

Vahşi Elektrik: Şimşek ve Yıldırımlar

Hüseyin Bilgekul

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü, Doğu Akdeniz Üniversitesi, Gazimagosa
huseyin.bilgekul@emu.edu.tr

1. YILDIRIM NEDİR VE NASIL OLUŞUR?

Yıldırımlar Tabiatın en güzel görüntülerinden birini sunmakla beraber tabiatın en öldürücü olaylarından biridir. Yıldırım ateşinin sıcaklığı güneşin yüzey sıcaklığının üç kat üzerine 20,000 Santigrad dereceye çıkabiliyor. Bu sıcaklığın çevre atmosferde neden olduğu büyük basınç farkları, etrafa yayılan şok ve ses dalgalarını oluşturur ve gök gürlemeleri meydana gelir. Yıldırımdan etrafa yayılan şok dalgaları ve diğer olguların fiziksel açıklamaları herkesin ilgisini çekmektedir.

Yıldırımlar, şimşekli fırtınalarla oluşan elektriksel boşalmalardır. Bulut içerisinde yeterince elektriksel yük ayrışması olduktan sonra potansiyel farkdan dolayı havanın delinmesi kolaylaşır ve belli bir elektrik alan değerinden sonra delinme gerçekleşir ve hava içerisinde iletken bir kanal oluşur. Oluşan iletken kanal boyunca elektriksel boşalmalar gerçekleşir.

Bulutlar arasındaki boşalmalar **şimşek** ve bulutla toprak arasındaki elektriksel boşalmalar ise **yıldırım** olarak isimlendirilir. Şekil 1 ve Şekil 2'de buluttan yere doğru gerçekleşmiş büyüleyici yıldırım resimleri görülmektedir.

Korkunçluklarına rağmen, yıldırımlar yine de mutlak olarak öldürücü olmayabilirler çünkü olayın süresi oldukça kısadır. Yıldırım parlaması ortalama olarak ardışık 4 vurgundan oluşur.

Yıldırım vurgun süresi 30 mikrosaniye gibi çok kısa bir zamandır, fakat bu zaman zarfında 10^{12} Watt gibi oldukça yüksek tepe güç değerleri ortaya çıkar. Değişik şekilde oluşabilen yıldırım çeşitlerinden önemlileri şöyle sıralanabilir.



Şekil 1. Güneşin yüzey ısısından daha yüksek bir ısıya sahip parlak yıldırım ateşi.



Şekil 2. Yeryüzüne devresini tamamlamış boşalma anındaki azgın yıldırım ateşi.

Bulut içi yıldırımlar: Ençok karşılaştığımız yıldırım çeşididir.

buluttan yere doğru yıldırımlar: Can ve mülke en çok zarar veren Yıldırımlardır.

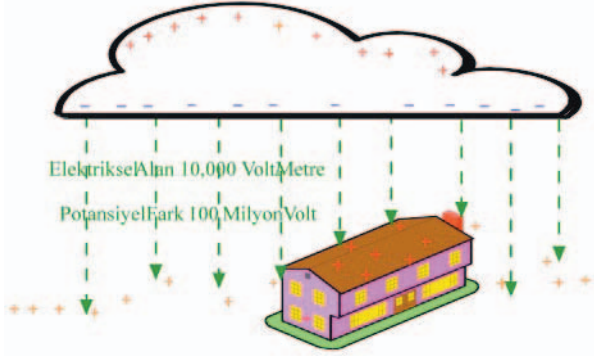
Yerden buluta doğru Yıldırımlar.

buluttan buluta yıldırımlar.

Top yıldırımlar: 20-200 cm çapında ateş topu şeklindeki yıldırımlar.

buluttan havaya doğru yıldırımlar.

Büyük bir fırtına, dakikada 100'den fazla yıldırımın oluşmasına neden olabilir. Orta büyüklükteki bir bulut birkaç yüz Mega Watt'lık bir elektriksel güç üretebilmektedir. Bütün yıldırımlar yeryüzüne vurmazlar, fakat vurdukları zaman da büyük bir enerji açığa çıkar. Yıldırımın esas enerji kaynağı, bulutların

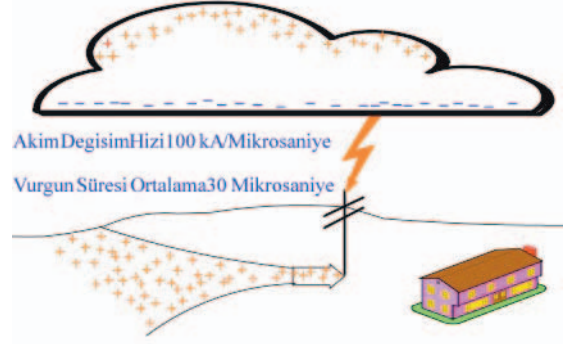


Şeki1 3. Yıldırım öncesi buluttaki yük ayrışımı ve yer yüzünde oluşan ters yükler.

devasa boyutlarda elektrik kapasitörleri şeklinde elektriksel yükü yüklenmeleridir. Bir fırtına esnasındaki hareketlerden dolayı, bulut içerisinde elektriksel yük ayrışmaları şöyle oluşur. Bulutun yeryüzüne bakan alt kısmında negatif ve bulutun gökyüzüne bakan üst kısmında ise pozitif elektriksel yükler toplanır. Şekil 3'de böyle bir elektriksel yük ayrışması görülmektedir. Bazı zamanlarda bunun tersi elektriksel yükler de oluşabilir. Yeryüzüne bakan ve negatif yüklü olan bulutun alt yüzeyi, yeryüzünde ters kutuplu (pozitif) yüklerin bir gölge şeklinde oluşmasına neden olur.

Yıldırımlara neden olan bulut içerisindeki elektriksel yük ayrışımını şöyle açıklayabiliriz. Hidrometeor olarak isimlendirilen bulut içerisindeki buz parçacıkları, çeşitli etkileşimlerle büyürler, çarpışırlar, kırılırlar ve de küçülürler. Sonuçta görsel olarak küçük buz parçacıkları elektriksel olarak pozitif yüklenirler. Daha büyük buz parçacıkları ise negatif elektrikle yüklenirler. Elektrik yüklü parçacıklar yerçekimi ve yukarı doğru oluşan hava akımlarından dolayı ayrışırlar. Bulutun yeryüzüne bakan alt kısmı genelde negatif yüklüdür çünkü daha ağır olmalarından dolayı negatif yükler burada birikir. Şekil 3'de görüldüğü gibi bulutun üst tarafı net olarak pozitif alt tarafı ise negatif yüklüdür.

Bulutla yeryüzü arasında 100 milyon Volt'luk bir potansiyel fark oluşur. Bu potansiyel fark, yer yüzeyinde 10 kilovolt/Metre (10 000 Volt/Metre) bir elektriksel alan şiddeti oluşturur. Fırtına ile beraber oluşan potansiyel fark ve elektriksel alan şiddeti yükselmeye devam eder. Belli bir



Şeki1 4. Yıldırım vurgunu ve elektriksel yüklerin nötrleştirilme aşaması.

alan şiddeti oluştuğu zaman, bulutla yeryüzü arasındaki hava yalıtkanlık özelliğini kaybeder ve yalıtkanlık kırılmış olur. Kırılma için gerekli elektriksel alan şiddeti değeri atmosfer özelliklerine bağlıdır.

Böyle bir şiddet altında Şekil 4'deki gibi bulutun yeryüzüne bakan yüzeyinden kısa veya uzun süreli duraklamalarla kademeli bir şekilde ileri sıçramalar halinde toprağa doğru bir elektron demeti harekete geçer. Elektron demeti, her ileri sıçrayışta 10-100 Metre kadar yol alır. Sıçramalar arasında 30-90 mikrosaniyelik duraksamalar vardır. buluttan yere doğru oluşan bu elektron hareketine "öncü boşalma" denir. Yıldırım yere yaklaşmaya başladıkça yeryüzündeki sivrilmiş noktalarda yoğunlaşan elektrik alan şiddetleri, bu noktalardan bulutlara doğru gelişen, "yakalama boşalmaları" adı verilen boşalmalar meydana getirirler. Bir yıldırım olayında boşalan elektrik yük miktarı genelde 1 Coulomb altında, şiddetli yıldırımlarda ise 10-20 Ampersaniyelik boşalmalar oluşur. Meydana gelen iletken kanal yerden yükselen yakalama deşarjı ile birleştiğinde ana boşalma olayı oluşur. Bu olay sıçramalarla değil tek bir iletken kanalın içerisinde kuvvetli bir akımın geçmesiyle oluşur.

Yıldırım boşalmasıyla beraber bulutla yeryüzü arasındaki potansiyel fark kapatılır. Yıldırım vurgunu ve takip eden akım aşağıdaki ikicil oluşum ve süreçlere neden olur.

- Elektromagnetik darbe.
- Elektrostatik darbe.
- Geçici toprak akımları.
- Bağlı yük ve ikincil kıvılcımlar.

2. YILDIRIMLARIN İKİNCİL OLUŞUMLARI

2.1. Elektromagnetik Darbe Etkisi

Yıldırım vurgunu çok kısa bir sürede gerçekleşmektedir. Bu süre içerisinde yalıtıktan geçirgene dönüşen yıldırım geçidinden oldukça yüksek nötrleştirici akım değerlerine ulaşılır. Bu akım değerlerinin değişim hızları akım yolunun impedansı ve bulutta biriken elektrik yüküne bağlıdır. Yıldırımlardaki akım değişim hızları 500 KA/mikrosaniye değerlerine ulaşabilmektedir. Ortalama değer ise 100 KA/mikrosaniye civarındadır. Bu değişen akım değerleri bir elektromagnetik darbe etkisi yaratırlar ve darbe etkisi altındaki elektrik sistemlerinde endüklemenin doğurduğu endüktans voltajları oluşur. Bu endükleme voltajları elektrik iletim hatlarıyla pek uzak mesafelere kadar etkisini gösterebilirler. Yine bu endüklenen voltajların geniş frekans spektrumları nedeniyle koruyucu kalkan devrelerini aşarak elektrik sistemlerde girişimlere neden olmaktadır.

2.2. Elektrostatik Darbe Etkisi

Yıldırım bulutlarındaki elektriksel yük ayrışmaları, yeryüzü ile bulutlar arasında büyük potansiyel farkların oluşmasına ve elektriksel alan şiddetlerinin doğmasına sebep olmaktadır. Havada duran herhangi bir metal iletken, havadaki elektriksel alan şiddetinden dolayı, bulunduğu yüksekliğin sahip olduğu bir elektriksel potansiyel değer elde edecektir. Örnek olarak, yıldırımlı bir havada 10 Metre yükseklikte duran bir sabit telefon hattı, toprağa göre 100 kVolt ile 300 kVolt arası bir potansiyel değer elde edecektir. Nötrleşme ve boşalma aşamalarında bu potansiyelin oluşturacağı akımları yönlendirmek oldukça önemlidir. Telefon kablosunun bağlı olduğu cihazlar bu akımlar tarafından tehdit altındadır ve kolayca tahrip edilebilirler.

Atmosfer yüksekliğine bağlı olarak oluşan bu tip elektrostatik voltaj değişiklikleri, elektrostatik darbe olarak isimlendirilir. Elektrik iletim hatları ve anten kuleleri gibi dikey metal kuleler, elektrostatik darbelerden oldukça etkilenen tesislerdir. Yeterli şekilde

topraklanmadıkları takdirde potansiyel farkdan oluşan kıvılcımlar tehlikeli durumlar yaratabilmektedir.

2.3. Geçici Toprak Akımları

Yıldırım vurgununu takip eden nötrleştirme aşamasında toprak yüzeyinde ve yıldırımın düşüş noktası etrafında elektrik akımları oluşur. Bu akımlar elektriksel yüklü alanlardan yıldırımın düşüş noktasına doğru akarlar. Toprakta gömülü metal su, gaz, petrol boruları, elektrik hatları ve diğer metal tesisler bu akımlar için tercihli bir yol oluştururlar. Bu çeşit akımlar geçici toprak akımları olarak isimlendirilirler. Bu akımlar çok ani değişen akımlar oldukları için, yine bu tesislerde yüksek indükleme voltajları doğururlar.

2.4. Bağlı Yük ve İkincil Kıvılcıklar

Yıldırımlardan dolayı gelişen ve özellikle metalden yapılmış petrol depolarında ve de patlayıcı maddeler içeren diğer metal depolarda görülen çok tehlikeli bir durum "bağlı yük" olayıdır. Bu oluşumun doğurduğu kıvılcıklar çok büyük ve de tehlikeli yangınlara neden olurlar. Bağlı yük olayının, yıldırımlarla neden olduğu kıvılcıklar şöyle oluşur. Bir metal deponun yakınına yıldırım düşerse, yıldırımın neden olduğu metal tanktaki elektriksel yüklenmeler hemen boşalır çünkü tanklar iyi bir şekilde topraklanmıştır. Bu gibi tankların içerisi koruma amaçlı yalıtkan maddeler ile kaplıdır. Dolayısıyla topraklanmış metal tank yıldırımla beraber yükünü toprağa boşaltır. Metal depo içerisindeki petrol, patlayıcı madde veya benzeri malzemeler yükünü bağlı tutmaya devam eder. Yıldırım sonrası yavaşça nötrleşmeye başlayan bu yükler, uygun topraklanmanın yapılmadığı ortamlarda kıvılcıklar oluşturur. Kıvılcıklar depolanan malzeme ile metal tank arasında oluşur ve patlama ile yangınlara sebep olur.

3. YILDIRIMDAN KORUMA SİSTEMLERİ

Yıldırımlar bazı tesisler için çok büyük

tehlikeler arz eder ve yeterli korunma sağlanmadığı takdirde çok büyük felaketlere neden olabilirler. Petrol depolama tesisleri, elektrik enerji tesisleri ve dağların yüksek tepelerine konumlanmış radyo haberleşme tesislerini örnek gösterebiliriz. Bu gibi tesisler mutlaka yıldırımlardan korunma gerektiren tesislerdir. Şekil 5 ve Şekil 6'da yıldırım koruma sistemleri görülmektedir. Yıldırımdan korunma yöntemlerini iki ana sınıfa ayırabiliriz.

Pasif yakalama sistemleri

Aktif yakalama uçları (paratonerler)

3.1. Pasif Yakalama Sistemleri

Yıldırım çubukları, binaların damlarına yerleştirilen 2-3 Santim çapında sivri uçlu metal çubuklardır. Bu çubuklara bağlı alüminyum ve bakırdan yapılmış 2-3 Santimlik iletkenler bu çubukları toprağa gömülü iletken bir levha veya kafese bağlar. Genelde yıldırım çubuklarının esas amacı yanlış anlaşılmakta ve yıldırımları üzerlerine çektiklerine inanılmaktadır. Daha doğru bir tanımlama şöyledir; yıldırım çubukları, çarpma esnasında ortaya çıkan çok büyük elektrik akımlarına "düşük dirençli" bir toprak yolu sağlarlar. Yıldırım çarpması sonucu ortaya çıkan zararlı ve yüksek elektrik akımları çubuk koruma sistemi tarafından emniyetli bir şekilde binadan uzağa ve toprağa verilir. Yıldırım, iyi iletkenliği olmayan bir yere düşerse, dirençten dolayı açığa çıkan ısı enerjisiyle büyük bir tahribat yapar. Yıldırımların etrafa "sıçrama" özellikleri vardır ve şöyledir. Vurgundan sonra yıldırım akımı toprağa akabilmek için en düşük dirençli yolu bulmaya çalışır ve bu amaçla etrafa sıçrar. Eğer vurgun, yıldırım çubuk sistemi bulunan bir yerin yakınına düşmüşse, yıldırım akımı düşük dirençli toprak yolunu sağlayan çubuk sistemine sıçrayıp oradan da emniyetli bir şekilde toprağa akacaktır. Görüldüğü gibi yıldırım çubuğu, yıldırımı üzerine çekmez, fakat yıldırımı seçebileceği emniyetli bir yol sağlar. Yıldırım çubuğu olsun veya olmasın, yıldırım düşecekse düşer ve çubuk yalnız düşen yıldırım için emniyetli bir yol sağlar.

İletken bir kafes içerisinde elektriksel alanın sıfır olduğu ortamlar Faraday kafesi olarak isimlendirilir. Bu yöntemle korunacak yapılar üzerine yerleştirilen yakalama uçları ve bu uçların topraklanmasıyla yapının her noktası aynı potansiyele getirilip yapı elektriksel olarak bir kafes içerisine alınmış olur.

3.2. Aktif Yakalama Uçları (Paratonerler)

Aktif yakalama uçları yıldırım bulutlarına doğru iyonlaşmış bir yol açarak veya bir şekilde iyon (elektriksel yük) göndererek yıldırım boşalması için havanın yalıtkanlığını zayıflatarak hava içerisinde iletken bir kanal oluşmasına yol açarlar. Sakıncalarından dolayı radyoaktif yakalama uçlu paratonerler yasaklanmıştır. Dolayısıyla aktif paratonerlere örnek Piezzo-elektrik paratonerler ve elektrostatik paratonerleri sayabiliriz.



Şekil 5. Yıldırımdan korunma sistemi döşenmiş bir tesis. Yıldırım çubukları ve topraklama hatları görülmektedir.

Yıldırım oluşurken rüzgar ve fırtınalı hava durumları varsayılmaktadır. Rüzgar etkisi ile salınım yapan paratoner gövdesi, içerisindeki piezzo-elektrik kristali basınca maruz bırakarak yüksek gerilim darbeleri oluşur. Bu darbeler piezzo-elektrik paratonerin yakalama ucu üzerinden kıvılcım yaratırlar. Bu kıvılcımların amacı yıldırımı paratoner üzerinden başlatmaktır.

Elektrostatik paratonerler, yıldırım boşalmalarını havanın yük değişimiyle devreye giren ve enerji kaynağı gerektirmeyen pals generatörlü kondansatör sistemleridir.

4. YILDIRIMLARDAN FERDİ KORUNMA

Gürültülü havalarda, buluttan yere doğru her yıldırım öldürücü bir tehlike arz eder. Yıldırımın çarpma tehlikesi yalnız boşalma akımının akış yolunda bulunup bulunmamamıza bağlı değildir. Daha sık görülen bir tehlike ise şudur. Yıldırımın düşüş noktasından etrafa toprak akımları oluşur. İşte kurbanların fazlası bu toprak akımlarının sebep olduğu elektrik çarpmalarıyla yaralanır veya telef olurlar. Yıldırımdan ferdi korunmak için akılda tutulması gereken önemli hususlar aşağıda sıralanmaktadır [3-5].

Çevresinde başka ağaçlar bulunmayan uzun boylu ağaçların altına yağmurdan korunmak için sığınmayınız. Ağaç ıslanmanızı önleyecek fakat yıldırıma yakalanma olasılığınızı oldukça artırmış olacaktır.

Böyle durumlarda sığınılacak en emin yerler kapalı binalardır. Binaya veya yakınına düşen yıldırımın boşanma akımı binanın elektrik ve su tesisatını takip ederek toprağa akar.

Kapalı metalden oluşan araba ve diğer taşıtlar da yıldırım için bir sığınma ortamıdır. Buradaki metal çerçevesi ortamlar yıldırıma karşı bir Farady kafesi oluştururlar. Akımlar kafesin dış yüzeyinde akar ve içerisi için bir koruyucu kalkan oluşur.

Şekil 6. Resimde görülen Toronto Kanada'daki kule ortalama olarak yılda 75 kez yıldırım vurgununa maruz kalmaktadır.

Uzun boylu ve yalnız duran cisim ve kulelerin yakınında bulunmaktan sakınınız. Yıldırım genelde oluştuğu yöredeki enyüksek cisimleri vurur.

Metal cisimlerden uzak durunuz çünkü metallerin iletkenlik özellikleri var.

Açık, ağaçsız, çıplak düz ovada ayaklarınızı kapalı olarak yere çömeliniz, başınızı yere doğru eğip yüksekliğinizi en aza indirgeyiniz.



Hiçbir zaman yere yatmayınız. Çünkü eğer yıldırımın potansiyel fark oluşturan bölgesinde bulunuyorsanız, vücudunuzun iki uç noktası arasındaki potansiyel farkdan dolayı vücudunuzdan elektrik akımı akacaktır.

Kablolu telefonları ellemeyiniz, yıldırım akımı taşıyabilirler.

Su tesisatını ellemeyiniz, lavabo ve banyoyu kullanmayınız çünkü çevrede oluşan yıldırımlardan elektriklenebilirler.

Pencere ve kapılardan uzak durunuz.

Beton yerlere yatmayınız ve beton duvarlara yaslanmayınız.

5. Kaynakça

[1] Carpenter R. B., Drabkin M. N., "Lightning Strike Protection" Report by Lightning Eliminators & Consultants, Inc., Boulder, Colorado, USA.

[2] Krider E. P., "Benjamin Franklin and the First Lightning Conductors" Proc. of Inter. Com. on History of Meteorology 1 (1), 2004: pp. 1-13.

[3] National Weather Service Lightning Safety: <http://www.lightningsafety.noaa.gov>

[4] National Lightning Safety Institute: <http://www.lightningsafety.com>.

[5] Lightning and Atmospheric Research at: <http://thunder.msfc.nasa.gov>