

SALAMAKUVA2008: TAUSTAA

Jakke Mäkelä, Tapio Tuomi, Antti Mäkelä, Eero Karvinen, ja Niko Porjo

1.MISTÄ ON KYSE?

Salama mielletään usein suoraan alaspäin eteneväksi "kipinäksi". Tarkkaan katsoen se saattaa hieman kiemurrella, mutta on pääasiassa pystysuora. Alla on melko tyypillinen salama, sellaisena kuin se usein kuvitellaan.



Tällainen se ei kuitenkaan ole. Salama voi venkoilla paljonkin ennen kuin se lopulta osuu maahan. Alla on kolme hyvää esimerkkiä (ensimmäinen Suomesta, toinen Bulgariasta ja kolmas Thaimaasta; kuvia on jonkin verran käsitelty). Salamassa voi olla erilaisia mutkia, haaroja, vääntymiä, kirkastumia, ja niin edespäin. Pääkanava on kaikkea muuta kuin suora. Suomalaisen ottamia kuvia löytyy lisää seuraavan linkin takaa: <http://www.ursa.fi/wiki/Myrskybongaus/Linkit>
Ulkomaisia kuvia esim http://www.floridalightning.com/Lightning_2006.html



Kuvat ovat fantastisia. Syvällinen harrastaja kysyy kuitenkin heti: Miksi? Mikä ajaa salaman tällaisiin mutkiin? Onko asiaa mahdollista ymmärtää? Voiko sitä tutkia tarkemmin? Mistä tässä itse asiassa on kysymys?

2.MITEN KYSYMYS VOIDAAN JÄRKEVÄSTI ASETTAA?

Kun tehtävä rajataan tarkkaan, löytyy hyvinkin perustavanlaatuisen konkreettinen kysymys, jota voidaan myös suomalaisvoimin tutkia. On olemassa tapauksia, joissa salama hieman ennen maanpintaa vääntyy lähes vaakasuoraksi, etenee hyvinkin pitkän matkaa, ja sitten yht'äkkiä tekee 90 asteen kulman ja

iskeytyy maahan. Alan perusteos (Rakov and Uman, Lightning: Physics and effects, 2003) mainitsee että näitä on valokuvattu hyvinkin usein, ja ne saattavat olla melko yleisiä, mutta mitään tarkempaa tutkimusta ei aiemmin ole pystytty tekemään.

Salamasuojauksen kannalta tällainen tilanne on melko hankala ja jopa kiusallinen. Jos salama todella voi edetä satojakin metrejä vaakasuorassa aivan maanpinnan lähellä, sen aiheuttama vaaravyöhyke on käytännössä suurempi kuin pystysuoraan etenevän salaman. Kukaan ei tiedä, onko ilmiöllä lopulta merkitystä, mutta sitä olisi syytä ymmärtää paremmin.

Kuvien valotusajat ja kameran ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten paljon hienorakennetta salamasta lopulta nähdään. Itse salamanisku kestää alle millisekunnin, ja toisaalta haaroittuneiden esisalamoitten kirkkaus on pieni suhteessa pääsalamaan. Salaman pitää osua melko lähelle ja/tai kuvaajan on oltava korkealla jotta aivan alin osa salamasta ylipäätään näkyisi. Tämän projektin kannalta riittää, että pääkanavan muoto nähdään suhteellisen luotettavasti.



3. MITÄ ILMIÖSTÄ TIEDETÄÄN?

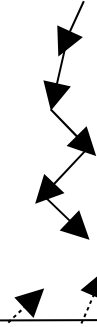
Yleisellä tasolla kuvio on melko selvä. Salama saa alkunsa varautuneessa ukkospilvessä, jossa jännite pilven eri osien välillä pikkuhiljaa kasvaa. Kun jännite kasvaa tarpeeksi suureksi (noin 100kV/metri), tapahtuu läpilyönti. Vastaavaa ilmiötä tapahtuu normaalielämässäkkin, esimerkiksi talvisin villamatolla kävellessä.

Pilven tapauksessa läpilyönti on hiukan rajumpi, ja synnyttää pysyvemmän hyvin kuumen kanavan. Kanava muodostuu suunnilleen vallitsevan sähkökentän suuntaisesti, mutta muokkaa myös itse sähkökenttää ympärillään. Varsinkin kanavan päihin muodostuu erittäin vahvoja sähkökenttiä. Negatiivisen salaman tapauksessa läpilyönti jo syntyneen kanavan päästä neitseelliseen ilmaan tapahtuu nopeana, metrien tai kymmenien metrien pituisena askeleena, joka sitten pysähtyy kunnes on ehtinyt kerätä tarpeeksi negatiivista varausta uuteen läpilyöntiin (askeleeseen). Uusi läpilyönti voi tapahtua myös useampaan kuin yhteen suuntaan, jolloin kanava haarautuu. Kanavaa kokonaisuudessaan sanotaan askeltavaksi esisalamaksi.

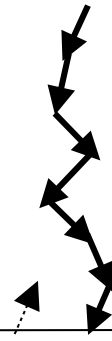
Koska esisalaman askeleet siis seuraavat paikallista sähkökenttää, ne lähtevät keskimäärin etenemään alaspäin. Kun esisalama on noin sadan metrin korkeudella maan pinnasta, lähtee maasta tai muusta otollisesta kohteesta ylöspäin pieniä vastaesisalamoita, jotka pyrkivät yhyttämään alaspäin etenevän esisalaman. Varsinainen ns. pääsalama syntyy vasta kun ylös- ja alaspäin etenevät esisalamat kohtaavat ja virta pääsee purkautumaan läpi, eli askeltavan esisalaman kanavaan varastoitunut negatiivinen varaus syöksyy maahan. Salama koostuu yhdestä tai useammasta esisalama-pääsalamaparista eli osaiskusta, joiden lukumäärää sanotaan kerrannaisuudeksi. Jos myöhempi esisalama kulkee kanavassa, joka ei ole ehtinyt sammua, se on lyhyt ja nopea ns. nuoliesisalama.



1. Esisalama alas.
Kenttä maan pinnalla



2. Kenttä maan pinnalla
kasvaa läpilyöntitasolle.
Vastaisisalama oita usis.



3. Esisalamat yhdistyvät,
salama kanava aukeaa.

Alla olevassa valokuvassa (otettu 25 sekunnin valotusajalla) näkyy poikkeuksellisen hyvin mistä on kyse. Salaman kerrannaisuus on ollut kolme, eli ainakin yksi salamanisku on osunut taaempaan olevaan metsään. Edessä olevan kanavan vieressä näkyy kuitenkin selvästi ylöspäin lähtenyt vastaesisalama, joka ei ole päässyt yhdistymään alaspäin tulevaan esisalamaan. Vastaisisalama on taipunut samaan suuntaan kuin läpilyöntikanava, joten paikallinen sähkökenttä on ollut vahvasti kallellaan. Tässä nimenomaisessa tapauksessa kulma on ollut alle 90 astetta, mutta on kuitenkin merkittävä.



Antti Tiuhonen 2007

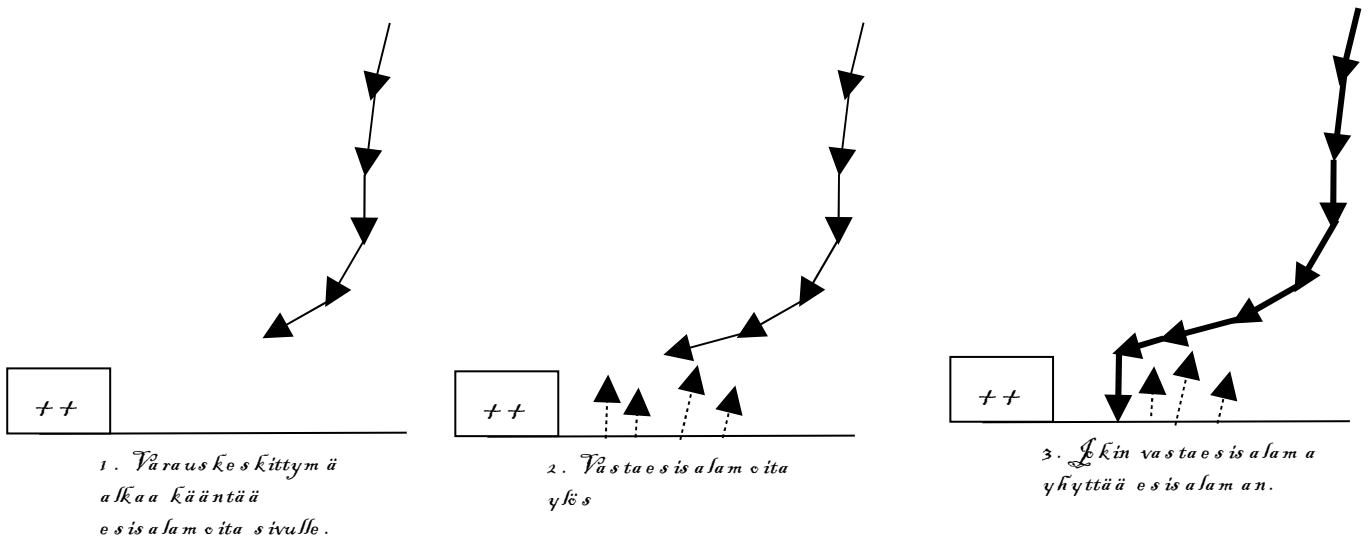
4. MITÄ ILMIÖSTÄ KANNATTAISI TUTKIA?

Todennäköisesti ilmiötä ei voi täydellisesti "ymmärtää". Esisalaman muodostumisprosessi on siinä määrin epälineaarinen, että polku on melko ennustamaton. Toisaalta lienee mahdollista selvittää, onko tiettyjä olosuhteita joissa olisi tavallista todennäköisempää että salamakanava on kallellaan.

Tällä hetkellä paras arvaus on, että kallistus voisi liittyä ainakin osittain maanpinnan johtavuuteen ja pinnanmuotoihin. Pilven (negatiivinen) varaus kerää maan pintaan suoraan alapuolelle positiivista varausta ympäröivästä maasta. Askeltavan esisalaman haarojen kärjet tuovat pilven jännitettä alemmaksi, jolloin maanpinnan varausjakautuma pyrkii seuraamaan sitä niin, että kärjen alapuolelle kertyy enemmän positiivista varausta ja sähkökenttä maassa voimistuu kohti läpilyöntikynnystä.

Voimistuminen on tehokkainta korkeissa terävissä kohdissa puhtaasti geometrisista syistä. Jos otollisia kohteita on useita, voi sähkönjohtavuus (kohteen "maadoituksen" hyvyys) ratkaista, mikä kohde saavuttaa nopeimmin läpilyöntikynnyksen. Laaja-alainen vaihtelu maaperän johtavuudessa voi ohjata askeltavan esisalaman kasvusuuntaa jo korkeallakin; loppuvaiheessa luultavasti kohteiden geometria ja paikallinen johtavuus yhdessä ratkaisevat. Esim. merellä pitäisi tämän hypoteesin mukaan käytännössä aina kanavan alaosan olla jokseenkin pystysuora.

Maaperän johtavuus riippuu voimakkaasti kosteudesta, joten sateen huomioiminen on tärkeä tekijä tutkittaessa kanavien kääntymiskulmia. Jos salaman iskupaikka saadaan määriteltä tarkkaan, voidaan kartoista tai valokuvista etsiä pinnanmuodostumia joilla voisi olla merkitystä prosessin kannalta. Lisäksi voidaan tutkia mm salaman voimakkuuden ja polariteetin vaikutusta kanavan muotoon.



5. MITÄ URSA VOISI TEHDÄ?

Lyhyt vastaus: täsmälleen sitä mitä nytkin, vain hieman tarkemmin. Merkittävä osa myrskybongareista haluaa nimenomaan valokuvata salamoita. Jos tiedetään täsmälleen kuvan ottopaikka ja –hetki, voidaan Ilmatieteen laitoksen tietokannoista takautuvasti mitata muut parametrit. Käytännössä tämä edellyttää, että kameroiden sisäiset kellot ovat mielellään sekunnilleen oikeassa, eli että ennen reissua kukin kuvaaja synkronoi kameransa kellon (vaikkapa Teksti-TV:stä löytyvän tarkan ajan kanssa). Jos saamme kuvan mukana sen ottoajan, paikan koordinaatit, ja mielellään kuvan ottoilmansuunnan, loput voimme tehdä itse.

Tarvitsemme käytännössä raakakuvan korkeimmalla resoluutiolla (esim JPEG-muodossa), ilman mitään kuvankäsittelyä. Kuvien analyysi on osoittautunut suhteellisen suoraviivaiseksi; alla on esimerkki siitä, miten pääkanava saadaan esille kuvasta väripalettia supistamalla, ja sen jälkeen kanavan muoto voidaan lukea suoraan sisään analyysiohjelmaan.

