Anyaga alumínium	190	db	7 590 Ft	1 442 100 Ft
2	DEHN	106 245	Távtartó 530 mm hosszú, 16 mm keresztmetszetű, Anyaga üvegszállal erősített műanyag, max. szállókes sebessége 146 km/h	380	db	16 260 Ft	6 178 800 Ft
3	DEHN	459 219	8-10/16 mm befogadó képességű, Villámáram-átviteli képesség (10/350 µs): 200 kA Anyaga: StSt A felfogórúd és a levezető kapcsolathoz	190	db	4 838 Ft	919 296 Ft
4	DEHN	800 108	Levezető huzal 10 mm átmérőjű félmerev horganyzott acél műanyag köpmennyel	13557	m	1 803 Ft	24 443 271 Ft
5	DEHN	319 201	Föld alatti rögzítő kapocs 8-10 / 8-10 mm befogadó képességű Anyaga horganyzott acél	439	db	2 915 Ft	1 279 685 Ft
6	DEHN	540 901	Rögzítő szallag távtartók rögzítéséhez anyaga rozsdamentes acél 25*0.3 mm 100-es kiserelés	200	db	67 766 Ft	13 553 200 Ft
7	DEHN	556 130	Korróziógátló szalag hossza: 10 m UV-stabilizált anyaga: petrolátum	42	tekercs	10 564 Ft	443 688 Ft
8	DEHN	900 910	Többpólusú túlfeszültség-korlátozó DEHNcube YPV SCI 1000 1M IP 65-ös védettséggel, 2 típusú SPD az MSZ EN 50539-11 szerint egy MPP bemenet védelmére. Háromlépcsős DC átkapcsoló berendezés Kombinált leválasztó és rövidkező kapcsolás biztonságos galvanikus leválasztással. Kiszűrésű fogószató rendszerek túlfeszültségek elleni védelmére. Használat a MSZ HD 60364-7-712 szabvány szerint (Különleges berendezésekre vagy helyekre vonatkozó követelmények. Napelemes (PV-) rendszerek)	18	db	43 421 Ft	781 578 Ft
9	DEHN	952 400	Alkalmazásoptimalizált többpólusú 1.típus+2.típusú DEHNshield szikraköz alapú villámáram-levezető és túlfeszültségkorlátozó az MSZ EN 61643-11 szabvány szerint. Kompakt kialakítás, helytakarékos szikraköz technológiával mely pótlusonként csak 1 modul széles. A lakóépületek védelmére és speciális alkalmazásokban való használatra. Végkészülék-védelmet tesz lehetővé. Kiszűrésű telepítések túlfeszültség és direkt villámcsapás elleni védelmére. Telepítés LPZ OA-2 zónahatáron	18	db	70 124 Ft	1 262 232 Ft
10	DEHN	951 400	DEHNventil modular többpólusú kombinált-levezető, 1.típus+2.típus+3.típus az MSZ EN 61643-11 szabvány szerint, mely alapmodulból és dugaszolható védőmodulokból áll. Nagy rendelkezésre állás a Rapid Arc Control (RAC) hálózati utárfolyóáram korlátozása révén. Végkészülék-védelmet tesz lehetővé. Kiszűrésű telepítések túlfeszültség- és akár közvetlen villámcsapások elleni védelmére. Telepítés LPZ OA-2 zónahatáron.	1	db	70 500 Ft	70 500 Ft
						Összes anyag	50 303 850 Ft
						Összes munka	11 200 000 Ft
						Összes telepítési költség	61 503 850 Ft

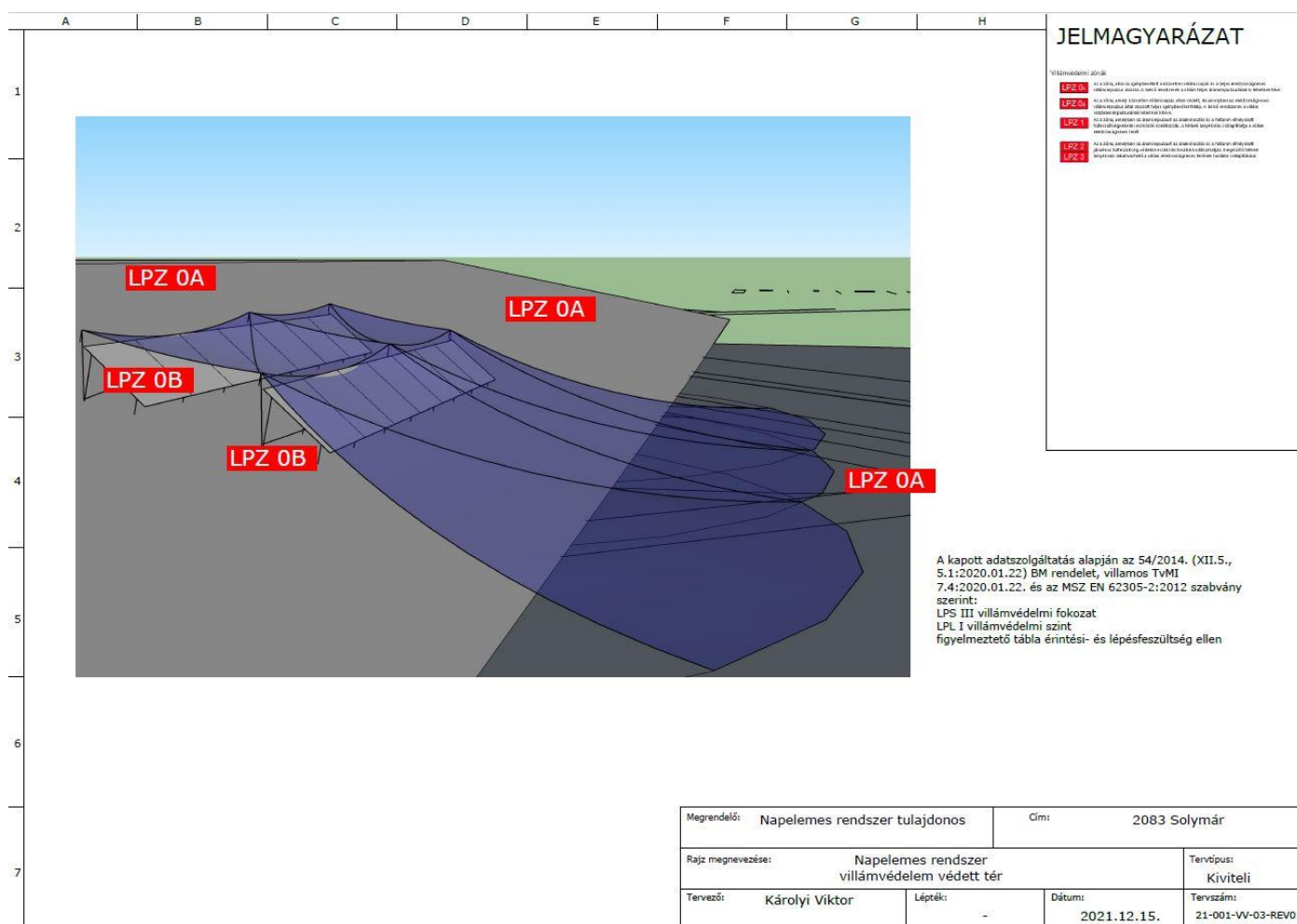
Elszigetelt rendszer

	Gyártó	Termék cikkszáma	Termék leírás	Mennyiség	Mennyiség egység	Ár (Ft)	Ár összesen (Ft)
1	DEHN	103 220	Felfogórúd 2000 mm hosszú, 16/10 mm keresztmetszetű, Anyaga alumínium	190	db	7 590 Ft	1 442 100 Ft
2	DEHN	106 245	Távtartó 530 mm hosszú, 16 mm keresztmetszetű, Anyaga üvegszállal erősített műanyag, max. szállókes sebessége 146 km/h	380	db	16 260 Ft	6 178 800 Ft
3	DEHN	459 219	8-10/16 mm befogadó képességű, Villámáram-átviteli képesség (10/350 µs): 200 kA Anyaga: StSt A felfogórúd és a levezető kapcsolathoz	190	db	4 838 Ft	919 296 Ft
4	DEHN	800 108	Levezető huzal 10 mm átmérőjű félmerev horganyzott acél műanyag köpmennyel	13557	m	1 803 Ft	24 443 271 Ft
5	DEHN	319 201	Föld alatti rögzítő kapocs 8-10 / 8-10 mm befogadó képességű Anyaga horganyzott acél	439	db	2 915 Ft	1 279 685 Ft
6	DEHN	540 901	Rögzítő szallag távtartók rögzítéséhez anyaga rozsdamentes acél 25*0.3 mm 100-es kiserelés	200	db	67 766 Ft	13 553 200 Ft
7	DEHN	556 130	Korróziógátló szalag hossza: 10 m UV-stabilizált anyaga: petrolátum	42	tekercs	10 564 Ft	443 688 Ft
8	DEHN	900 910	Többpólusú túlfeszültség-korlátozó DEHNcube YPV SCI 1000 1M IP 65-ös védettséggel, 2 típusú SPD az MSZ EN 50539-11 szerint egy MPP bemenet védelmére. Háromlépcsős DC átkapcsoló berendezés Kombinált leválasztó és rövidkező kapcsolás biztonságos galvanikus leválasztással. Kiszűrésű fogószató rendszerek túlfeszültségek elleni védelmére. Használat a MSZ HD 60364-7-712 szabvány szerint (Különleges berendezésekre vagy helyekre vonatkozó követelmények. Napelemes (PV-) rendszerek)	18	db	43 421 Ft	781 578 Ft
9	DEHN	952 400	Alkalmazásoptimalizált többpólusú 1.típus+2.típusú DEHNshield szikraköz alapú villámáram-levezető és túlfeszültségkorlátozó az MSZ EN 61643-11 szabvány szerint. Kompakt kialakítás, helytakarékos szikraköz technológiával mely pótlusonként csak 1 modul széles. A lakóépületek védelmére és speciális alkalmazásokban való használatra. Végkészülék-védelmet tesz lehetővé. Kiszűrésű telepítések túlfeszültség és direkt villámcsapás elleni védelmére. Telepítés LPZ OA-2 zónahatáron	18	db	70 124 Ft	1 262 232 Ft
10	DEHN	951 400	DEHNventil modular többpólusú kombinált-levezető, 1.típus+2.típus+3.típus az MSZ EN 61643-11 szabvány szerint, mely alapmodulból és dugaszolható védőmodulokból áll. Nagy rendelkezésre állás a Rapid Arc Control (RAC) hálózati utárfolyóáram korlátozása révén. Végkészülék-védelmet tesz lehetővé. Kiszűrésű telepítések túlfeszültség- és akár közvetlen villámcsapások elleni védelmére. Telepítés LPZ OA-2 zónahatáron.	1	db	70 500 Ft	70 500 Ft
						Összes anyag	50 303 850 Ft
						Összes munka	11 200 000 Ft
						Összes telepítési költség	61 503 850 Ft

Elszigetelt rendszer

6. számú melléklet
villámvédelmi kiviteli tervek (kivonat)



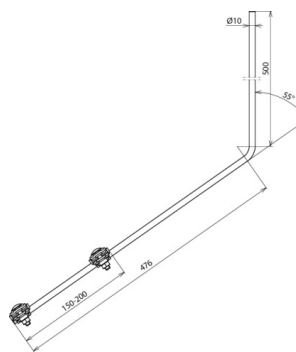


ADATLAPOK

FSPS 10 1000 W55 FK AL (101 110)



Az ábrák nem kötelező érvényűek



Típus	FSPS 10 1000 W55 FK AL
Cikksz.	101 110
Total length	1000 mm
Material	Al
Diameter Ø	10 mm
Max. gust wind speed	224 km/h
Tömeg	305 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364138704
CSE	1 db.

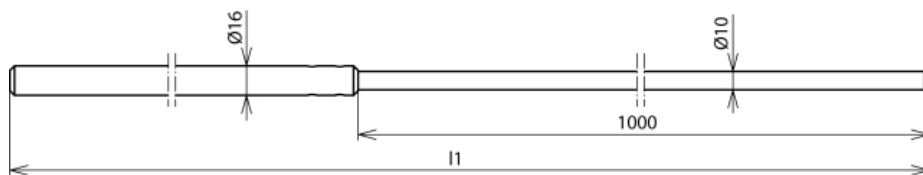
Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

Special lengths of all air-termination rods / self-supporting air-termination rods are available upon request.

FS 16 10 2000 AL (103 220)



Az ábrák nem kötelező érvényűek



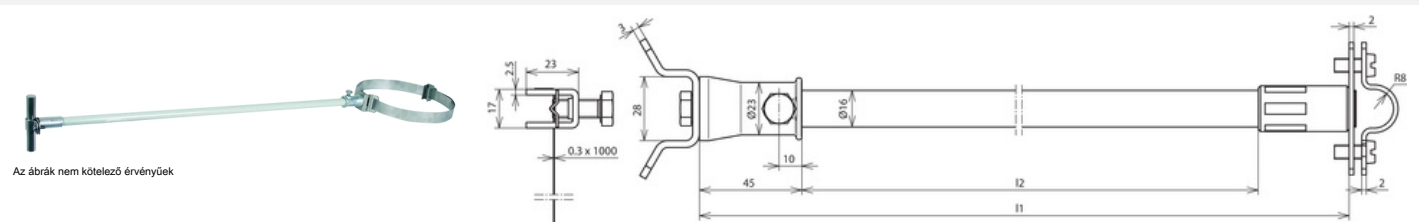
Air-termination rods with tapering (1000 mm) chamfered, for protecting roof-mounted structures, chimneys etc., especially for erection with concrete base (17 kg) for wedge mounting or for fixing with rod holders / spacers.

Típus Cikksz.	FS 16 10 2000 AL 103 220
Total length (l1)	2000 mm
Reduced length	1000 mm
Material	AlMgSi
Diameter Ø	16 / 10 mm
Type	chamfered
Standard	EN 62561-2
Tömeg	760 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364066328
CSE	10 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

Special lengths of all air-termination rods / self-supporting air-termination rods are available upon request.

DIDH 16 530 SB50.300 V2A (106 245)



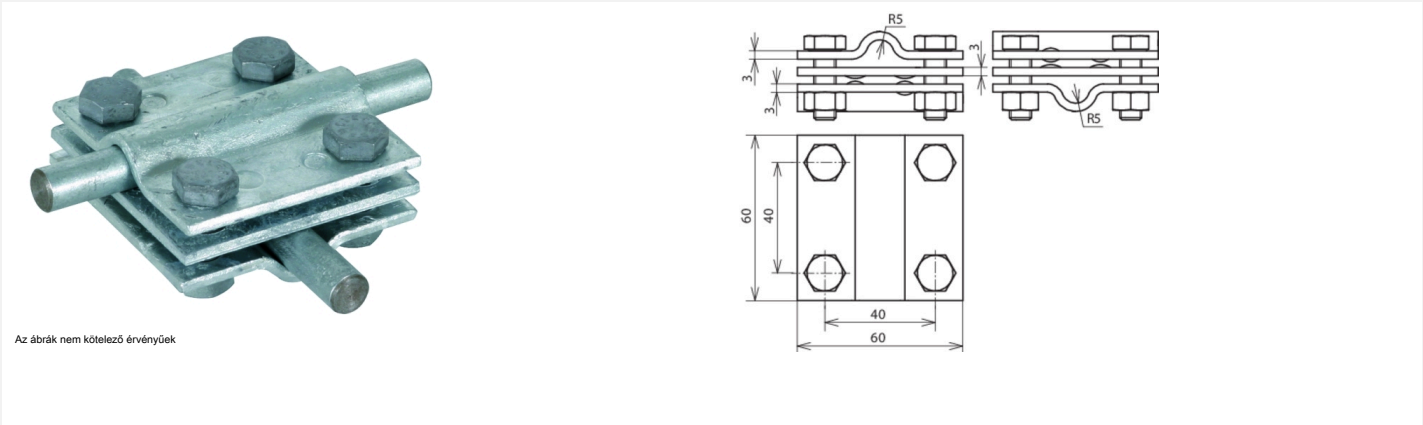
Az ábrák nem kötelező érvényűek

Típus Cikksz.	DIDH 16 530 SB50.300 V2A 106 245
Conductor support Rd	16 mm
Material of conductor holder	StSt
Length (l1)	530 mm
Insulating clearance (l2)	445 mm
Clamping range of pipe	50-300 mm
Diameter Ø of spacer	16 mm
Colour of spacer	light grey (RAL 7035) •
Conductor routing	fixed
Rod / Conductor holder	2-screw cleat
Material of spacer	GRP
Material factor km	0.7
Permanent temperature range	-50 °C ... +100 °C
Material of fixing bush	ZDC
Material of fixing element	StSt
Type	UV stabilised and weather resistant
Dimension of strap (w x d)	25 x 0.3 mm
Max. gust wind speed mounting possibility 3	146 km/h
Tömeg	561 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364100336
CSE	1 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

Design with other lengths of spacer bar upon request.

KS 8.10 8.10 FL30 ZP STTZN (319 201)



Az ábrák nem kötelező érvényűek

Arrangement:  

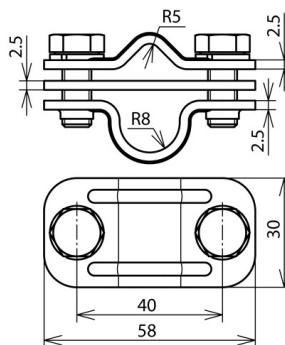
Típus	KS 8.10 8.10 FL30 ZP STTZN
Cikksz.	319 201
Material of clamp	St/tZn
Clamping range Rd / Rd	8-10 / 8-10 mm
Clamping range Rd / FI	8-10 / 30 mm
Clamping range FI / FI	30 / 30 mm
Screw	 M8 x 25 mm
Material of screw / nut	St/tZn
Dimensions	60 x 60 x 3 mm
Intermediate plate	yes
Standard	EN 62561-1
Short-circuit current (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	14 kA
Zinc coating acc. EN 1461	≥ 70 µm
Tömeg	320 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklatúra EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364024519
CSE	25 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

UTK 200 8.10 16 ZP V2A (459 219)



Az ábrák nem kötelező érvényűek

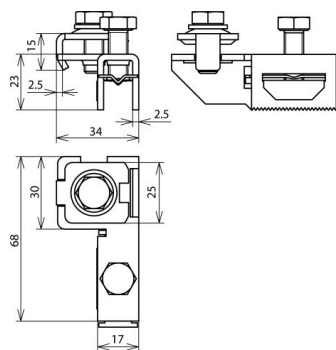


Disconnecting clamp with spring washer for connecting air-termination rod and conductor or down conductor and earth entry rod. Tested for lightning current carrying capability up to 200 kA (10/350 μ s).

Típus Cikksz.	UTK 200 8.10 16 ZP V2A 459 219
Material	StSt
Clamping range Rd / Rd	8-10 / 16 mm
Screw	M8 x 20 mm
Material of screw	StSt
Distance of screws	40 mm
Material thickness	2.5 mm
Lightning current carrying capability (10/350 μ s)	200 kA
Standard	based on EN 62561-1
Tömeg	126 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364158221
CSE	1 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

SPK Z 25 BRS AK1X10 2X6.8 V2A (540 210)



Az ábrák nem kötelező érvényűek

Típus	SPK Z 25 BRS AK1X10 2X6.8 V2A
Cikksz.	540 210
Material	StSt
Screw	 M8 x 20 mm
Material of screw	StSt
Connection Rd	1-2 x 6-8 mm / 1 x 10 mm
Connection (solid / stranded)	4-50 mm ²
Standard	EN 62561-1
Tömeg	98 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364221284
CSE	50 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

SPB 25X0.3 L100M V2A (540 901)

Az ábrák nem kötelező érvényűek

Típus	SPB 25X0.3 L100M V2A
Cikksz.	540 901
Material	StSt
Dimensions of strap (w x d)	25 x 0.3 mm
Length	100 m
Tömeg	6,28 kg
Vámtarifaszám (komb. nomenklatúra EU)	85389099
GTIN (EAN)	4013364076525
CSE	1 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

KSB 100 L10M (556 130)

Az ábrák nem kötelező érvényűek

Anti-corrosion tape for coating of aboveground and underground connections.
For use in the soil according to DIN 30672. In reels, length 10 m, UV stabilised.

Típus	KSB 100 L10M
Cikksz.	556 130
Material	petrolatum
Length	10 m
Width	100 mm
Strenght	approx. 1 mm
Standard	DIN 30672
Type	UV-stabilised
Tömeg	1,28 kg
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	68071000
GTIN (EAN)	4013364028524
CSE	12 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

RD 8 KM STTZN R75M (800 108)



Az ábrák nem kötelező érvényűek

Steel wire with plastic sheath according to EN 62561-2, for use as down conductor in lightning protection systems
With plastic sheath as additional mechanical protection / corrosion protection e.g. at connections to the lightning protection system.
Suitable for installation on, in and under plaster, mortar or concrete.

Típus	RD 8 KM STTZN R75M
Cikksz.	800 108 ✓
Huzalátmérő Ø	8 mm
Huzalkeresztmetszet	50 mm ²
Anyag	St/tZn
Szabvány	based on EN 62561-2
Külső átmérő Ø	11 mm
Köppeny anyaga	plastic
Köppeny vastagsága	1.5 mm
Kivitel	UV stabilised and halogen-free
Cinkbevonat	≥ 50 µm average (about 350 g/m ²)
Vezetőképesség	≥ 6.66 m / Ohm mm ²
Fajlagos ellenállás	≤ 0.15 Ohm mm ² / m
Rövidzárlati áram (50 Hz) (1 s; ≤ 300 °C)	3.5 kA
Tömeg	440 g/m
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	72179020
GTIN (EAN)	4013364018754
CSE	75 m

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

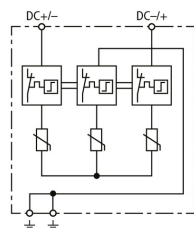
Conductor materials will be delivered in original coil weights only.
More conductor materials and components as specified in the standard series EN 62561-2 upon request.

NEW DCB YPV 1200 (900 070)

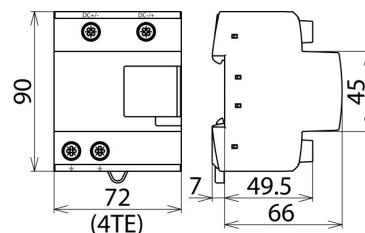
- Készreszerelt kombinált-levezető 1.típus+2.típus napelemes (PV) energiaellátó rendszerekhez
- A bizonyítottan hibátűrő Y-kapcsolás megakadályozza a levezető károsodását a PV generátor szigetelési hibái esetén
- Helytakarékos kialakítás, 1200VDC-ig csak 4 modul széles tokozatban



Az ábrák nem kötelező érvényűek



Kapcsolási rajz DCB YPV 1200



Beépítési méretek DCB YPV 1200

Kombinált-levezetők napelemes (PV) energiaellátó rendszerekhez 1200V DC-ig.

Típus	DCB YPV 1200
Cikksz.	900 070 NEW
Legnagyobb PV-feszültség [DC+ -> DC-] (U_{CPV})	≤ 1200 V
Legnagyobb PV-feszültség [DC+/DC- -> PE] (U_{CPV})	≤ 1200 V
Zárlati szilárdság (I_{SCPV})	10 kA
Névleges levezetési áram (8/20 μ s) (I_n)	20 kA
Teljes levezetési áram (8/20 μ s) [DC+/DC- -> PE] (I_{total})	40 kA
Teljes levezetési áram (10/350 μ s) [DC+/DC- -> PE] (I_{total})	12,5 kA
Levezetési áramimpulzus (10/350 μ s) [DC+ -> PE/DC- -> PE] (I_{imp})	6,25 kA
Védelmi szint [(DC+/DC-) -> PE] (U_P)	< 3,8 kV
Védelmi szint [DC+ -> DC-] (U_P)	< 3,8 kV
Megszólalási idő (t_A)	≤ 25 ns
Üzemi hőmérséklettartomány (T_U)	-40 °C ... +80 °C
Működés-/hibajelzés	zöld / piros
Portok száma	1
Csatlakozóvezeték-keresztmetszet (min.)	1.5 mm ² tömör / finomsodrat
Csatlakozóvezeték-keresztmetszet (max.)	35 mm ² sodrott/ 25 mm ² finomsodrat
Szerelés	35 mm-es kalapsínre MSZ EN 60715 szerint
Tokozat anyaga	hőre lágyuló műanyag, piros, UL 94 V-0
Beépítés helye	Innenraum
Védettség	IP 20
Beépítési méretek	4 modul, DIN 43880
Tömeg	509 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklatúra EU)	85354000
GTIN (EAN)	6942299504521
CSE	1 db.

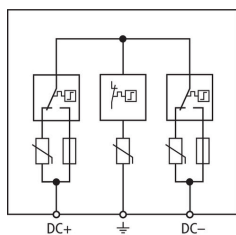
Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

DCU YPV SCI 1000 1M (900 910)

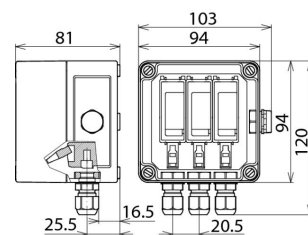
- Csatlakozáskész többpólusú IP65 védettségű túlfeszültség-védelmi készülék napelemes rendszerek számára
- Kombinált leválasztó és rövidrezáró eszköz biztonságos galvanikus leválasztással a védelmi modulban (szabadalmaztatott SCI elv)
- Könnyű és gyors túlfeszültség-védelem telepítés mivel nem szükséges külön helykialakítás egy szigetelt elosztóban.



Az ábrák nem kötelező érvényűek



Kapcsolási rajz DCU YPV SCI 1000 1M



Beépítési méretek DCU YPV SCI 1000 1M

Kétpólusú IP65-ös védettségű túlfeszültség-védelmi készülék, háromlépcsős DC átkapcsoló berendezéssel PV inverterekhez egy MPP bemenet védelmére.

Típus	DCU YPV SCI 1000 1M
Cikksz.	900 910
Legnagyobb PV feszültség (U_{CPV})	1000 V
Rövidzárlati árammegszakító képesség (I_{SCPV}) (I_{SCPV})	1000 A
Teljes levezetési áram (8/20 μ s) (I_{total})	40 kA
Névleges levezetési áram (8/20 μ s) [(DC+/DC-) --> PE] (I_n)	12,5 kA
Legnagyobb levezetési áram (8/20 μ s) [(DC+/DC-) --> PE] (I_{max})	25 kA
Védelmi feszültségszint (U_P)	≤ 4 kV
Védelmi feszültségszint 5 kA-en (U_P)	$\leq 3,5$ kV
Megszólalási idő (t_A)	≤ 25 ns
Üzemi hőmérséklettartomány (T_U)	-35 °C ... +80 °C
Működés-/hibajelzés	zöld / piros
Portok száma	1
Csatlakozási vezetékkeresztmetszet (min.)	2.5 mm ² tömör- / finomsodrat
Csatlakozási vezetékkeresztmetszet (max.)	6 mm ² tömör- / finomsodrat
Beépítés helye	kültéri
Védettség	IP 65
Változat	nyomáskiegyenlítő elemmel
Takarófedél kivitel	átlátszó fedél termékcimkével
Tokozat színe	szürke
Kábelbemenetek száma	3x Ø3-7 mm
Méretek (Sz x Ma x Mé)	94 x 94 x 81 mm
Tanúsítványok	KEMA
Tömeg	426 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklatúra EU)	85363030
GTIN (EAN)	4013364155046
CSE	1 db.

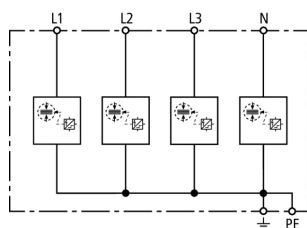
Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

DSH TNS 255 (941 400)

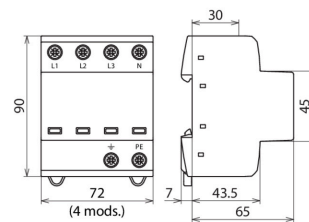
- Alkalmazásoptimalizált, készreszerelt szikraköz alapú 1.típus+2.típusú kombinált villámáram-levezető és túlfeszültségkorlátozó
- Kompakt kialakítás, helytakarékos szikraköz technológiával mely pólusonként csak 1 modul széles
- Kompakt villámvédelmi potenciálkiegyenlítés és végkészülék védelem



Az ábrák nem kötelező érvényűek



Kapcsolási rajz DSH TNS 255



Beépítési méretek DSH TNS 255

Alkalmazásoptimalizált, készreszerelt kombinált kombinált villámáram-levezető és túlfeszültségkorlátozó modul TN-S rendszerekhez.

Típus Cikksz.	DSH TNS 255 941 400
SPD típus/osztály az MSZ EN 61643-11 / ... IEC 61643-11 alapján	1.típus+2.típus / I.osztály + II.osztály
Energetikailag koordinált védőhatás a végkészülékig (≤ 10 m)	1.típus+2.típus+3.típus
Névleges feszültség AC (U_N)	230 / 400 V (50 / 60 Hz)
Legnagyobb folyamatos üzemi feszültség AC (U_C)	255 V (50 / 60 Hz)
Levezetési áramimpulzus (10/350 μ s) [L1+L2+L3+N-PE] (I_{total})	50 kA
Fajlagos energia [L1+L2+L3+N-PE] (W/R)	625,00 kJ/ohm
Levezetési áramimpulzus (10/350 μ s) [L, N-PE] (I_{imp})	12,5 kA
Fajlagos energia [L,N-PE] (W/R)	39,06 kJ/ohm
Névleges levezetési áram (8/20 μ s) [L/N-PE]/[L1+L2+L3+N-PE] (I_n)	12,5 / 50 kA
Védelmi feszültségszint [L-PE]/[N-PE] (U_P)	$\leq 1,5$ / $\leq 1,5$ kV
Utánfolyó áramkioltó képesség AC (I_a)	25 kA _{eff}
Utánfolyó áramkorlátozás / szelektivitás	szelektív 35 A gG olvadóbiztosítóval 25 kA _{rms} (függ.zárl.áram)
Megszólalási idő (t_A)	≤ 100 ns
Legnagyobb hálózataldali túláramvédelem	160 A gG
Időszakos túlfeszültség (TOV) [L-N] (U_T) – Karakterisztika	440 V / 120 percig ellenáll
Üzemi hőmérséklettartomány (T_U)	-40 °C ... +80 °C
Működés-/hibajelzés	zöld / piros
Portok száma	1
Csatlakozóvezeték-keresztmetszet (L1, L2, L3, N, PE, $\frac{1}{2}$) (min.)	1.5 mm ² tömör / finomsodrat
Csatlakozóvezeték-keresztmetszet (L1, L2, L3, N, PE, $\frac{1}{2}$) (max.)	35 mm ² sodrott / 25 mm ² finomsodrat
Szerelés	35 mm-es kalapsínre a EN 60715 szerint
Tokozat anyaga	hőre lágyuló műanyag, piros, UL 94 V-0
Beépítés helye	beltéri
Védettség	IP 20
Beépítési méretek	4 modul, DIN 43880
Tanúsítványok	KEMA, VDE, UL
Tömeg	525 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklatúra EU)	85363090
GTIN (EAN)	4013364133563
CSE	1 db.

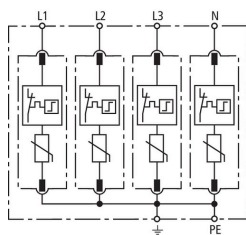
Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.

DG M TNS 275 (952 400)

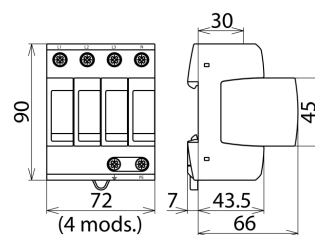
- Csatlakozáskész túlfeszültség-védelmi készülék mely alapmodulból és dugaszolható védelmi modulból áll
- Nagy levezető-képesség a nagyteljesítményű cink-oxid varisztorok / szikraközöknek köszönhetően
- Nagy megbízhatóság a "Thermo Dynamic Control" SPD monitoring eszköznek köszönhetően



Az ábrák nem kötelező érvényűek



Kapcsolási rajz DG M TNS 275



Beépítési méretek DG M TNS 275

Moduláris túlfeszültség-védelmi készülék TN-S rendszerekhez.

Típus Cikksz.	DG M TNS 275 952 400
SPD típus/osztály az MSZ EN 61643-11 / ... IEC 61643-11 alapján	2.típus / II.osztály
Energetikailag koordinált védőhatás a végkészülékig (≤ 10 m)	2.típus + 3.típus
Névleges feszültség AC (U_N)	230 / 400 V (50 / 60 Hz)
Legnagyobb folyamatos üzemi feszültség AC (U_C)	275 V (50 / 60 Hz)
Névleges levezetési áram (8/20 μ s) (I_n)	20 kA
Maximális levezetési áram (8/20 μ s) (I_{max})	40 kA
Védelmi feszültség szint [L-PE] / [N-PE] (U_P)	$\leq 1,5$ / $\leq 1,5$ kV
Védelmi feszültség szint [L-PE] / [N-PE] 5 kA-en (U_P)	≤ 1 / ≤ 1 kV
Megszólalási idő (t_A)	≤ 25 ns
Max. hálózattoldali túláramvédelem	125 A gG
Névleges zárlati áram max. hálózattoldali túláramvédelem esetén (I_{SCCR})	50 kA _{eff}
Időszakos túlfeszültség (TOV), (UT) – Karakterisztika	335 V / 5 s - ellenáll
Időszakos túlfeszültség (TOV), (UT) – Karakterisztika	440 V / 120 perc. – biztonságos meghibásodás
Üzemi hőmérséklettartomány (T_U)	-40 °C ... +80 °C
Működés-/hibajelzés	zöld / piros
Portok száma	1
Csatlakozási vezeték keresztmetszet (min.)	1.5 mm ² tömör / finomsodrat
Csatlakozási vezeték keresztmetszet (max.)	35 mm ² sodrott / 25 mm ² finomsodrat
Szerelés	35 mm-es kalapsínre MSZ EN 60715 szerint
Tokozat anyaga	hőre lágyuló műanyag, piros, UL 94 V-0
Beépítés helye	beltéri
Védettség	IP 20
Beépítési méretek	4 modul, DIN 43880
Tanúsítványok	KEMA, VDE, UL
Tömeg	414 g
Vámtarifaszám (komb. nomenklátúra EU)	85363030
GTIN (EAN)	4013364108455
CSE	1 db.

Fenntartjuk a technika haladásának ütemében a méretek, súlyok anyagok és külső megjelenés műszaki változtatásának jogát. Az ábrák nem kötelező érvényűek.