

Donder en bliksem: VERON A48 maart 2014.

Na de bouw van mijn antenne bleek het tijdens een winderige avond te "lekkers op zolder" Ik was vergeten de antenne te ontkoppelen en te aarden. Tijd om me eens te verdiepen in donder en bliksem.

Door een goed begrip te hebben van de dimensies van de bliksem en het proces van de vorming van de bliksem kunnen we ons beter voorbereiden op beveiligingsmaatregelen. Tegelijkertijd krijgen we met allerlei bijzondere radiogolven te maken in het ELV, SLF, ULF en VLF gebied.

Mooi weer: Tijdens mooi weer is de ionosfeer (50-600 km hoogte) positief geladen t.o.v. de aarde (300 a 500 kV). Dit veroorzaakt een netto lekstroom naar aarde van ca $2,7 \cdot 10^{-6}$ A /km², dat is over de gehele aarde een lekstroom van ca 1400 A. Het spanningsverschil wordt in stand gehouden door de ca 1000 a 2000 onweersbuien die ergens op aarde zorgen voor een ladingsbijdrage van de ionosfeer. Per onweersbui een bijdrage van ca 1 ampère.

Typen ontladingen: Er zijn 4 typen ontlading: Binnen een wolk (IC intracloud), van wolk naar wolk (CC Cloud Cloud), van wolk naar aarde (CG Cloud Ground) en van wolk naar ionosfeer. Als zendamateer met antennes zijn we vooral geïnteresseerd in CG, van Wolk naar Aarde. Daarvan zijn er twee varianten: de negatieve ontlading en de positieve ontlading.

Ladingsvorming in de wolk: In de warme vochtige stijgende luchtstroom van een Cumulo-Nimbus-onweerswolk (300.000 ton water!) worden de lichte ijskristallen met positieve lading naar boven gestuwd (30-50m/s ofwel ca 150 km/h) en vallen de grotere hagelstenen tegen de stijgende luchtstroom in naar beneden en hebben een negatieve lading. Deze ladings scheiding vindt plaats in de temperatuurzone van -10 tot -20 °C. Er vormt zich een elektronenoverschot (negatieve lading) aan de onderzijde op 2 á 5 km hoogte en een tekort aan de bovenzijde (positieve lading) van de wolk tot 10 tot 15 km (tropopause) hoogte. T.o.v. de grond ontstaat een zeer hoog spanningsveld dat nog steeds onvoldoende is voor doorslag. Bedenk dat in lucht de doorslagspanning ca $3 \cdot 10^6$ V/m is.

De negatieve ontlading CG: Voorontladingskanaal (stepped leader): Op zich is de veldsterkte onvoldoende voor een doorslag naar aarde. Toch vormt zich een ontladingskanaal. Recent (oa Nikhef Amsterdam) wetenschappelijk onderzoek richt zich op de rol van kosmische straling (bursts) op de ontwikkeling van geïoniseerde kanalen waarlangs de lading zich kan verplaatsen. De uitbreiding van het ionisatiekanaal volgt de richting van de lijnen van het elektrische veld. Het vormen van dit ionisatiekanaal (enkele cm diameter) gaat stapsgewijs (gemiddeld 45m per stap), kan zich vertakken met meerdere uitlopers, met een snelheid van ca 1500 km/s. Op het moment dat dit voorontladingskanaal de grond nadert neemt de lokale veldsterkte t.o.v. de aarde toe. De vorming van het voorontladingskanaal duurt honderden microseconden, de stroom in het voorontladingskanaal bedraagt tientallen tot enkele honderden ampères.

Vangontlading (positive or upward streamer): Vanaf hoger gelegen punten of punten met een goede aarding zoals een toren, een boom of onze antenne, neemt de veldsterkte richting het voorontladingskanaal nu sterk toe en een positief geladen geïoniseerd kanaal kan zich nu vormen.

Hoofdontlading: Als de vangontlading het voorontladingskanaal raakt volgt snelle ontlading: een stijging binnen 1–10 microseconden tot het maximum en een uitdoven in een periode van 50–200 microseconden. De stroomsterkte in deze puls varieert van 10 kA tot 300 kA met een gemiddelde van 30kA. Het verplaatsen van de lading (variërend van 15 tot 30 Coulomb) heeft een snelheid van ca 100.000 km/s, dat is 1/3 van de lichtsnelheid ($3 \cdot 10^8$ m/s). De energie-inhoud is gemiddeld 500 MJ. De temperatuur in het ontladingskanaal bedraagt 30.000 °C. Hierbij komen ook gamma- en röntgen-straling vrij. Vergelijk dit met de oppervlaktetemperatuur van de zon van ruim 6000 °C. Herverdeling van lading binnen de wolk na een eerste ontlading kan aanleiding zijn voor een herhaalde volgende ontlading langs hetzelfde ontladingskanaal. Als we het geïoniseerde kanaal beschouwen als geleider, en de verkortingsfactor op 0,3 stellen (de bliksemsnelheid is gelijk aan 1/3 van c) en de lengte van het ontladingskanaal op 2 km stellen dan is de kwart labda antenne afgestemd op ca 15 kHz. De grondtoon en dus ook het grootste deel van de energie van de EM-puls ligt dus in het VLF-gebied.

Positieve ontlading CG: Van de bovenzijde van de cumulo-nimbus wolk met het typisch aanzicht van een afgeplatte bovenkant (het aambeeld) kan een positieve ontlading plaatsvinden (5% van de CG-inslagen). Het ontladingspad kan 8-16 kilometers lang zijn en inslaan op een plaats ver van de veroorzakende onweersbui. Een donderslag bij heldere hemel! Door de veel grotere afgelegde afstand cumuleren deze ontladingen tot wel 10 maal de grootte van een gewone negatieve CG-ontlading en richten daardoor grote schade aan. Tijdens deze ontladingen (ookwel Q-bursts genoemd) worden zeer krachtige EM-golven met zeer lage frequentie geproduceerd. Positieve CG-ontladingen zijn waarschijnlijk ook de trigger voor ontladingen naar de ionosfeer. De grondtoon is ligt nu in het ULF/VLF-gebied: tussen de 2 en 4 kHz.

ELV	extremely low frequency	3 Hz tot 30 Hz
SLF	superlow frequency	30 Hz tot 300 Hz

ULF	ultra low frequency	300 Hz tot 3 kHz
VLF	very low frequency	3 kHz tot 30 kHz

Bijzondere ontladingen: Sprites, jets en elves: Deze werden al eerder door piloten waargenomen maar nooit serieus genomen tot de eerste werd vastgelegd door een camera in 1994. Tijdens onweer kunnen aan de bovenzijde van de wolk sprites, jets en elves ontstaan waarbij roodkleurige en blauwkleurige ontladingen van tientallen tot honderden Coulombs richting ionosfeer plaatsvinden tot wel 100 km hoogte boven het aardoppervlak. Blue jets bewegen relatief langzaam van de top van onweerswolken omhoog, tot een hoogte van zo'n 40 km. Red sprites bewegen zich in omgekeerde richting, van de onderkant van de ionosfeer naar beneden, met een snelheid van ca. 10.000 km/s. Elves strekken zich uit over zo'n 300 kilometer. De Gigantic Jets bewegen vanaf de toppen van onweerswolken omhoog, tot wel 90 kilometer hoogte. Steeds meer nieuwe varianten worden ontdekt zoals gnomes, trolls, pixies, blue starters en upward superbolts!

Natural radio (3Hz - 30kHz)

Sferics: Sferics zijn atmosferische storingen, radiogolven veroorzaakt door bliksem rondom de hele wereld. Het zijn amplitude gemoduleerde stoorsignalen die altijd en overal op de aardbol zijn te horen.

Whistlers - Whistlers zijn sferics die zich verplaatsen langs de magnetische veldlijnen naar het tegenover liggende halfrond. Soms kaatsen ze terug naar het halfrond van herkomst. Een whistler klinkt als een heldere dalende fluittoon, soms ook hees of sissend. Whistlers zijn zeldzaam en worden gerelateerd aan de recent ontdekte sprites (de opgaande bliksem). Een Whistler kan heen en weer echoën tussen het noordelijk en het zuidelijk halfrond.

Tweeks hebben een metalen klank, zijn hoorbaar tijdens zonsopgang en -ondergang, vooral in de winter. De EM-golf verandert tijdens de lange afgelegde weg door de ionosfeer, vergelijkbaar met een golfpijp met frequentie afhankelijke transportsnelheid, in een toontje van afnemende frequentie en volume en klinkt als het engelse "tweek". (klap op strak gespannen stalen kabel)

Chorus, risers, hiss: Chorus klinkt als kwetterende vogels of een vijver met kikkers. Chorus wordt meestal gehoord in de vroege morgen (dawn chorus) tijdens perioden van een zonnewinduitbarsting met als gevolg verhoogde magnetische activiteit (geomagnetische storm) en Aurora.

De Schumann resonantie: Ontladingskanalen gedragen zich als enorme antennes die EM-golven uitzenden met frequenties onder de 100kHz. Op grote afstand zijn deze signalen sterk verzwakt, maar de aarde – ionosfeer gedraagt zich als een enorme trilholt in het ELF gebied waardoor de grondtoon (7,83 Hz) en boventonen (intervallen van 6,5 Hz) op de resonantiefrequenties worden versterkt. Deze trilholt wordt voortdurend aangestoten door de blikseminslagen op aarde. Een belangrijk deel van deze ontladingen zijn de zgn Q-bursts, dat zijn de positieve CG-ontladingen, die als afzonderlijk aanjagende pulsen van de Schumann resonantie werken (klasse C aansturing).

Beveiliging: Directe blikseminslag in een gebouw. Wanneer een bliksem direct inslaat in de bliksembeveiligingsinstallatie dan kan de bliksemenergie veilig naar aarde worden afgeleid. Door de inductieve eigenschappen van de lange rechte leidingen met eventueel flauwe bochten ontstaat een kleine inductiewaarde die bij een snel stijgende impuls van de blikseminslag voor een inductiespanning kan zorgen die kan oplopen tot enkele kV. Deze potentiaalverhoging zorgt voor de verdeling van de bliksemstromen over de aardingsinstallatie van de inslagbeveiliging van het gebouw. Hierdoor ontstaat een groot spanningverschil tussen de aarding en alle in het huis binnenkomende leidingen zoals gas, water, licht, telefoon en eventuele externe datakabels. Spanningsverevening binnenshuis is dan noodzakelijk.

Inductie: Bij inductie kunnen we het ontladingspad beschouwen als de primaire winding en de lussen in ons huis als de secundaire winding van een lucht gekoppelde transformator. Die lussen kunnen worden gevormd door gas-, water-, telefoon- en 230 volt-leiding of door niet afgekoppelde apparatuur met meerdere kabels of snoeren zoals netsnoer, ethernetkabel, antenneleiding of telefoondraad. Bij een bliksempuls van 50 kA met een inslagafstand van 500 m en een ruime inpanidige lus kan de geïnduceerde secundaire spanningspuls gemakkelijk oplopen tot boven de 1000 V: bye bye TV-tuner of modemingang!