

Lisätietoja ukkossuojauksesta:
Suomen Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto ry STUL, www.stul.fi

Ukkossuojaus ei siis varsinaisesti kuulu TUKESin vastuualueisiin, mutta koska meiltäkin usein ukkossuojauksesta tiedustellaan, olemme kahden ulkopuolisen kirjoittajan suostumuksella kopioineet tietoa tarvitsevalle heidän kirjoituksiaan sivuillemme.

Julkaistu Tekniikan Maailma -lehdessä 12/1995 s. 9 - 11 (kirjoittaja on päivittänyt tekstin ajantasalle elokuussa 2001, ja kuvat on korvattu uusilla):

Antti J. Pesonen, tekniikan tohtori

JOKAMIEHEN UKKOSSUOJAUS

Keskimääräinen salamatiheys Suomessa on noin yksi isku neliökilometrille vuodessa. Keskikorkuiseen pientaloon iskee aukeassa maastossa salama keskimäärin kerran suunnilleen 500 vuodessa, ts. vuosittain yhteen viidestäsadasta.

Määräykset vaativat ukkossuojauksen vain erälle arvokkaille tai vaarallisia aineita sisältäville rakennuksille. Jokainen on siten oikeutettu tekemään esimerkiksi omakotitaloonsa tai kesämökkiinsä sellaisen ukkossuojauksen kuin haluaa, tai saa olla tekemättä mitään. Yksinkertaisellakin ukkossuojauksella, joka on tehty oikeilla periaatteilla, päästään ratkaisevasti parempaan turvallisuuteen kuin jättäytymällä Herran huomaan.

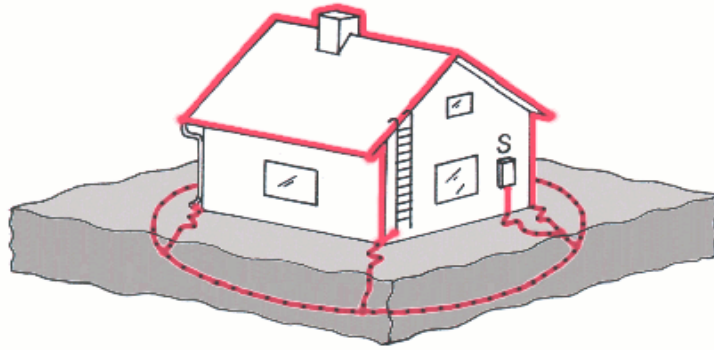
Varsin tehokkaan ukkossuojauksen voi tehdä itse ja vieläpä mitättömin kustannuksin. Myös rakennuksen lähellä kasvavat puut vaikuttavat ukkossuojaukseen tavalla, joka usein ymmärretään väärin. Kasvavan puun sähkönjohtavuus on samaa luokkaa kuin liejun, turpeen, mullan sekä järvi- ja jokiveden.

Salamalle altis rakennus

Ellei salamavirralla ole järjestetty kunnollista purkaustietä, kattoon osunut salama aiheuttaa valokaaren, joka etenee osumiskohdasta lähimpään sisäjohtoon tai sellaisen puuttuessa maahan. Valokaaren reitillä on yleensä helposti syttyvää ainetta, joten vaara on ilmeinen.

Jos katto on metallia, valokaari syntyy kohtaan, jossa etäisyys metallikatosta tai siihen yhteydessä olevasta metalliosasta sisäjohtoon on pienin. Peltikaton maadoittaminen, mieluiten joka nurkasta, rakennusta ympäröivään rengasmaadoitukseen ja lisäksi sähkömaadoitukseen antaa erinomaisen suojan, sillä rakennuksen ympärille muodostuu niin sanottu Faradayn häkki.

Jos katto ei ole metallia, vastaava vaikutus saadaan aikaan sijoittamalla katon harjalle sekä pääty- ja sivuräystäiden yläreunaan metallijohtimet, niin sanotut kattojohtimet, jotka maadoitetaan mieluiten joka nurkassa (kuva 1). Harjajohtimesta on hyvä vetää haara savupiipun nokalle. Räystäiden kohdalla kattojohtimena voi käyttää maadoitettua metallista sadekourua.



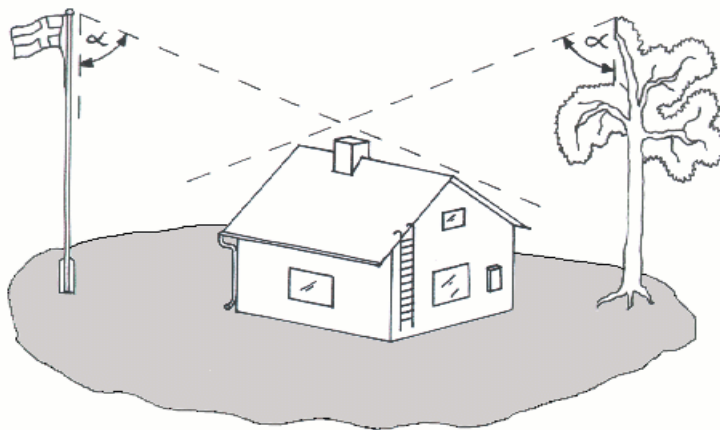
1. Kattojohtimien tai peltikaton maadoittaminen joka nurkasta rakennusta ympäröivään rengasmaadoitukseen antaa erinomaisen ukkossuojan. Kuvassa S merkitsee sähkökaappia tai vastaavaa.

Mahdollinen antennimasto, metallitikkaat ynnä muut vastaavat rakenteet on syytä yhdistää jo katolla peltikattoon, kattojohtimeen tai alastulojohtimeen. Metallitikkaiden alapää on lisäksi hyvä yhdistää rakennuksen maadoitukseen.

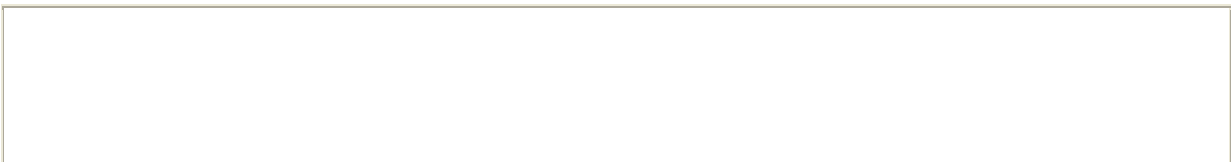
Pelkän antennimaston maadoittaminen rakennuksen sähkömaadoituksesta erilliseen maadoituselektrodiin on huono ratkaisu. Vaarassa ovat vastaanottimen lisäksi rakennus ja ihmiset.

Puiden suojaama rakennus

Jos rakennuksen läheisyydessä on korkeita puita, ne voivat ainakin valtaosin estää rakennukseen suoraan osuvat salamaniskut. Puiden vaikutusta kuvaa suojauskulma α (kuva 2). Tämä todennäköisyyslaskennan avulla saatu suojauskulma ei ole aivan yksikäsitteinen, vaan sen arvo riippuu muun muassa puiden ja rakennuksen korkeudesta sekä salamavirran suuruudesta. Lisäksi suojauspinta, joka on kuvassa merkitty katkoviivalla, ei ole todellisuudessa aivan suora.



2. Jos rakennuksen läheisyydessä on korkeita puita, ne voivat ainakin valtaosin estää rakennukseen suoraan osuvat salamaniskut. Puiden vaikutusta kuvaa suojauskulma α .



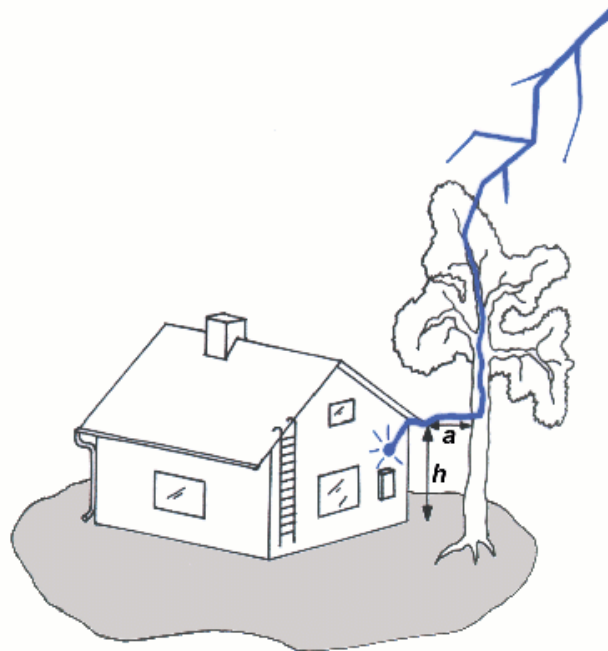
PUUSTON RAKENTEEN JA PAIKAN VAIKUTUS SUOJAUSKULMAAN α	
Puusto	α
Metsä ympäröi rakennusta joka puolelta	$<60^\circ$
Metsää rakennuksen kahdella vastakkaisella puolella	$<50^\circ$
Metsää yhdellä puolella rakennusta	$<30^\circ$
Yksinäinen puu	$<25^\circ$

Taulukossa esitetyillä kulman α arvoilla saavutetaan lähes täydellinen suojaus, mutta suuremmillakin kulmilla päästään vielä kohtuulliseen suojaukseen, erityisesti suurilla salamavirroilla.

Metallinen lipputanko suojaa saman verran kuin yksinäinen puu. Puisesta ja lujitemuovisesta ei voi sanoa mitään varmaa, sillä lika, märkyys ja naru vaikuttavat sähkönjohtavuuteen tavalla, jota on vaikea ennustaa. Varminta on olettaa, ettei puinen tai muovinen lipputanko anna suojaa, mutta että siihen voi osua salama.

Isku puusta rakennukseen

Se, että suora salamanisku rakennukseen estyy, riittää vain siinä tapauksessa, että puurakennuksessa ei ole sähkö- tai puhelinjohtoa eikä metallista vesijohtoa. Jos niitä on, ja korkea puu kasvaa liian lähellä rakennusta, puuta myöten tuleva salamapurkaus voi alas jatkamisen sijasta hypätä läheiseen räystäääseen (kuva 3) ja siitä edelleen rakennuksessa olevaan johtoon. Jos reitille osuu ihminen tai helposti syttyvää ainetta, vaara on ilmeinen.



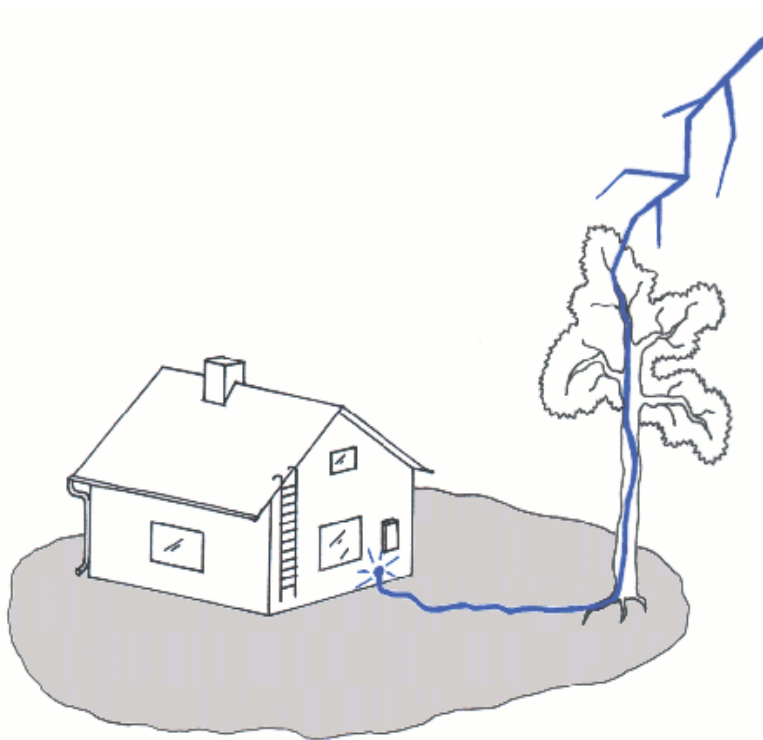
3. Sivuisku sähkö- tai puhelinjohtoon tai metallisen vesijohtoon sisältävään rakennukseen on erittäin epätodennäköinen, jos puun etäisyys rakennuksesta on enemmän kuin 1,5 kertaa räystäään korkeus ($a > 1,5 h$).

Tällainen niin sanottu sivuisku on erittäin epätodennäköinen, mikäli puun etäisyys rakennuksesta on enemmän kuin 1,5 kertaa räystäään korkeus. Sivuiskun vaara korostuu, jos rakennus sijaitsee muuten aukeassa maastossa, mutta sitä lähellä on yksinäinen korkea puu tai muutamia puita.

Sivuiskun haitat voidaan estää yhdistämällä metallinen sadekoulu rakennuksen maadoitukseen tai asentamalla maadoitettu metallijohdin räystään reunaan.

Maavalokaari

Vaikka puu olisikin sivuiskun kannalta riittävän etäällä räystäästä, puuta myöten maahan menevä salamavirta voi nostaa puun tyven maapotentiaalin vaarallisen suureksi. Näin saattaa käydä, jos maa on huonosti sähköä johtavaa, kuten kalliota, soraa, moreenia tai hiekkaa. Silloin maan läpi tai pintaa myöten voi syntyä valokaari lähimpään laajaan metalliosaan, joka on johtavassa yhteydessä maahan (kuva 4). Tällainen osa voi olla esimerkiksi sisäjohto.



4. Takaisku maan kautta sisäjohtoon tai betoniradoitukseen voidaan välttää upottamalla maahan puun ja rakennuksen väliin paljas johdin, joka yhdistetään rakennuksen maadoitusjärjestelmään.

Keskimääräisellä salamavirralla, joka on noin 30 000 ampeeria, tällainen takaisku maan kautta on mahdollinen huonosti sähköä johtavassa kallio- tai maaperässä vielä noin 15 metrin päästä. Suurimmilla, joskin harvinaisilla salamavirroilla se voi tapahtua vielä noin 50 metrin etäisyydeltä ja joskus kauempaakin.

Maavalokaaren aiheuttama vaara voidaan välttää upottamalla maahan puun ja rakennuksen väliin paljas johdin, joka yhdistetään rakennuksen maadoitusjärjestelmään. Tehokkain ja muiltakin kannoilta edullinen on rakennusta noin metrin etäisyydellä kiertävä rengaselektrodi (kuva 1).

Saman asian kuin rengaselektrodi ajavat perusmuurin tai pohjalaatan betoniraudat tai -verkot, jos ne on yhdistetty sähköisesti rakennuksen maadoitusjärjestelmään. Betoniin voi tosin tulla pieniä vaurioita.

Paljaalla kalliolla rengaselektrodi voidaan sijoittaa esimerkiksi rakennuksen alle kallion pinnalle.

Rakenneseikkoja

Jos alastulojohtimia on vähintään kaksi, ja ne sijaitsevat rakennuksen vastakkaisilla puolilla, 10 mm² kuparijohdin ja 25 mm² kuumasinkitty teräsjohtin ovat salamavirtojen kannalta käytännössä riittäviä. Vain erittäin harvinaiset, energialtaan suurimmat salamavirtat voivat ylikuormittaa näitä johtimia, mutta tällöinkin suojaus hoitaa tehtävänsä viimeisenä palveluksenaan.

Katto- ja alastulojohtimina voidaan käyttää 10 mm² kuparilankaa, jota on helppo taivutella ja jonka saa lähes piiloon. Korroosion estämiseksi maadoituselektrodina on tällöin syytä käyttää 10 mm² kuparilankaa tai 16 mm² kupariköyttä.

Ulkonäkö- ja kustannussyistä tällaisen ukkossuojauksen katto- ja alastulojohtimet voidaan kiinnittää suoraan harjaan, räystäaseen ja seinään. Energialtaan suurimmilla, äärimmäisen harvinaisilla salamoilla johdin voi teoriassa hetkellisesti kuumeta vaarallisesti, mutta tämä on pientä siihen nähden, mitä sellainen salama aiheuttaisi mennessään suojaamattoman rakennuksen ullakon läpi. Maalattu ja ukkossateella märkä lautapinta ei ole helposti syttyvä.

Jos poikkeuksellinen lämpeneminen halutaan ottaa huomioon, on parempi sijoittaa rahaa johdinpoikkipinnan ja/ tai alastulojohtimien määrän lisäämiseen kuin kohokiinnikkeisiin.

Tiilikatolla harjajohdin on kätevin sijoittaa harjatiilen alle, mutta tällöin on hyvä jättää varastoon muutamia varatiiliä. Maalaamaton ja kuiva kurkihirsi voi olla helpommin syttyvä kuin maalattu lauta. Jos tähän halutaan varautua, voidaan käyttää paksumpaa harjajohdinta tai useampaa johdinta rinnan saman sinkilän alla ja/ tai peittää kurkihirsi esimerkiksi peltiäuskalla.

Reikätiiliseinän nurkassa alastulojohtimen saa näkymättömiin ja hyvään mekaaniseen suojaan sijoittamalla se jo muurausvaiheessa seinän sisään. Varsinaisina tai lisäalastulojohtimina voidaan käyttää myös metallisia syöksytorvia, joiden alapää yhdistetään rakennuksen maadoitukseen (kuva 1). Vaikka syöksytorven jatkokset eivät aina ole normaalin sähkötekniikan kannalta luotettavasti johtavia, salamavirta kyllä pääsee läpi. Tästä saattaa tosin aiheutua syöksytorvelle vaurioita, mutta se voitaneen harvinaisena sallia, ja palovakuutus korvaa kyllä vahingon.

Johtimien asennuksessa kannattaa kiinnittää erityistä huomiota kolmeen seikkaan. Routavaurioiden välttämiseksi elektrodijohdin on jätettävä löysälle (aalloille), ja nousun alaosaan on tehtävä joustomutka (S- tai Z-mutka). Liittimien, mukaan lukien niiden ruuvit ja mutterit, on oltava korroosion kannalta yhteensopivia johdinmateriaalin kanssa. Messinkiä ei jännityskorroosiovaaran vuoksi saa käyttää maassa.

Sähkö- ja puhelinjohdot

Koska ilmajohtojen, kuten avojohtojen, riippukierrejohtojen ja ilmakaapeleiden, ulottuma on suuri, niihin osuu enemmän salamaniskuja kuin rakennukseen. Lisäksi johdon lähialueelle osuvat salamaniskut aiheuttavat johtoon ylijännitteitä epäsuorasti, indusoimalla. Salamavirta tosin yleensä jakaantuu usean purkautumispisteen kesken, mutta varsinkin jos salamaniskukohta on lähellä rakennusta, johtoa myöten tuleva syöksyaalto voi merkitä vaaraa rakennukselle ja siellä oleville.

Jos rakennuksessa on pienjänniteliittymän asiallinen maadoitus, johon on luotettavasti yhdistetty myös mahdolliset ukkossuojauksen, puhelinjohdon ja antennin maadoitukset sekä rakennuksen metalliputkistot, pienjännitejohtoa myöten tulevat ukkosylijännitteet eivät aiheuta rakennukselle eikä ihmisille vaaraa. Erityisen hyvä turva saavutetaan, jos rakennuksella on kuvan 1 mukainen rengaselektrodi.

Ukkosylijännitteet voivat kuitenkin vaurioittaa sähkölaitteita. Tällaiset vauriot voidaan estää asentamalla vaihejohtimien ja nollajohtimen tai rakennuksen maadoituksen väliin ylijännitesuojat. Paras paikka niille on lyhyen sisäänottokaapelin päätepylväs, ja on edullista, jos rakennuksen maadoitus ulottuu päätepylväälle.

Jos rakennukseen tulee puhelinilmajohto, jolla ei ole rakennuksen maadoitukseen yhdistettyä metallivaipallista sisäänottokaapelia tai metallista kannatusköyttä taikka johtimien ja rakennuksen maadoituksen välisiä ylijännitesuojia, sitä myöten tulevat ukkosylijännitteet voivat aiheuttaa vaaraa

myös rakennukselle.

Ylijännitesuojien asentaminen ei ole tee se itse -työtä.

KIRJALLISUUTTA

[1] A. Pesonen: Omakotitalon tai kesämökin tee se itse -ukkosuojaus, Sähköuutiset 6/94, s. 26 - 27.

[2] T. Tuomi: Ukkonen ja salamet. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa, Helsinki 1993, 124 s.

[3] Rakennusten ukkosuojaus. Suomen Standardisoimisliiton (SFS) käsikirja 33, Kyriiri Oy, Helsinki 1980, 63 s.

[4] Ylijännitesuojaus. Suomen Sähköurakoitsijaliiton julkaisu, Painokurki Oy, Espoo 1994, 135 s.

(Tekniikan tohtori Pesonen on vuodesta 1989 eläkkeellä oleva Imatran Voima Oy:n sähkövoimatekniikan johtava asiantuntija ja Sähköturvallisuusmääräyslautakunnan suojausjaoston entinen puheenjohtaja.)

Aiheeseen liittyen Tekniikan Maailma -lehdessä 14/1995 sivulla 65 on julkaistu artikkelia kritisoiva lukijakirje ja sille kirjoitettu vastine.

Julkaistu Tekniikan Maailma -lehdessä 11/1996 s. 49 (kirjoittaja on päivittänyt tekstin ajantasalle elokuussa 2001, ja kuvat on korvattu viittauksilla):

Antti J. Pesonen

JÄLKIMIETTEITÄ UKKOSSUOJAUKSESTA

Käsittelimme viime vuoden Tekniikan Maailman numerossa 12/1995 ukkosuojausta artikkelissa »Jokamiehen ukkosuojaus». Olemme saaneet aiheesta paljon arvokasta palautetta, joka on antanut myös kirjoittajalle lisää tietoa ja innostanut asian syvällisempään pohdintaan.

Takaiskumaavalokaaria näyttää esiintyvän paljon useammin kuin olin kuvitellutkaan. Paitsi kirjoituksen kuvan 4 mukaisia takaiskuja sisäjohtoon, niitä tapahtuu muun muassa maakaapeliin, järven rannalla veteen ja savipatjan päällä olevan sora- tai hiekkakerroksen läpi jopa pystysuoraan. Syynä on Suomen maaperän pääosiltaan huono sähkönsäilyvyys sekä se, että metsäisessä maassamme salamet osuvat usein rakennusten sijasta lähiympäristön puihin.

Huippukiinnostavia olivat tiedot salamamaavalokaaren sulattamasta hiekasta ja kallion pinnasta, fulguriitista. Sitä esiintyy halkaisijaltaan senttimetrien luokkaa olevina, sisäpinnaltaan sileinä lasimaisina putkina hiekassa ja rupeina kallion pinnalla. Kirjoituksessaan »Osa ukonvaajoista fulguriitteja» Geologi-lehdessä nro 48/1996 sivuilla 22 - 26 Matti Nuorteva selostaa muun muassa löytämänsä poikkeuksellisen kookasta hiekkafulguriittia (kuva Tekniikan Maailman nro 11/1996 sivulla 49).

Monesti puhutaan salaman polttamista sulakkeista. Useimmissa tapauksissa sulakkeen kuitenkin polttaa oikosulkuvirta, kun ukkosylijännite on ensin aiheuttanut läpilyönnin esimerkiksi rasian ilmavälissä tai sähkölaitteessa. Silloin kun sulake on räjähtänyt, kyseessä on varmuudella ollut itse salamavirta tai sen osa.

Maakaapeli ei ole paremmassa turvassa ukkoselta kuin ilmajohto siksi, että se on maan sisällä, vaan siksi, että liian lähelle sitä osuu harvemmin salamaniskuja kuin ilmajohtoon. Toisaalta sora- tai hiekkamaastossa metsässä sijaitseva, harustamattomille puupylväille asennettu johto on ukkoselta paremmassa turvassa kuin maakaapeli.

Onko rakennuksen ukkosuojaus taloudellisesti perusteltua? Tähän ei voi antaa yksiselitteistä

vastausta. Asiaan vaikuttavat paikalliset tekijät kuten rakennuksen arvo, puusto, maaperän sähkönjohtavuus, katon ja räystäiden laatu sekä alueen ukkosintensiteetti, mutta myös se, onko rakennus vakuutettu, ja mikä on omavastuun suuruus. Lisäksi asiaan liittyy muitakin kuin taloudellisia tekijöitä kuten hengenvaara, epämiellyttävä odotus siitä, osuuko salama pahasti tai suoranainen terve ukkosen pelko. Eikä kodin palaminen sitä paitsi ole mukavaa, vaikka saisikin vakuutuskorvauksen. Itse olin valmis sijoittamaan mökilläni tarvittavat vajeat 200 markkaa (vuonna 1994) jo pelkästään viimeksi mainituista syistä - erityisesti lastenlapsiani ajatellen.

Kannattaako sitten hankkia pienjänniteylijännitesuojat sähkölaitevaurioiden estämiseksi? Tähänkään kysymykseen ei ole aivan helppo vastata. Ylijännitesuojat eivät juuri paranna palo- ja henkilöturvallisuutta, jos kirjoituksessani selostetut muut suojaustoimenpiteet on tehty.

Ulos asennettava kolmivaiheinen ylijännitesuojaryhmä asennuksineen maksaa noin tuhat markkaa. Saatavilla on myös pistotulpalla pistorasiaan liitettäviä ylijännitesuojia, joiden kappalehinta on pari sataa markkaa. Kussakin vaiheessa tarvitaan vain yksi suoja, mutta kolmivaihetapauksissa pistorasioita ei aina ole kaikissa vaiheissa.

Ainakaan silloin, kun vakuutuksen omavastuuosa on pieni, tai kalliita, ukkosylijännitteille arkoja sähkölaitteita ei ole eikä rakennus sijaitse jakelujohdon päässä, ylijännitesuojat eivät ole taloudellisesti perusteltavissa. Lisäksi ylijännitesuojavaurioita näyttää sattuvan yllättävän usein. Asiaan vaikuttaa myös se, onko asukkaalla tapana erottaa siirrettävät sähkölaitteet pistorasiasta ukonilman ja pitkäaikaisten poissaolojen ajaksi, sillä pelkkä pääkytkimen avaaminen, toisin sanoen sähkön katkaiseminen rakennuksesta ei vielä riitä.

Melko yleisten harhaluulojen hälventämiseksi todettakoon lopuksi, että salama ei suinkaan mene iskukohdasta johonkin määrättyyn paikkaan ruveten siellä sitten melskaamaan tappaen, sytyttäen, räjäyttäen, sähkölaitteita rikkoen tai asennuksia irti repien jollakin mystisellä mekanismilla. Sen sijaan salamavirta voi ennen maahan hajautumistaan mennä jotakin kautta tai sen osat useaakin eri kautta. Ja näille kauttavirroille olisi siis saatava turvallinen tie.

Salama ei ole mikään taikasauva, joka tuhoaa pelkällä kosketuksellaan, vaan se noudattaa tunnettuja fysiikan lakeja siinä kuin muutkin sähköilmiöt. Vahingot johtuvat joko salamavirran tai sen osan suorasta vaikutuksesta, kuten sydänkammiovärinä, virran aiheuttama johtimen kuumeneminen, valokaaren sytyttävä tai polttava taikka maan tai puun kosteutta äkillisesti höyrystävä vaikutus sekä sähködynaaminen voima, tai salamavirran aiheuttamasta jännite-erosta kuten läpilyönti.

Julkaistu Nykyposti-lehdessä 7/2000 s. 84 - 87:

Teksti: Timo Elo, vapaa toimittaja

NÄIN SUOJAUDUT SALAMALTA

Ukkosella on syytä hakeutua sisätiloihin

Salamaa tulee kunnioittaa, ei uhmata, turvallisuusinsinööri Kari Lehto Turvatekniikan keskukselta neuvoo. Etenkin maaseudulla asuville ja siellä lomaileville mökkiläisille ukkosilma muodostaa pelottavan uhkakuvan, jonka aiheuttamien tuhojen torjumiseksi hyvät neuvot ovat tarpeen.

Vaikkeivät ukkoseen ja salamointiin liittyvät asiat suoranaisesti kuulukaan toimialaamme, olemme usein etenkin kesäaikaan vastanneet suuren yleisön niitä koskeviin tiedusteluihin, Turvatekniikan keskuksen turvallisuusinsinööri Kari Lehto toteaa.

Kansalaisilla on varsin hyvin tiedossa se, ettei ukkosella pidä mennä yksinäisen suuren puun juurelle eikä kulkea sateenvarjon alla avoimella paikalla. Vesilläkään ei pitäisi olla, ellei sattumalta ole metallista tehdystä veneessä, jossa on tiivis metallihytti. Myös auton kori tarjoaa hyvän suojan. Sehän muodostaa ns. Faradayn häkin, jonka sisälle ei synny jännitettä.

Ukkosella ei myöskään tulisi kalastaa, koska monet ongenvat saattavat sisältää sähköä johtavaa hiilikuitua. Tällaisten vapojen kanssa on muutenkin syytä olla varovainen. Tiedetään tapauksia, joissa

hiilikuituvapa on osunut sähkölinjaan, ja ainakin yksi ihminen on kuollut tällaisessa onnettomuudessa, Lehto toteaa.

Ukkosen ollessa pahimmillaan on tasaisessa maastossa esimerkiksi ojaan kyyristyminen hyvä keino suojata itsensä. Yleensäkin matalalla olevat maastonkohdat ovat turvallisia, koska salama valitsee tiensä lyhyimmän välimatkan perusteella. Myös kotieläimet on syytä suojata. Onhan esimerkiksi ulkona koppinsa edessä metallilieassa oleva koira salamalle varsin otollinen kohde.

Lehto toteaa hyväksi nyrkkisäännöksi ukkosen nousemisnopeuden arvioimisessa sen, että ääni kulkee 333 metriä sekunnissa. Jos salaman iskun ja jyrähdyksen välinen aika on esimerkiksi kolme sekuntia, tämä kertoo salaman iskun tapahtuneen kilometrin päässä.

Sähkölaitteet vaaravyöhykkeessä

Mikäli rakennukseen tulee ylijännitteitä, lähes kaikki sähkölaitteet ovat vaarassa vioittua. Vahinkojen suuruus riippuu kuitenkin aina salamaniskun voimakkuudesta ja siitä, onko salama iskenyt taloon suoraan vaiko epäsuorasti sähkölinjoja pitkin.

Rakennuksen pääkatkaisijan asettaminen 0-tilaan ei vielä täysin suojaa tuhoilta. Salaman aikaansaama jännite on siksi korkea, että se saattaa hypätä katkaisijan yli. Näin ollen kehottaisin sähkön poiskytkemisen ohella vetämään myös tietokoneiden, television, matkaradion, mikroaaltouunin, puhelimen sekä muiden vastaavien kodinkoneiden pistotulpat pois seinästä. Salamaniskun myötä syntyvä ylijännite saattaa myös rikkoa lamppuja, vaikeivätkin ne palaisikaan ukkosen aikana. Kännykkä sen sijaan on täysin suojassa, Lehto kertoo.

Maaseudulla itse rakennuksen suojaaminen ukkoselta on periaatteessa melko yksinkertainen toimenpide. Siihen tarvitaan pinta-alaltaan vähintään 10 neliömillimetriä olevaa kuparilankaa, josta muodostettava maadoitusjohto vedetään talon peltikaton jokaisesta kulmasta alas maahan. Tämän jälkeen se yhdistetään rakennusta kiertävään, talosta metrin kahden etäisyydelle maahan vähintään 0,7 metrin syvyyteen kaivettuun kuparilankakehään. Ellei rakennuksessa ole peltikattoa, kuparilangasta vedetään johteet myös katon päätyihin ja harjaan. Lanka johdetaan tällöin myös piipun yli.

Maaseudulla on viime aikoina kovasti väännetty kättä siitä, onko paikallinen sähkönjakelija velvollinen asentamaan sähkölinjan päässä oleviin viimeisiin tolppiin erilliset ylijännitesuojat estämään linjaa pitkin tulevien salamaniskujen aiheuttamien ylijännitteiden tuhot. Jotkut jakeluyhtiöt ovat vetäneet niin tiukkaa linjaa suojien rakentamisessa omalla kustannuksellaan, että koko hanke on kaatunut siihen, koska asiakkaatkaan eivät ole halunneet maksaa niitä. Kuitenkin on varmaa, etteivät sähkölinjojen päässä olevat talot ole turvassa salaman aiheuttamilta tuhoilta ilman näitä noin 1000 - 1500 markan hintaisia ylijännitesuojia, Lehto toteaa.

Sähköenergialiitto ry. Sener paheksuu julkisuudessa olleita "virheellisiä tietoja" sähkölinjojen ukkossuojauksista.

Eräissä paikallisissa sanomalehdissä ja valtakunnallisissa ilmaisjakelulehdissä on annettu ymmärtää, että sähköyhtiöiden olisi asennettava kustannuksellaan ukkossuojaus sähkölinjojen päässä asuville kotitalouksille, jotka ovat normaalia alttiimpia ukkosen aiheuttamille vioille. Virheellisten lehtitietojen mukaan sähköyhtiön kustantama ukkossuojaus perustuisi sähkömarkkinakeskuksen asiasta antamaan päätökseen, Senerin neuvontalakimies Timo Lankinen toteaa.

Alalla yleisesti vallitsevan näkemyksen mukaan ukkosen aiheuttamien ilmiöiden poistamista verkkoyhtiöiden kustannuksella ei voida pitää kansantaloudellisesti järkevänä vaihtoehtona, eikä loppukäyttäjät voi yksipuolisesti vaatia suojausten asentamista ilman siitä verkkoyhtiölle aiheutuvien kustannusten korvaamista. Ukkossuojalla ei myöskään voida poistaa kaikkia ukkosen aiheuttamia ilmiöitä, ja lisäksi on mahdollista, että se haittaa muiden verkossa kiinni olevien sähkölaitteiden toimintaa, Timo Lankinen toteaa.

Kysy asiantuntijalta

Teknisessä yksikössämme on muutamia henkilöitä, jotka ovat perehtyneet rakennusten sekä niissä olevien sähkö- ja puhelinlaitteiden ukkossuojaukseen. Voimme myös antaa neuvoja ihmisten henkilökohtaiseen suojaamiseen liittyvissä kysymyksissä. Rakennuksissa ja kiinteistöissä, joihin sähkö-

ja puhelinverkko tulee ilmajohdon välityksellä, esiintyy luonnollisesti suurempia ongelmia kuin taloissa, joissa asiat ovat toisin, Suomen sähkö- ja teleurakoitsijaliiton tekninen johtaja Sinikka Hieta-Wilkman sanoo.

On olemassa sekä suoria että epäsuoria salamaniskuja, joita vastaan tarvitaan erilaiset suojausmenetelmät. Taloon ilmajohtoa pitkin tulevista epäsuorista salamaniskuista aiheutuvat vahingot ovat tavallisimpia. Tällöin salama iskee vaikkapa muutaman kilometrin päässä avojohtoon, joka sitten nimensä mukaisesti johtaa siihen osuneen ylijännitteen edelleen linjan päässä olevaan taloon. Sen sijaan niin sanottu suora salamanisku, jossa salama osuu joko suoraan ihmiseen tai rakennukseen, on harvinaisempi. Seurauksina ovat tällöin useimmiten hengenlähtö ja tulipalo.

Monet arvorakennukset, kuten esimerkiksi kirkot, on suojattu suoria salamaniskuja vastaan. Kirkkojen korkeisiin torneihin on asennettu erityiset 'salamansiepparit', piikit, jotka ikään kuin ottavat salaman 'haltuunsa' ja johtavat sen suojausjohtimia pitkin maahan, jossa salaman vaikutus hajoaa ja neutralisoituu. Ideana tässä on se, että koska emme voi ehkäistä salaman syntyä, tai ohjata sitä jonnekin muualle, salama on otettava vastaan ja johdettava maahan.

Sähköturvallisuuden liittyvissä standardeissa on yksityiskohtaiset määräykset sähköjärjestelmistä sekä kiinteistöjen ja rakennusten maadoittamisesta. Ukkosille herkällä alueella tilannetta voidaan parantaa rakentamalla ulkoisen ukkossuojauksen lisäksi myös rakennuksen sisäinen suojaus. Tarjolla on ylijännitesuojia, jotka sijoitetaan joko sähkökeskukseen tai laitekohtaisesti pistorasioiden yhteyteen. Puhelinverkon suojaamisessa on myös muistettava puhelimeen liittyvien modeemien ja muiden laitteiden olemassaolo.

Sähkö- ja puhelinverkon suojat ovat ikään kuin 'karkeampia' suojia laitekohtaisten suojien ollessa hienosyisempiä. Suositellisin kuitenkin aina turvautumista ammattilaisten apuun, ovathan tee-se-itse -hommat sähköpuolella pääsääntöisesti kiellettyjä. Tällä halutaan ennen kaikkea estää ylimääräisten vahinkojen syntyminen.

Suosittelen myös laitekohtaisia ukkossuojia, onhan moni maaseudun asukas on kyllästynyt siihen, että aina talosta poistuessa tulisi kytkeä sähkölaitteet pois käytöstä. Tällöinhän ei myöskään voi käyttää puhelinvastaajaa eikä videoiden ajastinta, joiden tarkoituksena on toimia asukkaiden poissaollessa, Hieta-Wilkman toteaa.

Ukkosen yltyessä on syytä hakeutua sisätiloihin ja pysyä etäällä tulisijoista, koska noki johtaa sähköä, ja salama voi iskeä korkealla olevaan piippuun. Myös radion ja television ulkoantennit kannattaa tällöin kytkeä pois päältä. Aina on myös hyvä muistaa, että ukkosilmalla lankapuhelimen on syytä antaa soida useamman kerran ennen vastaamista. Kertapirahdus saattaa merkitä vaaratekijää. Tällöin puhelimeen ei pidä koskea.

Vanha konsti pukea kumisaappaat jalkaan ukkosella saattaa olla eduksi ulkona, kumi sinänsä - esimerkiksi auton renkaissa - ei kuitenkaan ehkäise salaman iskun tuhoisia vaikutuksia, Hieta-Wilkman toteaa.

Salama on ennalta-arvaamaton

Eläkkeellä oleva Imatran Voiman johtava sähkövoimatekniikan asiantuntija, tekniikan tohtori h.c. Antti J. Pesonen tunnetaan laajalti "ukkosguruna", jonka alan tietämys on suuri.

Salamaan liittyy useimmiten pilvestä lähtevä esipurkaus, jota vastaan maasta nousee lyhyt vastaesipurkaus, ja kun nämä kohtaavat, esipurkauskanavaan syöksyy sitä sähkövarauksesta ja jännitteestä tyhjentämään virta-aalto, salama, hän määrittelee.

Esipurkaus ei myöskään pilvestä lähtiessään tiedä, mihin se lopulta joutuu. Se valitsee toisin sanoen lopullisen määränpäätänsä - omasta voimakkuudestaan riippuen - noin 15-200 metrin etäisyydellä kohteesta ja päättyy tällöin lähimpänä olevaan 'maadoitettuun kohteeseen', joka voi itse maan lisäksi olla esimerkiksi piippu, katto tai puu. Jokainen salama lyö aina johonkin.

Yksinäisen puun alla onkin vaarallista oleskella ukkosella. Tämä johtuu siitä, että puuhun osuva salama ei jatkakaan puuta pitkin maahan asti, vaan hyppää sähköä paremmin johtavaan ihmiseen. Puun alla seisovaa uhkaavan 'sivuiskun' vaara ulottuu kuitenkin vain kolmen metrin etäisyydelle puusta.

Kauemmaksi mentäessä - noin puolta puun korkeutta vastaavaan etäisyyteen asti - ihminen on lähes täydellisesti turvassa salamalta ja vielä puun korkeutta vastaavalla etäisyydelläkin ihan kelvollisesti.

Iskukohdan lähellä seisomiseen liittyy toinenkin, niin sanotun askeljännitteen aikaansaama vaara. Salamavirran levitessä iskukohdasta maahan osa siitä voi hakeutua kulkemaan puun lähistöllä seisovan ihmisen jalkojen kautta. Askeljännitettä voidaan pienentää painamalla jalat yhteen tai käyttämällä kumijalkineita - muuta hyötyä kumipohjista ei ukkosella olekaan. Yksinäisen puun lähellä askeljännitettä voidaan edelleen pienentää kääntämällä paraati- tai istumapuoli puuta kohden.

Vaara vaanii golf-kentällä

Myös golfkentällä ukkonen on vaaratekijä. Kentän puista on tällöin apua - oikealla etäisyydellä. Liian lähelle puuta ei pidä mennä, koska tällöin juuri voi joutua sivuiskun kohteeksi. Pahempaa kuin seistä 'virtakentässä' hajasäärin on pitää ukkosen aikana golfkentällä kärrystä kiinni. Tällöin virta voi tulla johdetuksi kulkemaan sydämen tienoon kautta.

Kuolleisuus ihmiseen osuvassa salamaniskussa on noin 35 prosentin luokkaa eli samansuuruinen kuin aivoveritulpassa, joten salama ei suinkaan aina ole tappava ilmiö. Mainittakoon, että Floridassa elää nainen, johon salama on iskenyt kolme kertaa.

Kaiken kaikkiaan ihmisen voidaan katsoa olevan täysin turvassa salamalta vain sukellusveneessä, autossa - ei kuitenkaan Trabantissa - tai kokometallisessa lentokoneessa, Pesonen sanoo.

Pesonen on osallistunut myös pallosalamasta käytyyn keskusteluun.

Pallosalama - jos sellainen ylipäättään on olemassa - on erittäin harvinainen ilmakehän sähköilmiö, niin harvinainen, ettei sitä ole kertaakaan saatu tiedemiesten tai mittalaitteiden ulottuville. On kuitenkin olemassa muutamia valokuvia, joiden voidaan kuvitella esittävän pallosalamaa. Sen sijaan näköhavaintoja pallosalamaksi arveltuista ilmiöistä on kerätty systemaattisesti jo parin sadan vuoden ajan. Ja usein etenkin uutisissa kerrotaan - ilman mitään perusteita - pallosalaman esimerkiksi kimmahaneen puusta ja sytyttäneen talon palamaan.

On mielenkiintoista yrittää selittää sähköfysiikan lakien mukaan tällaisen hohtavan, rätisevän, leijuavan ja pamahtavan pallon syntyminen. Kesken jääneen salaman esipurkauskanavan heitteille joutuneesta varauksesta voisi Pesosen mukaan hyvinkin muodostua hitaasti liikkuva koronapallo - 'ioni-ilmapallo', mutta vain erittäin harvinaisessa tilanteessa.

Tällainen pallo olisi kuitenkin luonteeltaan lähes harmiton, 'kissannahkasähkövaraus', eikä sen pitäisi voida tappaa, sytyttää paloa, pirstoa kiviä eikä puita eikä pitää pahaa meteliä, mutta se voisi kyllä tunkeutua sisään esimerkiksi puutalon avaimenreiästä. Mikäli koronapallo on ilmiön oikea selitys, pallosalama on mystisenä ilmestyksenä suotta joutunut monen pahan syntipukiksi, Pesonen toteaa.

Antti J. Pesonen

UKKOSHUUHAATA JA -AHAATA

Kirjoituksessa oivataan eräitä yleisiä harhaluuloja ukkosesta ja salamoista. Lisäksi selostetaan eräitä mielenkiintoisia ja jopa jännittäviäkin seikkoja, jotka eivät ole ainakaan kovin yleisesti tunnettuja tai löytyvät peräti vain kirjoittajan aivoista – huono säilytyspaikka!

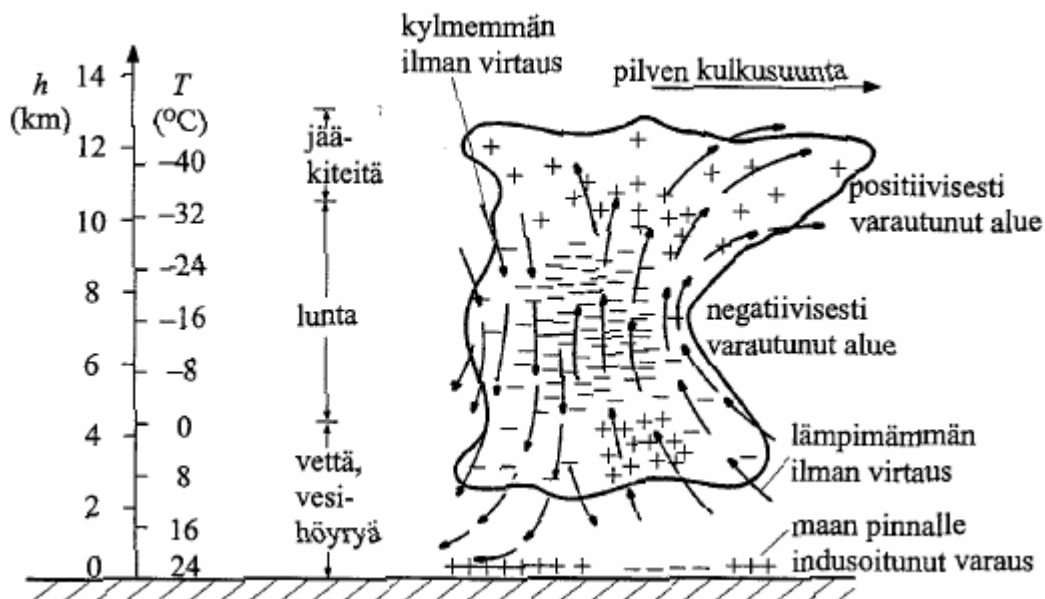
RUBBISH BELIEFS AND POORLY KNOWN FACTS ABOUT THUNDERSTORMS AND LIGHTNING

The article rectifies some general delusions about thunderstorms and lightning. Moreover, it describes some interesting or even thrilling facts not very generally known or those found only in the brain of the writer – a poor depot! (Finnish)

Salama

Ukkospilvi sähköistyy, kun mikrojääkiteet nousevat ylös ukkossolun voimakkaan pystyvirtauksen mukana (kuva 1) ja ”hankautuvat” vajoaviin tai vastatuuleessa leijuviin, millimetrin luokkaa oleviin lumirakeisiin. Sitä, miksi lumen hinkkaaminen jääpalalla synnyttää staattista sähköä, ei ole pystytty kunnolla selittämään. Ehkäpä lämpötilaero? Mutta ei kirjoittajan silmiin ole osunut selitystä siitäkään, miten lasisauvaa tai eboniittisauvaa kissannahalla hangattaessa syntyy staattista sähköä, vieläpä erimerkkistä.

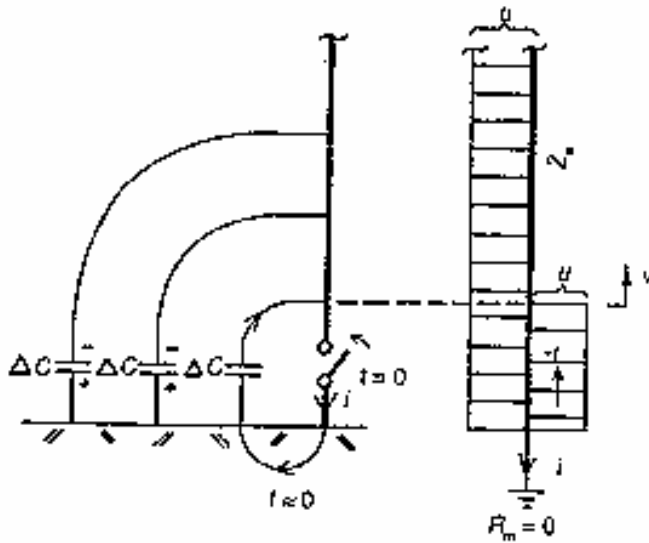
Kun varausta on kertynyt tarpeeksi, pilven varauskeskuksen jännite maahan nähden ylittää ilman läpilyöntijälujuuden. Pilvestä maahan alkaa työntyä ionisoituneesta ilmasta koostuva, halkaisijaltaan – (syntyvän) salaman voimakkuudesta riippuen – alle metrin tai metrien luokkaa oleva esipurkauskanava, jonka kärki etenee n. 500 km/s keskinopeudella. Tavallisimman, negatiivisen, salaman esipurkauskanavan kärki etenee joidenkin kymmenien metrien hyppin ja mutkitellen. (Se, miksi negatiivisen salaman esipurkauskanava etenee pomppien ja ”oksittuen”, mutta positiivisen varsin tasaisesti ja lähes suoraviivaisesti pystysuoraan ”sileärunkoisena”, selittyy sysäysionisaation napaisuusriippuvuudella.)



Kuva 1. Ukkossolu. Kirjasta M. Aro & al.: Suurjännitetekniikka, Otatiето 1996.

Esipurkauskanavan kärjen saavuttaessa maan – tai oikeastaan (lyhyen) vastaesipurkauskanavan kärjen – esipurkauskanavaan syöksyy maasta noin puolella valon nopeudella (100 000 – 200 000 km/s) sitä sähkö-

varauksesta ja jännitteestä tyhjentämään virta-aalto, salama (kuva 2). Mahdolliset "lisätoimitukset" pilvestä ehtivät maahan vasta myöhään aallon selällä. Kuvassa 2 on yksinkertaisuuden vuoksi esitetty pystyrintaisen aallon tapaus. Todellisen aallon voidaan ajatella superponoituneen tällaisista aalloista.



Kuva 2. Tilanne heti esipurkauskanavan loppuhypyn jälkeen. Piirt. A. Pesonen.

Esipurkaus voi hyvin korkeilla rakenteilla alkaa myös maasta, rakenteen huipusta, mutta tällöinkin aiheuttajana on pilven varaus. Nyt loppuhypy tapahtuu kanavasta pilveen, ja maahan tulee varsin loiva aalto. Raketin avulla ukkospilveen ammutun ohuen metallilangan avulla laukaistu salama on näinollen epäedustava, myös salamauran metallipölyn vuoksi.

Kuvasta 2 nähdään, että salama ei ainakaan tässä mallissa suinkaan katoa maan uumeniin, kuten yleisesti luullaan, vaan palaa siirrosvirtana salamauraan. Suljetun virtapiirin on oltava nimensä mukainen. Kirchhoffin ensimmäisen lain mukaan virta ei voi lähteä mistään eikä päätyä mihinkään, vaan se on tuomittu kiertämään rinkiä.

Kuvan 2 malli ratkaisee myös vanhan probleeman salama-aallon etenemisestä maassa. Johteessahan ei voi esiintyä vapaasti eteneviä sähkömagneettisia aaltoja. Maa-aalto etenee kuvan 2 mukaan salamauran aallon "taluttamana paisuvana juustokupuna".

Kuvan 2 avulla voidaan kätevästi selittää myös läheisiin johtoihin indusoituvat ukkosylijännitteet. Salamavirran jyrkkyys on toisarvoinen tekijä; indusoituneen jännitteen jyrkkyys määräytyy pääosin indusoivan silmukan kasvunopeuden avulla.

Myös salaman iskiessä korkeaan rakenteeseen, kuten mastoon tai voimajohdon pylvääseen, pätee kuvan 2 tapainen approksimointi. Asiaa mutkistaa kuitenkin se, että talutettava vikuroi, sillä kun on "omaakin tahtoa" – rakennehan on LC-aaltojohto. Ilmiö on selitetty kirjallisuudessa väärin, virheellisellä sijaispiirillä. Kirjoittajakin tunnustaa olleensa nuoruudessaan turhan herkkäuskoinen [1, muuten vieläkin ihan käyttökelpoinen].

Viitteeseen [1] liittyy muuan episodi, joka on kulttuurihistorian vuoksi ehkä syytä viedä aikakirjoihin. Kirjoittaja lainasi – vasta ensimmäistä kertaa, häpeä tunnustaa – kirjoittaessaan viitettä [8] vuoden 1994 lopulla entiseltä työtoveriltaan ukkostietouden "raamatun", R. Golden toimittaman teoksen *Lightning*, Academic Press, 1977, joka koostuu kahdesta "tiiliskivestä". Sitä lukiessaan kirjoittaja törmäsi yllättäen vuoden 1994 viimeisillä minuuteilla tutulta vaikuttavaan henkilöön: omaan itseensä. Kirjassa oli kaksi täyttä sivua, jotka oli suoraan käännetty, osaksi pieleen menen, viitteestä [1]. Asiassa ei ole mitään epäkorrektia, sillä Voimassa ja Valossa sanottiin, että "kirjoitusten lainaaminen on sallittua edellyttäen, että lehden nimi ja numero sekä kirjoittaja mainitaan". Näin olikin tehty, mutta kukaan ei ollut vaivautunut kertomaan asiasta kirjoittajalle. – Kirjasta ei ollut apua pallosalama-jahdissa.

Negatiivisten (maa)salamoiden huippuarvo on keskimäärin n. 30 kA, ja voi poikkeuksellisen voimakkaalla salamalla olla jopa yli 100 kA. Positiiviset salamat ovat noin kaksi kertaa voimakkaampia kuin negatiiviset, ja niitä on Suomen ilmastossa 10 – 15 % kaikista maasalamoista. Noin puolet negatiivisista salamoista käsittää

vain yhden osaiskun, mutta osaiskuja voi olla – n. 0,1 s välein – jopa 10, Suomessa keskimäärin kaksi. Ensimmäinen osaisku on yleensä selvästi voimakkaampi kuin seuraavat. Positiivisilla salamoilla kertaantuminen on harvinaisempaa ja vähäisempää. Kaikista salamoista n. 2/3 on Suomessa pilven sisäisiä (niitä esiintyy erityisesti pilven sähköistymisen alkuvaiheessa) tai pilvien välisiä, ja maasalamoita on siis vain n. 1/3, tropiikissa vielä paljon pienempi osuus.

Lehdet kirjoittavat usein 'salamoiden' asemesta 'salamien'. 'Salami' on kuitenkin makkarateollisuuden käsitteitä.

Ukkospilven kulku

Usein sanotaan, että ukkospilvi voi kulkea vastatuuleen. Riippuu siitä, mihin verrataan. Kyllä ukkospilvi tottelee sen korkeudella vallitsevaa tuulta. Maan pinnalla ukkospilven alla ja reunoilla tuuli käy eri kohdissa eri suunnista (kuva 1).

Jotkut väittävät, että voimajohdot vetävät puoleensa ukkosta, ja toiset taas, että työntävät pois. Voimajohdon synnyttämä sähkökenttä kilometrien korkeudella on kuitenkin häviävän pieni. Ja jos se jotakin vaikuttaisi, se vain tärisyttäisi pilven sähkövaraushiukkasia 50 Hz taajuudella. Ja jos edes pilven varausten aiheuttaman erittäin voimakkaan (tasa)sähkökentän aikaansaamilla sähköstaattisilla voimilla olisi jotakin merkitystä tuulivoimien rinnalla, ukkospilvi putoaisi heti sähköistytyään maahan.

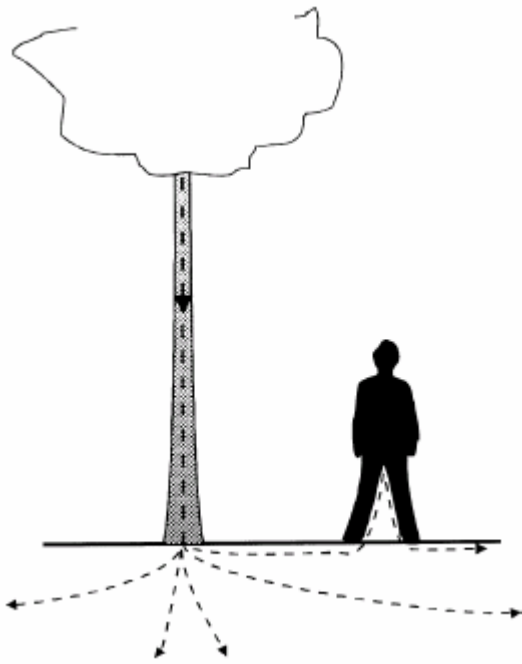
Vielä suurempaa huuhaata on uskomus, että radioaallot vaikuttavat ukkospilveen ja salamoiden syntyyn, ja että mastoon tai korkeaan savupiippuun kiinnitetty lähetysantenni muka olisi ympäristölle vaarallinen, vrt. [2].

Salamanisku ihmiseen

Jos salama iskee suoraan ihmiseen, peliä ei vielä ole välttämättä menetetty. Tappava sydänkammiovärinä syntyy vain, kun isku osuu sydämen toimintajakson ns. haavoittuvalle osalle, joka on n. 35 % koko toimintajaksosta. Selviytymistodennäköisyys, 65 %, sattuu täten olemaan sama kuin aivoinfarktissa, mutta selviytymisen laatu on parempi. Skotlannissa suurehko joukko partiopoikia oli vuonna 1942 vuoristokiipeilyllä. Kiipeämisköyden yläpäähän löi salama, ja kiipeilijöistä kuoli noin kolmasosa.

Ukkosrikkaassa Floridassa elää terveenä nainen, johon on lyönyt salama kolme kertaa, ja Baijerissa mies, johon salama on lyönyt kahdesti. Nainen valittaa, että ihmiset hyljeksivät hänen (noita?) seuraansa. – Voi kun kirjoittaja olisi kolmen aivoinfarktin asemesta saanut valita kolme salamaniskua! Henkiin jäämisen todennäköisyys olisi sama ja liikkumiskyky jäljellä sekä maailmanennätys alan ammattilaisella.

Kun salama lyö ihmiseen, kehon pintaa pitkin syntyy heikoimmallakin salamalla ylilyönti, valokaari. Salamavirta ei täten mene kehon läpi. Kehon yli vaikuttaa valokaaren jännitehäviö, joka pienenee loivasti virran kasvaessa. Täten sydänkammiovärinän vaaran kannalta pienet salamavirrat ovat periaatteessa vaarallisempia, paradoksaalista kyllä.



Kuva 3. Askeljännitteen synty salamaniskukohdan lähistöllä. Piirt. V. Virkkala.

Ulkoilija

Aukeassa maastossa ihmiseen osuvan salaman todennäköisyys kasvaa likimäärin korkeuden neliössä tai oikeastaan hivenen loivemmin. Kukin voi tämän perusteella itse laskea, kannattaako ukkosella seistä ylheästi pystyssä, kumartaako Ukko Ylijumalaa vai mennäkö peräti kyykkyyyn, ja pannakko sateenvarjo kokoon. Rähmälleen maahan ei kannata mennä, eikä neliölakikaan ole siellä enää voimassa. Rähmällään olevaan – myös ojan pohjalla varman päälle makaavaan (sellaisiakin huuhaasuosituksia on nähty!) – henkilöön sovelletaan nelijalkaisten eläinten askeljännitesääntöjä.

Salamaniskukohdan läheisyydessä maassa kulkeva salamavirta synnyttää ns. askeljännitteen (kuva 3), joka muutaman metrin etäisyydestä alkaen on kääntäen verrannollinen etäisyyden neliöön. Kumisaappaat (ja muut keinoainepohjajalkineet) ovat tehokkaat ulkona askeljännitteen poistajana tai pienentäjänä [2]. Muuta hyötyä ei kumipohjista ukkosella olekaan. Kumisaappaisiin sonnustautuminen ukkoson takia tuntuu kylläkin hätävarjelun liioittelulta. Myös jalkojen yhteen painaminen auttaa. Yksinäisen puun lähistöllä askeljännitettä voidaan edelleen pienentää kääntämällä paraatipuoli tai istumapuoli puuta kohden.

Huuhaa-alueelle astutaan jos uskotaan, että kumisaappaat estäisivät salaman osumisen ihmiseen. Kun salama on jo raivannut tiensä kilometrien pituisen ilmaerityksen läpi, sitä ei muutamien millimetrien paksuinen kumi-eristys paljon pidättele. Huuhaa-aste kasvaa entisestään, jos kumisaappaita käytetään sisällä tai autossa ukkoselta suojautumiseksi.

Yksinäisen puun (tai metsässä muita puita huomattavasti korkeamman puun) alla on tunnetusti vaarallista oleskella ukkosella ns. sivuiskuvaaran takia: puuhun osunut salama ei jatkakaan puuta pitkin maahan asti, vaan hyppää sähköä paremmin johtavaan ihmiseen (kuva 4). Noin 3 m etäisyydestä alkaen puusta ihminen on kuitenkin lähes täydellisesti turvassa salamoilta etäisyyteen, joka on noin puolet puun korkeudesta, asti, mutta turva on ihan kohtuullinen vielä puun korkeutta vastaavalla etäisyydellä. Puu – eritoten havupuu – saattaa tosin joskus haljeta salamaniskusta ja puolikas kaatua päälle, tai puusta voi lennähtää irti säle. – Sivuisku voi myös tapahtua puusta rakennukseen [2, 3].

Edellä esitettyä ei pidä käsittää niin, että metsässä olisi ukkosella vaarallisempaa oleskella kuin avomaastossa. Metsässä on turvallisinta hakeutua matalien puiden seuraan.



Kuva 4. Sivuisku puusta ihmiseen. Piirt. V. Virkkala.

Auto

Autossa, ei kuitenkaan avoautossa eikä pahvikorisessa Trabantissa, ihminen on täysin suojassa salamaniskulta ja askeljännitteeltä. Tämä johtuu siitä, että auton metallikori muodostaa ns. Faradayn häkin. Suojausvaikutus ei siis johdu siitä, että kumirenkaat eristävät auton maasta, kuten varsin yleisesti kuvitellaan. Itse asiassa juuri kumirenkaat muodostavat ainoan, tosin pienen riskin: kun salama lyö autoon, ainakin yhdessä renkaassa tapahtuu läpilyönti tai ylilyönti maahan. Läpilyönti saattaa tyhjentää renkaan, ja ylilyöntivalokaari voi sytyttää jotakin.

Täyttä huuhaata ovat varoitukset autoradion tai valopainikkeiden näpläilystä ja virta-avaimeen tai auton koriin koskemisesta ukkosella.

Lentokone

Salaman esipurkauskanava saattaa käyttää metallista lentokonetta reittinsä osana, ja maasta ryntäävä virta-aalto – salama, jo loiva – menee koneen kautta. Kyseessä ei täten oikeastaan ole isku koneeseen. Esipurkaus-kanavan maahan ulottumiseen kuluu aikaa n. 10 ms. Tässä ajassa lentokone ehtii liikkua vain pari metriä, joten se ei pääse eroon esipurkauskanavasta.

Metallinen lentokone muodostaa Faradayn häkin, joten koneessa olijat ovat turvassa salamalta. Komposiittiosien lisääntyvä käyttö voi kuitenkin huonontaa tilannetta, ellei niissä ole esim. riittävän vahvaa metalliverkkoa.

Salama on kuitenkin pudottanut lentokoneita. Salamavirta voi tulo- ja lähtökohdissa tehdä ”hitsausreiän” metallilevyyn ja esim. sytyttää polttoainesäiliön tai vaurioittaa seinämän sisäpintaan kiinnitettyä ohjauskaapelia tai -johdinta.

Lentokoneen siipi ja runko ja niiden sisäpuolella olevat johtimet muodostavat itse asiassa alumiinivaipaisen ilmakaapelin, jonka yhteen kohtaan iskee salama ja toisessa kohdassa tapahtuu ylilyönti maahan (tai oikeastaan vastakkaisessa järjestyksessä). Salaman tulo- ja lähtöpisteiden sijaitessa toisiinsa nähden epäedullisimmin johtimiin voisi kuvitella syntyvän pahankin ylijännitteen.

Purjevene

Veneessä olijat ja itse vene voidaan tehokkaasti ja yksinkertaisesti suojata salamoilta yhdistämällä metallimasto tai eristävään mastoon kiinnitetty metallijohdin köliin [4]. Metallinen köli toimii tällöin veneen maadoituselektrodina – tai oikeastaan vesityselektrodina. – Masto houkuttelee salamoita kuten yksinäinen puu. Toisaalta merellä ja suurilla järvenselillä on vähemmän ukkosta kuin maalla.

Hyvin kauan sitten Seura-lehden kysymyksiä ja vastauksia -osasto kysyi kirjoittajalta neuvoa vastaamisessa kysymykseen: “Mikä on ehdottomasti varmin keino suojautua merellä ukkoselta?”. Kirjoittaja ehdotti sukellusvenettä, mutta suosittelee taloudellisista syistä toiseksi parasta konstia, ks. edellinen kappale.

Rakennus

Yhdistämällä omakotitalon tai kesämökin metallikatto kaikissa nurkissa rakennusta kiertävään johdinrenasmaadoituselektrodiiin saadaan aikaan Faradayn häkki [3], ts. tehokas ukkossuojaus. Jos katto ei ole metallia, saman asian ajavat harjalle sekä pääty- ja sivuräystäiden yläreunaan asennetut metallijohtimet, kattojohtimet [3]. On tärkeää [3], että rakennuksen metalliputkistot ja -massat sekä muut maadoitukset (kuten sähkö-, puhelin-, antenni-) on yhdistetty suoraan tai ylijännitesuojan kautta ko. Faradayn häkkiin (potentiaalitasaus).

Usein kysytään, suuriko “Faradayn häkin” maadoitusvastus saa enintään olla. Rakennuksen itsensä ja siellä olevien ihmisten sekä rakennuksen sähkö- ja puhelinlaitteiden (edellyttäen että sähkö- ja puhelinliittymät on suojattu ylijännitesuojilla rakennuksen seinällä, sähkökaapissa tai metallivaipaisen sisäänottokaapelin päätepylväällä) kannalta maadoitusvastuksella ei rakennukseen osuvan salamaniskun tapauksessa ole mitään merkitystä, vrt. auto ja lentokone. Sensijaan rakennuksen läheisyydessä oleskelevan ihmisen tai eläimen askeljännitteen sekä sähkö- ja puhelinverkkoihin lähtevien ylijännitteiden kannalta pieni maadoitusvastus on hyödyllinen.

Ukkosenjohdatin

Nimitys ‘ukkosjenjohdatin’ on vanhentunut ja harhaan johtava. Tarkoitus ei ole johdatella ukkosta ts. ukkospilveä paikalle, vaan johtaa salamavirta turvallista tietä maahan. Oikea termi on *ukkosjohto*, joka muodostuu kattojohtimista, alastulojohtimista ja maadoituselektrodista. – Oikeastaan parempi termi olisi useimpien kielten tapaan ‘salamajohto’ (ja voimajohtojen ukkosjohtimien ‘salamajohtimet’).

Kirjoittajan ollessa lapsi kirkkojen “ukkosjenjohdattimien” kärkipala oli platinaa. Vielä 1960-luvulla voimalaitoksen savupiipun ukkossuojauksen suunnittelija kysyi kirjoittajalta, että “onko ukkosjenjohdattimen aivan välttämättä oltava platinaa, kun se on niin hiton kallista?”. Kirjoittaja lupasi selvittää, vieläkö voimajohdoilla käytetään platinaukkosjohtimia.

1950-luvulla eräs yritteliäs pellepeloton markkinoi lehdissä näyttävästi ukkosjenjohdatinta, “jossa on salamoita tehokkaasti imevä kullattu kärki” (ja alastulojohtimena alle 1 mm² antennilitsi ja maadoituselektrodina 0,1 m pitkä kuparipiikki!) ja jolle luvattiin vuoden takuu. Kysyttäessä, mitä tuo takuu tarkoittaa, kerrottiin: “Jos salama polttaa takuuajana rakennuksen, tilalle toimitetaan veloitusetta uusi ukkosjenjohdatin. Takuu ei kuitenkaan koske lähetys- ja asennuskustannuksia.”

Voimajohtomiehet taitavat kaikkialla olla – alan luonteesta huolimatta – jalkansa tukevasti maassa pitävää väkeä, sillä platinaisia tai kullattuja ukkosjohtimia ei tiettävästi ole käytetty missään.

Masto

Suomessa syntyi kesällä 1999 todellinen mastohysteria, kun Helsingin Sanomien ja MTV3:n haastateltavaksi työntäytynyt, ukkosilmiotä ja englantia nähtävästi riittämättömästi ymmärtävä mittarikauppias julisti tiedemiehen tyyllillä esiintyen erään amerikkalaisen huuhaaraportin huuhaasanomaa mastojen ukkosvaarasta ympäristölle (vrt. [2]). – Mittarikauppias soitti syksyllä 1999 kirjoittajalle ja paljasti kolkon salaisuuden: kirjoittajan tietämys ukkosesta on enintään 1800-luvun puolenvälin tasolla, ja löi luurin korvaan.

Usein kysytään, mikä korkeiden “luonnon” ukkosjohtojen kuten maston, tehtaanpiipun tai puun antaman suojauskulman olisi oltava, jotta sen lähellä sijaitsevaan kohteeseen ei iskisi koskaan salama. Tällaista kulmaa ei ole olemassa. On vain – myös kohteen korkeudesta riippuva – kulma, joka antaa tietyn suojaustoden-näkösyyden, vaikkapa 90 % tai 99,9 %. Täysi 100 % ei ole mahdollinen, se vaatisi kohteen sulkemisen Faradayn häkkiin. Edes 0° suojauskulma ei riitä käytännössä poikkeuksellisen korkeille kohteille kuten erittäin korkeiden voimajohtopylväiden ukkosjohtimille. Korkean savupiipun nokalle viety ukkosjohto ei pysty täysin suojaamaan piipun “vartaloa” heikoilta salamoilta.

Maakaapeli

Maakaapeli ei ole paremmassa turvassa ukkoselta kuin ilmakaapeli siksi, että se on maan sisällä, vaan siksi, että liian lähelle sitä osuu harvemmin salamaniskuja kuin ilmakaapeliin. Toisaalta sora- tai hiekkamaastossa metsässä sijaitseva, harustamattomille puupylväille asennettu pienjännite- tai puhelinjohto on ukkoselta paremmassa turvassa kuin maakaapeli.

Metallivaipaton (-suojukseton) maakaapeli on ajatusvirhe.

Ukkosen jyrinä

Suomenkielen sana ‘ukkonen’ tulee pakanuuden ajoilta. Ihmiset luulivat, että vihastunut Ukko Ylijumala päästelee vankkureillaan tuhatta ja sataa pitkin taivaan mukulakiviteitä ja heittelee ajaessaan ihmisiä kohden tulivuoliaan, ukonvaajoja [5].

Koska ilma salamaurassa kuumenee alle 1/10 000 sekunnissa kymmeneen tuhansiin celsiusasteisiin, kyseessä on kaasuräjähdyks. Tosin sellaistaakin huuhaata on esitetty, että ääni syntyisi vasta ilman lussahtaessa takaisin lähes tyhjentyneeseen salamauraan. On ymmärrettävää, että ääni kestää kauan, koska sen kulkema matka ja siten myös kulkuaika (nopeus 340 m/s) salamauran eri osista on erilainen. Mutta miksi jyrinä on vaihtelevaa jyllinää?

Jos salamaura olisi ympyränkaari, jonka keskipisteessä havainnoitsija on, ääni olisi “tykinlaukaus” ja kerrannaissalaman tapauksessa “-laukauksia”. Jos taas salamaura ulottuisi havainnoitsijasta suorana pois päin, kuuluisi vaimeneva tasainen ääni. Negatiivinen salama on mutkittileva ja “oksittunut”, siinä on havainnoitsijaan nähden eri asennoissa olevia osuuksia, ääritapauksissa häneen sojottava ja poikittainen. Kerrannaissalamat tuovat räiskeeseen oman lisänsä.

“Salama ei koskaan iske samaan paikkaan kahta kertaa”

Asia on täsmälleen päinvastoin. Salama iskee “miehellään” ympäristöönsä korkeampiin kohteisiin. Pyhätunturinkin mastoon on iskenyt salama useita kertoja jopa saman ukonilman aikana. Tämä ei kuitenkaan sulje pois sitä, etteikö (pienivirtainen) salama voisi joskus harvoin iskeä aikamoisenkin “montun” pohjalle. New Yorkissa salama on kuulemma kerran iskenyt katuun kahden pilvenpiirtäjän välissä.

Koska keskimääräinen salamatiheys Suomessa on noin yksi isku neliökilometrille vuodessa, tasamaastossa 100x100 m² ruutuun osuu salama keskimäärin kerran 100 vuodessa. Ei siitä häppöisiä havaintotilastoja saa, vaikka istuisi koko elämänsä vieressä luuraamassa. Hyvä jos salama lyö tarkkailijan elinaikana edes yhteen ruudun maastokohtaan ensimmäistäkään kertaa.

“Salama on synnin palkka”

Keskiajalla ja myöhemminkin uskottiin, että salamanisku on Jumalan rangaistus synneistä. Siksi jossakin Pohjois-Italian kaupungissa ruutia piirityksen varalta varastoitaessa erittäin suuri määrä sitä sijoitettiin ajatusmallin mukaisesti turvallisimpaan paikkaan, kirkon kellariin. Kirkontorniin löi salama, ja satoja rakennuksia tuhoutui ja tuhansia ihmisiä kuoli.

Salama eri ammateissa

“Pyöveli”: kyllä. “Pyromaani”: kyllä. “Rähinöitsijä”: kyllä. “Terroristi”: kyllä.

“Ojankaivaja”: Salamavirta hajaantuu normaalisti maahan “siististi”. Huonosti sähköä johtavassa maassa (sora, moreeni, hiekka, kallion päällä oleva ohut irtoma- tai turvekerros) suurivirtainen salama voi kuitenkin hakeutua lähialueella (yleensä n. ...50 m) sijaitsevaan “vieraaseen” elektrodiin, jolloin syntyy maa- tai puunjuuriläpilyönti ja maavalokaari. Tällainen elektrodi voi olla esim. oikea maadoituselektrodi, maakaapeli, vesijohto, rakennuksen sähköjohto tai perustuksen betonirauhoitus, järvi, suo taikka sora- tai hiekkakerroksen alla oleva savipatja. Kosteuden ollessa riittävä tapahtuu “höyrykattilaräjähdyks” veden höyrystyessä alle 1/10 000 sekunnissa.

“Lasinpuhaltaja”: Jos maan kosteus on sopivalla alueella, maavalokaaren sulattamasta hiekasta muodostuu halkaisijaltaan senttimetrejä oleva, sisäpinnaltaan sileä lasiputki (kuva 5), hiekkafulguriitti [5]. – Hiekkaa sulaa tietysti “höyrykattilaräjähdyksessäkin”, mutta “ojankaivaja lapioi lasinsirut” ojan pientareelle.



Kuva 5. Pätke poikkeuksellisen kookkaasta hiekkafulguriitista.
Valok. M. Nuorteva.

“Kirvesmies”: Kun salama lyö puuhun, puun ulkopinnalle syntyy useimmiten ylilyöntivalokaari, eikä puu sanottavasti vahingoitu. Niläläpilyönti ja ehkä myös aivan lähellä puuaineksen pintaa tapahtuva läpilyönti tekee kuoreen pitkän viillon tai avohaavan. Syvemmällä pintapuussa tapahtuva läpilyönti voi irrottaa puusta pitkän säleen. Lehtipuilla läpilyönnejä esiintyy selvästi harvemmin kuin havupuilla. – Kasvavan puun sähkönjohtavuus on sulana kautena samaa luokkaa kuin liejun, turpeen, mullan sekä järvi- ja jokiveden. Sähkönjohtavuus riippuu sulanakin kautena jonkin verran vuodenajasta ja jopa vuorokaudenajasta.

“Hammastikkutehtailija”: Läpilyönti ydinpuussa on “höyrykattilaräjähdyks hammastikkutehtaassa”.

Ympyrämetsätuhot

Viitteessä [6] on kuvailtu melko harvinaisia ns. salama-ympyrämetsätuhoja: suuret havupuut, mutta eivät lehtipuut eivätkä yleensä pienet havupuutkaan, kuolevat vuoden tai parin kuluessa ...50 m halkaisijaisen ympyrän alueelta. Tyypillisiä salamavaurioita ei ympyrän keskipisteestä useinkaan ole löytynyt. Vielä elävissä, selvästi vaurioituneissa puissa on läheltä latvaa kuoren alta ympyrän keskipisteen suunnassa löytynyt tummia täpliä ja juovia (kuva 6), ja latvuston oksien kärjissä on ollut vioittumia.

Ilmiölle ei ole löydetty kunnollista selitystä. Seuraavia on kuitenkin yritetty:

- UFO:n laskeutumisaikaa
- *NL:n salaiset rakettkokeet (Viro)*
- salaman höyrystämän veden "löyly" (on kyllä epäuskottavaa, että jopa 25 m päähän voisi "kiukaalta" lentää joka suuntaan kuuma höyrypilvi metsän läpi lehtipuut kiertäen ja jäähtymättä)
- puun latvaan ja yläoksiin ennen hyvin heikon salaman esipurkaukskanavan (lyhyttä) loppuhyppyä influoituneen (kapasitiivisesti indusoituneen) sähkövarauksen vapautuminen jyrkkänä virtapulssina loppuhyppymomentilla (kirjoittajan selitystyö).



Kuva 6. Vaurioitunutta nilaa ympyrätuhoalueen vielä elossa olleessa kuusessa. Valok. M. Nuorteva.

EU-huuhaata

Ennen vanhaan sähköpaimenen tehölähteeksi kelpuutettiin vain kuivapariisto ja akku. Nyt standardi SFS-EN 61011 (1993) hyväksyy tehölähteeksi pienjänniteverkon, kunhan syöttö tapahtuu suojajännitteellä ts. suojamuuntajan kautta. Ratkaisu on täysin edesvastuuton. Vaikka suojamuuntajassa onkin suurennettu koejännite, sillä ei ole mitään mahdollisuutta selvittää aitaan tai syöttävään pienjännitejohtoon osuneen salamaniskun synnyttämästä ylijännitteestä eikä usein edes indusoituneista ylijännitteistäkään. Voi vain toivoa, että eristysviat sekä ensiö- että toisiopuolella tapahtuvat muuntajan runkoon eikä käämitysten välillä. Tätä ei kuitenkaan voida varmistaa jännitekoekäytön avulla.

Kirjoittaja sai oikaisuvedosvaiheessa kuulla, että em. standardi on kumottu vuoden 1999 lopulla. Ehkäpä tuollainen standardien mukainen tappokone on jossakin Euroopassa näyttänyt tehokkuutensa. Standardi taisi olla "kameli". (Kamelihan on tunnetusti hevonen, jonka komitea on suunnitellut.)

Vaara kuitenkin voitaisiin välttää käyttämällä suojamuuntajaa, jossa käämitysten välissä on suojamaadoitettu (nollattu) metallinen suojuus, joka estää käämitysten välisen eristysvian.

Todettakoon, että suojamuuntajan tavanomaisissa sisäkäyttöolosuhteissa sen toisiopuolelta ei tule ylijännitteitä ja ensiöpuolen rinnalla on runsaasti tavanomaista "uhrautuvaa" eristystä. Tällöin vahvistettu eristys on tehokas ratkaisu.

Sähköpaimen kuuluu kategoriaan "kahteen verkkoon liittyvät sähkölaitteet". Tällaisia ovat myös mm. 20/0,4 kV jakelumuuntajat [7], puhelinkeksusten virransyöttölaitteet, puhelinvastaajat, telefaxit, modeemit ja kaapeli-televisioverkon vastaanottimet. Kummastakin verkosta tulevat ukkosylijännitteet rasittavat "omien" eristysten lisäksi niihin liittyvien virtapiirien välistä eristystä. Probleemaa ei voi ratkaista tätä eristystä parantamalla ts. koejännitteitä suurentamalla. Ainoat mahdollisuudet ovat yhteinen maadoitus, maadoitusten kytkeminen yhteen tai maadoitusten väliin asennettu ylijännitesuoja. Mikään näistä ei ole sähköpaimenessa mahdollinen.

Puhelinvastaajien, telefaxien, modeemien yms. ukkossuojaus on yleisesti ottaen huonosti ymmärretty ja ainakin vanhoissa asennuksissa usein retuperällä oleva alue.

Salamaniskutilastot

Kirjoittaja laski jo nuoruudessaan ukkosjohtimettomien 110 kV johtojen – joita silloin oli paljon enemmän kuin nyt – ukkoshäiriötilastoista takaperin, että keskimääräinen salamatiheys Suomessa on noin yksi isku neliökilometrille vuodessa. Vuonna 1960 käyttöön otetut salamanlaskijat antoivat hyvin samansuuntaisen tuloksen, joskin niiden todellisesta rekisteröintietäisyydestä Suomen ilmasto-olosuhteissa oli asiantuntijoiden kesken mielipide-eroja. 1980-luvulla otettiin käyttöön salamanpaikantimet, joita aluksi käytettiin salamanlaskijoiden kanssa rinnan. Salamanpaikantimilla salamatihydeksi saatiin vain neljäsosa edellisestä.

Kirjoittajaa suretti suuresti huuhaamanttelin varjo, ja hän päätti olla uskomatta salamanpaikantimiin. Hän mm. kirjoitti eräessä tutkimusraportissa: “Onkohan kartta vai maasto väärässä?”. Pari vuotta sitten otettiin käyttöön toisen sukupolven salamanpaikantimet. Niiden antama salamamäärä on nelinkertainen ensimmäisen sukupolven paikantimiin verrattuna.

Kovalla pakkasellakin esiintyy joskus ukkosta, mutta hyvin harvoin. Salamoita tulee tällöin useimmiten vain yksi tai harvoja, ja sen/ niiden voimakkuus on hyvin suuri.

“Pääseminen” salaman iskemäksi Suomessa on todella huonoa tuuria, todennäköisyys on samaa suuruusluokkaa kuin jättipotin saaminen lotossa. Mutta jokainen salama osuu aina johonkin. Osumisen jännääminen on monesti epämiellyttävää, vähän niinkuin Helsingin suurpommituksissa helmikuussa 1944.

Ukkosaktiiviteetti näyttää korreloivan auringonpilkkuaktiiviteetin kanssa. Mutta 40 vuoden “tarkkailu-aika” voi olla liian lyhyt varmoihin johtopäätöksiin. Victoria-järvenkin vedenpinta korreloi erinomaisesti 20. vuosisadan alkupuolella auringonpilkkuaktiiviteetin kanssa lukuisia syklejä (à 11 vuotta), mutta lähti sitten omille teilleen.

Pallosalama

Pallosalama – jos sellainen ylipäätään on olemassa – on äärimmäisen harvinainen ilmakehän sähköilmiö, niin harvinainen, ettei sitä ole kertaakaan saatu tiedemiesten tai mittalaitteiden ulottuville. On kuitenkin olemassa muutamia valokuvia (esim. kuva 7), joiden voidaan kuvitella esittävän pallosalamaa. Maallikkojen (väitetyjä) näköhavaintoja sensijaan on runsaasti. (Kirjoittaja, Näyttelijäntie 18 A 4, 00400 Helsinki, (09) 562 3047, ottaa mielellään vastaan tietoja pallosalamahavainnoista, ei kuitenkaan sähköjohtoa pitkin etenevistä.) Useat tiedemiehet ovat sitä mieltä, että ainakin osa maallikkojen havainnoista on virheellisiä tai ovat väärin ymmärrettyjä muita ilmiöitä taikka ovat jopa huijausta. Jotkut tiedemiehistä ovatkin sitä mieltä, että pallosalamaa ei ole olemassakaan.

Helsingin Sanomissa oli toukokuussa uutinen, että puusta kimmahnut pallosalama sytytti Hattulassa kartanon palamaan. Kirjoittaja kysyi toimittajalta, että oliko joku todella nähnyt, että kyseessä oli pallosalama? Toimittaja kertoi saaneensa tiedon Hämeenlinnan poliisilta, joka kirjoittajan tiedustellessa kuitenkin kiisti asian. Poliisin paperien mukaan ko. salamasta on vain kuulohavaintoja, mutta ehkä joku on tokaissut “eihän tavallinen salama voi noin kimmahda”. Samassa lehdessä oli kesällä 1999 uutinen, että poikkeuksellisen voimakas pallosalama heitti pysäköintialueen asfalttia sinne sun tänne. Vuosia sitten eräessä maaseutulehdessä oli uutinen, että pallosalama halkaisi suuren siirtolohkareen. Kirjoittaja soitti toimittajalle ja esitti saman kysymyksen kuin HS:n toimittajalle, ja hän vastasi: “Ei, mutta eihän se mikään muukaan ole voinut olla.” Ilta-Sanomissa oli kesäkuussa uutinen, että pallosalama iski Leena Kaskelan omakotitalon betoniperustukseen. Kyseessä oli kuitenkin oikein kouluesimerkki puuhun osuneen ihan tavallisen joskin voimakkaan salaman aiheuttamasta takaiskumaavalo-kaaresta [3], osittain kallion halkeamaa myöten.

Joskus salaman esipurkauskanava “uupuu” matkalla, ja salama jää kesken. Tällöin esipurkauskanavan sähkövaraus jää heitteille ilmaan. Viitteessä [8] on tutkittu sähköfysiikan lakien pohjalta, voisiko tällaisesta varauksesta syntyä pallomainen hohtava, leijuva, hiljainen tai suhiseva tai rätisevä, joskus “räjähtävä” (paukahtava) ja puutalon ikkunasta tai jopa avaimenreiästä sisään pääsevä ilmiö, “ioni-ilmapallo”. Kyllä voisi, tietyin ehdoin (mm. ukkospilven erimerkkisten varausten sijainnista ja keskinäisestä suuruussuhteesta riippuen), mutta äärimmäisen harvoin. Tällöin pallosalama olisi vain lähes harmiton “kissannahkasähkövaraus”.



Kuva 7. Pallosalaman (oranssinvärinen) vana? Valok. 1979 aikavalotuksella B. Everett, Australia.

Ilman pallosalamoista saatavia mittaustuloksia ja kunnan valokuvia tai mieluummin videoita em. mallia ei voi todistaa oikeaksi eikä vääräksi. Se on siis vain eräs mahdollisuus, ei välttämättömyys. Mutta hyvä näinkin. Se on

kuitenkin tietävästi ainoa analyttinen kokonaisselitys pallosalaman sähköisestä mallista, muut ehdotukset ovat haja-arvailuja tyyliin "olisikohan se sitä, olisikohan se tätä".

Viitteessä [9] on hiljattain esitetty pallosalamalle kemiallinen malli: maahan osunut salama höyrystää maasta piitä, ja höyrystä muodostuisi jonkinlainen möhkäle, joka jollakin reaktiolla loistaisi. Kyseessä olisi siis jonkinlainen virvatuli. Voihan asia näinkin olla, mutta tällöinkään kysymyksessä ei olisi mikään hirmuinen ilmiö, eikä edes salama, vaan salaman seuraus siinä kuin tulipalo, pirstoutunut puu tai fulguriitti.

Ukkonen voimalaitoksena

Ukonilmaan liittyvä energia on hyvin suuri, mutta se on pääosin liike- ja potentiaalienergian sekä termisen energian muodossa. Tällaisessa luonnon lämpövoimalaitoksessa "turbiini generaattori -koneikon" hyötysuhde on surkea, ja sekin vähä sähköenergia kuluu pääosin siirtohäviöihin.

Jos keskimääräisen 30 kA salaman maahan "jaksanut" energia saataisiin jollakin konstilla hyödynnetyksi ja kokonaan, saalis olisi n. 5 kWh, nykytukkuhinnoin siis alle 1 mk. Lisäksi sähkön toimitus taivaalta tulee "vääränlaisesti paketoituna", vähän samaan tapaan jos tankkaisi autonsa nitroglyseriinillä. Kyllähän auto näinkin menee, jopa kauas ja korkealle, mutta tuskin ihan paraagraafien mukaan.

Tietoja ukkosesta

Viitteessä [10] on esitetty kansanomaisessa muodossa ja mielenkiintoisesti perustiedot ukkosilmiöstä ja salamoista. Viitettä [10] on hyödynnetty tämänkin kirjoituksen laatimisessa.

Viitteet

- [1] A. Pesonen: Suppeahkojen maadoitusten suunnittelu ja mittaus. Voima ja Valo 33(1960)5-6, s. 104 – 110; myös ruotsiksi.
- [2] A. Pesonen: Mastot ja ympäristön ukkostuhot. Sähkö&Tele 72(1999)6, s. 51 – 52.
- [3] A. Pesonen: Jokamiehen ukkossuojaus. Tekniikan Maailma (1995)12, s. 9 – 11, (1995)14, s. 65 ja (1996)11, s. 49.
- [4] H. Silván: Salamointia merellä. Vene (1995)6.
- [5] M. Nuorteva: Osa ukonvaaajoista fulguriitteja. Geologi 48(1996), s. 22 – 26.
- [6] M. Nuorteva: Salama puustokuolemien aiheuttajana. Silva Fennica 24(1990)2, s. 267 – 271.
- [7] A. Pesonen: Jakelumuuntamon suoja- ja käyttömaadoitusten yhdistäminen. Sähkö 39(1966)5-6, s. 158 – 161.
- [8] A. Pesonen: Pallosalama. Sähkö&Tele 68(1995)1, s. 27 – 32.
- [9] J. Abrahamson ja J. Dinniss: Ball lightning caused by oxidation of nanoparticle networks from lightning strikes on soil. Nature 403(2000), helmikuu, s. 519.
- [10] T. Tuomi: Ukkonen ja salamat. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa, Helsinki 1993, 124 sivua.

Sähkö&Tele -lehdessä 1/2001 s. 27 julkaistu, Pesosen kirjoituksen kohtaa ”Ulkoilija” täydentävä jälkipuheenvuoro:

Salamakuolemat aukealla

Olen saanut Sähkö&Tele -lehdessä 5/2000 olleen huuhaa-kirjoitukseni johdosta parikin kyselyä, että miten korkeuden neliössä -lain mukaan voisi muka laskea esim. kyykkimisen ”kannattavuuden” – tarvitaan yksi referenssipiste. En tarkoittanut tuota murjaisuani konkreettiseksi laskentakehoitukseksi. Kyselyt kuitenkin antoivat kimmokkeen kaivaa esiin kynän, laskutikun (!) ja läjän julkaisuja. Tulos oli tyrmäävä:

Salamatiheydellä yksi isku neliökilometrille vuodessa pitää joka ukkosella seistä aukealla suorana (175 cm) n. 5000 vuotta, jotta saisi salamaniskun, ja n. 14 000 vuotta, jotta kuolisi siihen. Kyykkyyntä menemällä selviää n. 29 000 vuotta. 0,2 m pään yläpuolelle ulottuva sateenvarjo tappaa kerran n. 11 000 vuodessa. Jos panee joka ukkosella sateenvarjon kokoon, 14 000 vuodessa ehtii kuolla kastumisen aiheuttaman vilustumisen seurauksena ehkä 1000 kertaa (oletus: joka 200:s kastuminen on kohtalokas).

Toisaalta, jos Suomessa seisoo koko ukkoskauden aukealla keskimäärin 14 000 ihmistä, heistä kuolee yksi joka vuosi. Ennen vanhaan pelloilla saattoi hyvinkin olla ainakin tämä määrä väkeä, nykyään entisaikoja vähemmän ja näistäkin huomattava osa esim. traktorin metalliohjaamossa tai korkeaa leikkuupuimuria alempana. Todennäköisyyttä pienentää se, että ukkostyyppisellä säällä mennään tai jäädään ulos harvemmin kuin kauniilla. Riskiä taas lisää se, että yleiset iltapäiväukkoset esiintyvät päiväsaikaan ja että ukkosen yllättäessä esim. pellolla mennään sateelta suojaan puun alle tai latoon.

Salamariski pelloilla, urheilu- ja golfkentillä sekä muilla aukeilla on Suomessa häviävän pieni siellä sattuviin tapaturmiin sekä liikenneonnettomuuksiin sinne ja sieltä matkattaessa verrattuna. Mutta sinänsä vaaraton jyrinä tuntuu pelottavalta!

Antti J. Pesonen

Sähkö&Tele -lehdessä 5/2000 s.66 (heti Pesosen kirjoituksen perässä) ollut, kirjoituksen kohtaa "Ukkospilven kulku" sopivasti täydentävä Fingrid Oyj:n tiedote:

Pilven ominaisuudet ja ilman kosteus ratkaisevat

Suomen päävoimansiirtoverkosta eli kantaverkosta vastaava Fingrid Oyj on viime kesän aikana saanut toistuvasti vastata ajankohtaiseen kysymykseen: lisäävätkö voimajohtorakenteet salamoiden määrää? Vastaus kysymykseen on selkeä: eivät lisää, eivätkä myöskään ohjaa ukkospilvien liikkeitä.

Fingridille on esitetty erityisesti viime kesän aikana lukuisia väittämiä ja "varmana tietona" kerrottu voimajohto-rakenteiden ukkosrintamia ohjaavasta vaikutuksesta. Kysymys salamaturvallisuudesta voimajohtorakenteiden läheisyydessä on noussut esille mm. ympäristövaikutusten arviointi- ja maanlunastustilaisuuksissa. "Rauhoittava tieto rakenteiden turvallisuudesta on paikallaan, joten pyysimme Ilmatieteen laitokselta faktaa asiasta", kertoo Fingridin ympäristöjohtaja Erkki Partanen. "Tutkimuspäällikkö Tapio Tuomen lausunto on yksiselitteinen: voimajohtorakenteet eivät lisää salamointia eivätkä ohjaa ukkospilvien liikkeitä, vaan itse asiassa lisäävät salamaturvallisuutta lähiympäristössään "houkuttelemalla" itseensä lähistöön joka tapauksessa iskevät salammat", Erkki Partanen toteaa.

Tapio Tuomen mukaan ukkonen ja siihen liittyvä salamointi on sääilmiö, jonka esiintyminen liittyy kiinteästi vallitsevan sään luonteeseen. Ilman muuttuessa epävakaksi lämpötila maanpinnan lähellä nousee tai muutaman kilometrin korkeudella laskee niin, että ero ylittää tietyn rajan. Tällöin syntyvät pystyvirtaukset yhdessä riittävän ilmankosteuden kanssa saattavat synnyttää ukkospilviä. "Epävakauden voi aiheuttaa tai liipaista auringon lämmitys maanpinnalla - yleensä iltopäivisin - lämmin meri kylmemmän ilman alla, kylmä ylävirtaus lämpimän ilman ylle, tai säärintaman eteneminen. Myös ilmamassan virtaaminen nousevaan maastoon, esimerkiksi Salpausselälle, voi liipaista pystyvirtauksen", Tuomi selvittää.

Hän tähdentää, että paikallisilla tekijöillä on eniten merkitystä näissä iltopäivisin esiintyvissä ns. ilmamassa-ukkosissa. "Ne suosivat auringon lämmittämiä harjualueita ja välttelevät suuria vesistöjä. Suurella kaupungilla ympäristöään lämpimämpänä voi olla marginaalinen merkitys ukkospilvien lisääjänä, mutta ainakaan Suomesta ei tilastollisesti näin pientä vaikutusta voida saada esiin. Voimalinjoilla ei ole mitään sellaista ominaisuutta, joka pystyisi lämmittämään merkittävästi ilmaa tai ohjaamaan ilmavirtoja", Tuomi toteaa. Myöskään salamoinnin määrään eivät voimajohdot voi vaikuttaa. Määrä on täysin riippuvainen ukkospilven ominaisuuksista, ei sen alla olevasta maastosta. Poikkeuksena ovat 300 metriä tai sitä korkeammat mastot, joista voi alkaa "ylöspäin iskevä" salama. Mastot, voimajohdot ja muut korkeat rakenteet kyllä synnyttävät ukkospilven alla ioneja, jotka virtaavat ylös kohti pilveä, mutta Tuomen mukaan tapahtuma on sekä heikko että niin hidas, että mahdollisesti syntyvät lisäsalamat eivät mitenkään kytkeydy ionilähteeseen, koska pilvet liikkuvat koko ajan.

Lisätietoja:

Erkki Partanen, Fingrid Oyj, puh. 030 395 5156, 040 041 7036
Tapio Tuomi, Ilmatieteen laitos, puh. (09) 192 91 (vaihde)