

## II.5. OTURMA VE YER ÇÖKMESİ (GÖÇMESİ) - (LAND SUBSIDENCE)

Yer çökmeleri yeraltından aşırı miktarda su çekilmesi, yeraltındaki suda çözünür kayaçların su tarafından eritilmesi ve yeraltındaki yoğun madencilik faaliyetleri nedeniyle olmaktadır.

### **Yeraltından Akışkan Çekilmesi Sonucu Oturmalar**

Yeraltı suyu çekilmesi nedeniyle oluşan oturmalar iki farklı ortam ve mekanizma altında gelişir. En yaygın oluşumlar killi akıtarlarla ara katkılı olan basınçlı ve yarı basınçlı kum ve çakıl akiferlerini içeren gevşek ve yarı-gevşek sedimanlarda gözlenir. Diğer bir oluşum da, mağara ve erime çukurları çökellerini içeren çözünür kayaçlar içinde gerçekleşir: yeraltı suyundan askı desteğini kaybetmesi nedeniyle, düşen yeraltı su seviyesi mağara dolgusunun erozyonuna ve çökmesine neden olur.

Dünyada yeraltından su çekilmesi ile oturan birçok alan bulunmaktadır. Bunlardan California eyaleti bu sorunu en fazla yaşayan kesimlerden biridir. California'daki Büyük vadinin güney kısmı çoğunlukla yer altı suyu ile sulanmaktadır. 1920 yılından bu yana, bu vadideki 11.000 km<sup>2</sup> lik bir alan 0.3 metreden fazla olacak şekilde çökmüştür. Çökmenin toplam hacminin 20 km<sup>3</sup> olduğu sanılmaktadır. Oturma hızı öylesine yavaş ki, yeraltındaki sulama borular çatlayıp kırılana kadar anlaşılamadı. Oturma ve su çekilmesi arasında bir ilişki olduğu aşikardır. Oturma, yeraltı su çekiminin rezervuarın güvenlik verimini aşmasıyla gelişir. Oturma, Texas'ın Houston sahil alanında da tehlikeli boyutlara ulaşmıştır. Bu bölge yüksek sürekli olarak gelgitlerin etkisi altında kalmaktadır. Gelgitlerin yüksekliği 2 metreye kadar varmaktadır. Güney Arizona bölgesinin yer aldığı havzadan aşırı yeraltı suyu çekilmesi sonucunda, havza kenarlarında derinlikleri 10 metreye kadar varan dikey yer çatlakları oluşmaktadır.

İtalya'nın Venedik şehri, Po nehri delta alanının kum setleri üzerine inşa edilmiştir. Venedikliler şehri Hunluların akınlarından korumak amacıyla sahilin 3 km açığında kurmuşlardır. Venedik bugün anakaraya su yolları ile bağlanmaktadır. Anlaşılacağı üzere, Venedik'te otomobil gibi taşıt araçları bulunmamakta ve ulaşım sandal ve bot gibi küçük su araçları ile veya yürüyerek sağlanmaktadır. Venedik Adriyatik denizine batmaktadır. Po nehrine ait Kuvaterner yaşlı 1000 m kalınlığındaki gevşek kum, silt ve kilden oluşan sahil düzlüğü sedimanları Venedik'in altında bulunmaktadır. Venedik bu sedimanlar üzerine çakılı kazıklar üzerinde durmaktadır. Bu sebeple, şehir gelgit ve fırtınaların etkisine önemli derecede açık bir durumdadır. Şehrin batma hızı yaklaşık 0.5 cm/yıldır.

## **Çözünür Kayaçlar Üzerinde Bulunan Alanlardaki Çökmeler**

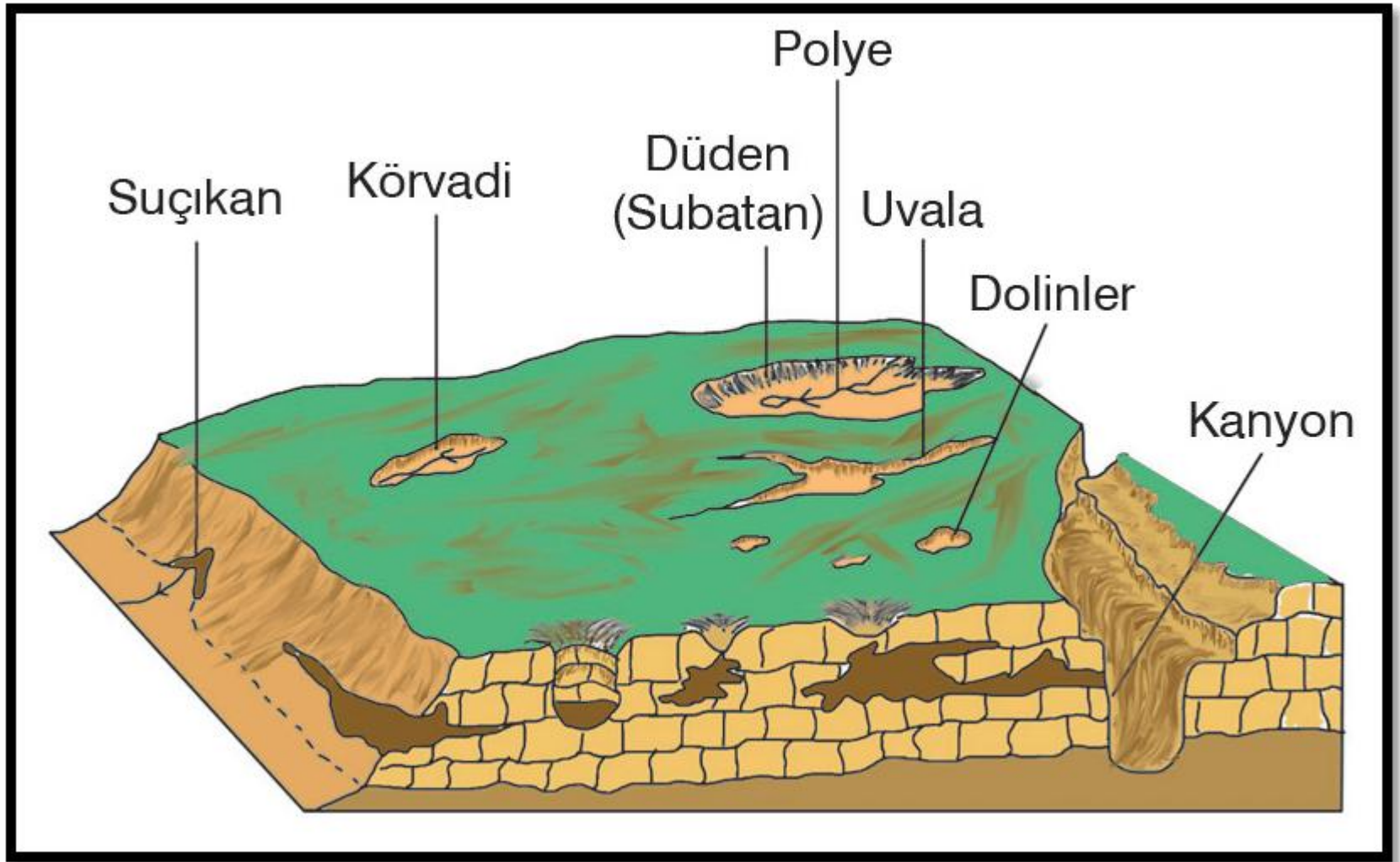
Karbonatlı arazilerdeki yer çökmeleri çözünür kayaçların kimyasal ayrışması nedeniyle olmaktadır. Kireçtaşı, dolomit ve jips en yaygın suda çözünen sedimanter kayaçlardır. Çözünme doğal bir işlemdir, ancak hidrolojik rejimde insanın neden olduğu değişiklikler çözünme ve yer çökmesini hızlandırır.

Suda çözünür kayaçların yüzelediği bölgeleri karakterize eden fenomenlerin tamamını ifade etmek üzere *karst* terimi kullanılmaktadır. Çöküntü, mağara, derin su tablası, büyük su kaynakları ve ortadan kaybolan kaynaklar tipik bir karst arazisinin özellikleridir. Erime gerçekleşikçe, yavaş olarak boşluk (mağara) oluşmaya başlar. Geniş bir hacimdeki kireçtaşının çözünmesi elbette jeolojik zaman boyunca gerçekleşecektir. Bu yapısal uyumsuzluklar, genellikle, mevcut boşluklar veya terra rosa toprakları ile ilişkilidir.

Bir erime boşluğunun üzerinde iki çeşit çöküntü gelişebilir. Kalın bir örtünün bulunduğu alanlarda çöküntü yavaş gelişecektir, ancak örtü ince ise, çökme ani olacaktır. Bu tür çökmeler ani olmakla birlikte önceden kestirilmeleri de imkansızdır (jeolojik tehlike).

## **Yeraltı Madenciliği Nedeniyle Olan Oturma Ve Çökmeler**

Madenler üzerindeki çökmenin miktarını ve uzanımını kestirmenin matematiksel teknikleri vardır. Örneğin, belirli bir derinlikteki yatay bir tabaka işletilmekteyse, yeryüzünün belirli bir açı altında oturması beklenir veya yatay bir tabaka üzerinde büyük bir yeraltı madenciliği sürdürülüyorsa, yeryüzündeki oturma kabaca işletilen tabakanın 2/3'ne eşit olacaktır. Etkilenen yüzey alanı da, işletilen tabaka derinliğinin yaklaşık 1.5 katı kadar yatay olarak maden sahasının dışına taşacaktır



## II.6. VOLKANİK FAALİYETLER

**Volkanlar ve Volkanik Püskürmeler:** Aktif volkanların yerleri herkes tarafından bilinmektedir. Volkanik tehlikeler lav akışları, piroklastik tefra (volkanik bombalar, sinderler, veya küller), laharlar (sıcak çamur akışları), piroklastik gravite akışlarından ibarettir.

Tefra düşmeleri genellikle aktif bir volkanın etekleri ve hemen bitişiğindeki düzlüklerle sınırlıdır. Örneğin, M.Ö. 79 yılında, Vezüv yanardağı Pompei ve Herkül şehirlerini 3 m kalınlığındaki sıcak kül lapillisi ve volkanik bombalar altına gömmüştür. Lav akışları Hawaii adasındaki Mauna Loa ve Kilauea volkanlarında oldukça yaygın olarak gözlenmektedir. Bazaltik (bazik) tipte püskürmeler riyolitik (asidik) tipte olanlara göre genellikle daha az şiddette olmaktadır. Hawaii'de karşılaşılan **aa** veya **pahoehoe** tipteki bazaltik lav akışları sadece yolları ve arazileri çok yavaş yutacak kadar zararlıdır. Sismik aktivite genellikle püskürmenin öncüsüdür. İstatistiksel aktivite kayıtları ve tehlikeler, önceki akışların yaşları ve uzanımlarının kullanılması ile derlenirler.

**pahoehoe lav akması**



aa lav akması



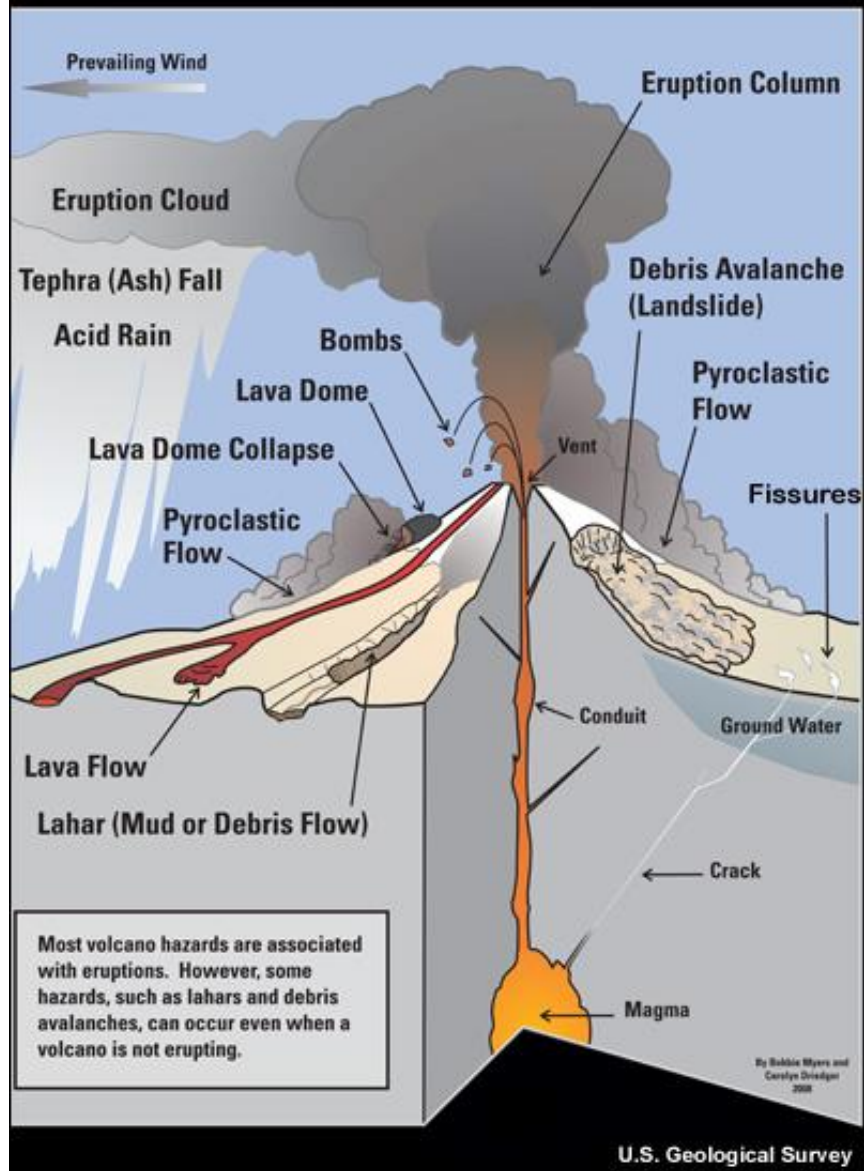
Dünyanın en yüksek stratovolkanı (karma volkan) olan Ekvator'daki Cotopaxi yanardağından 1877 yılında türeyen bir laharın, 270 km uzaklıkta Pasifik kıyısındaki Esmeralda şehrine ulaştığı tespit edilmiştir. Piroklastik gravite akışları volkanik faaliyetlerin en tehlikeli olanlarıdır. Havaya püskürtülen sıcak küller havadan daha yoğun olduğundan volkanın kenarına doğru büyük bir hızla düşerler. 1902 yılında, Martinik adasındaki St. Pierre şehri Pelee dağından türeyen 820°C sıcaklıktaki piroklastik gravite akışları ile kaplanmıştır. Zindanda bulunan bir mahkum dışında, adada bulunan diğer 29.933 kişi hayatını kaybetmiştir. Java yakınındaki Krakatoa yanardağının felaket türü patlamaları 4800 km uzaklıktan duyulmuş ve ortaya çıkan kül tabakası bütün dünyayı kaplamıştır. Endonezya'daki Tambora volkanının 1815 yılındaki püskürmesi havaya 50 km<sup>3</sup> kaya fırlatmıştır. Püskürme ve bunun takip eden tsunami yaklaşık 90.000 kişiyi telef etmiştir. Akdeniz'deki eski adı There adası olan Santorini M.Ö. 1450 yılında püskürmüştür. Bunun sonucunda Girit adasındaki Minoan uygarlığı ortadan kalkmıştır. Belki de, bu uygarlık gizemli kayıp Atlantis'in ta kendisiydi. Bilinen en büyük Kuvaterner püskürmesi kuzey Sumatra'da günümüzden 75.000 yıl önce meydana gelmiştir. Büyük Toba, Hint Okyanusuna yaklaşık 2.800 km<sup>3</sup> riyolit külü kusmuştur. 1982 yılında Meksika'daki El Chichon yanardağı, belki de bu yüzyılda kaydedilen en masif ve en yüksek toz perdesinin oluşmasına yol açmıştır. İnce sülfürik asit damlaları 30 km'lik bir yükseklikte tespit edilmiştir. 14 Haziran 1991 tarihinde, Filipinlerdeki Pinatubo yanardağının sebep olduğu ve kalınlıkları 200 metreye kadar ulaşan piroklastik akımlar yaklaşık 18 km yol almıştır. Ortaya çıkan stratosferik bulut, 20° kuzey ve 20° güney enlemleri arasında dünyayı çevrelemiştir. Çevredeki alanlar yaklaşık 2-3 gün boyunca karanlıkta kalmıştır (Güneş ışığından mahrum).



Birleşik Devletlerdeki St. Helens yanardağı (Oregon eyaleti) kıta Amerikasının en tehlikeli volkanik dağı olarak tanımlanmaktadır. En son 5000 yıl önce püsküren St. Helens yanardağı 18 Mayıs 1980 saat 8.30'da tekrar patlamıştır. Ancak patlamadan birkaç ay önce küçük ölçekli deprem ve püskürmeler göstermiştir. Püskürme dağın kuzey eteğindeki bir heyelanla başlamıştır. Bu heyelan da alttaki mağmanın basıncını hafifleterek dev bir patlamaya neden olmuştur. Bu senaryoyu haftalar önce tahmin eden jeolog Barry Voight, özel bir uçaktan kraterin üzerini incelerken yaklaşık 15 saniye içinde kraterin kuzey yamacında yer kayması başlamıştır. Böylece, basıncın ortadan kalkmasıyla mağmaya yakın olan yeraltı suyu buhar olarak dışarı çıkararak püskürmeye olanak tanımıştır. Kayan yer kütesinin hacmi yaklaşık 3 km<sup>3</sup> olarak belirlendi. Yine yaklaşık 400 km<sup>2</sup>'lik bir alandaki bütün ağaçlar tefra ve sıcak volkanik gazlar tarafından yerle bir edildi. Piroklastik gravite akışın hızı saate 320 km'nin üzerindeydi.

Volkanik ürünler	Volkanik ürünleri oluşturan işlevler ve volkanik tehlike özellikleri	Volkanik tehlikelerin fiziksel lokasyonları
Döküntü düşmeleri	Dik volkanik yamaçların yıkılması. Yüksek bir hızla aşağıya doğru hareket.	Volkanların kısmi olarak topoğrafya ile kontrol edilen etekleri. Zayıf veya termal yolla altere olmuş kayalardan oluşan dik yamaçlardan püskürme olmaksızın harekete geçebilir. Büyük döküntü kaymaları vadi aşağısına doğru kadar uzanabilir.
Piroklastik akımlar	Sıcak kaya parçalarının doğrudan püskürmesi veya patlaması veya lav akması veya domunun yıkılması. Gazca zengin bulut hareketi ile taşınan kül parçaları volkandan 10 ile 100 km/saatlik bir hızla çıkarlar.	Çoğunlukla topoğrafya kontrollüdür. Etki yamaç aşağı ve vadi aşağısına doğru ise 'ye kadar uzanabilir. Yakın alanlar sıcak kül bulutlarının etkisi altında kalabilir.
Yatay patlama ve piroklastik sürüklenme	Kayaç parçalarının volkanın bir tarafından patlamalı olarak püskürmesi (magma ve gaz olabilir veya olmayabilir). Ani; döküntüler yüzlerce km/saatlik bir hızla ulaşabilir.	Patlama yönü patlamanın yayılımını kontrol eder; sürüklenmenin topoğrafya kontrolü üzerinde çok az bir etkisi vardır. Patlamalar 180°'lik bir alanı etkisi altına alabilir. Sürüklenmeler genellikle bacadan uzağa kadar ulaşabilir.
Lav akmaları	Ergimiş lavın patlamasız çıkışı; ergimiş lavlar yavaşça yamaç aşağıya doğru akarlar. Akış önleri genellikle bir insanın yürüme hızında hareket eder.	Çoğu akımlar topoğrafyayı takip eder ve bacadan itibaren en fazla uzağa varabilir.
Lav domları	Patlamasız, yüksek viskoziteli (yapışkan), yavaşça çıkan ve baca yukarısında biriken lavlardan kaynaklanır.	Yayılmı daha çok üst kotlar ve bacanın birkaç km çevresi ile sınırlıdır. Genellikle riyolitik volkanizma bölgelerinde yaygındır. Bacadan uzak alanlarda bile tehlikeli olacak şekilde yıkılabilir ve infilak edebilir.
Laharlar (döküntü akmaları)	Sıcak malzemenin buz, kar veya nehirler üzerine püskürmesi; krater göllerinin de püskürmeli olarak hareketi veya henüz oluşmuş piroklastik döküntüler üzerine aşırı şekilde yağmur yağması; ani; patlama yayılımı hızı onlarca km/saat olabilir.	Yayılmı daha ziyade vadi tabanları ile sınırlıdır. Etki alanı onlarca km olabilir.
Seller	Kökeni döküntü akmalarına benzer. Genellikle saatte 'nin altında bir hızla hareket eder. Buzul yarılmalarının gözlenmesi pek mümkün değildir (En son 1998 yılında İzlanda'da bu tür bir sel gerçekleşmiştir).	Vadi tabanları ile sınırlıdır. Yüzlerce km'ye kadar etki alanı vardır.
Tefralar	Parçaların düşey kolonu tarafından oluşur ve gaz rüzgar ile km'lerce öteye taşınabilir. Püskürme anidir; patlama yayılımı hızı onlarca km/saat olabilir.	Volkanın yakını veya rüzgar tarafında olan alanlarda; püskürme hacmi ve yüksekliği, rüzgar hızı ve yönüne bağlı olarak etki yüzlerce km'ye kadar hissedilebilir; küresel olarak iklim değişebilir; çoğu büyük tefra püskürmeleri riyolitik volkanlarda görülür.
Gazlar	Patlayıcı veya patlayıcı olmayan püskürmeler sonunda oluşur. Gazlar sıcak olup ve genellikle kükürt, karbondioksit ve diğer zararlı bileşikleri içerirler. Saatteki hızı onlarca km olabilir. Feratik püskürmeler (gaz ile oluşan; magmanın doğrudan püskürmemekte) volkanlarda beklenmedik patlamalara yol açmaktadır.	Dağılım rüzgarın hızı ve yönü ile kontrol edilmektedir. Volkan yakınında büyük tehlikeler söz konusudur. Koku, duman ve hafif etkiler birkaç km'ye kadar etkili olabilir. Büyük hacimde ise, iklim küresel olarak değişebilir.

# Geologic Hazards of Volcanoes





**Lahar**

**Lav akması**



## **Volkanik Tehlikeler**



**Kül düşmesi**



**Piroklastik akma**

**Toprak kayması**



Son olarak, tamamıyla volkanik bir ada olan İzlanda'da 1999 yılında püsküren lavların etkisiyle buzullar erimiş ancak eriyen sular yerleşim birimlerinin bulunmadığı kısımlardan Atlantik Okyanusu'na katılmıştır.

Görüldüğü üzere, büyük miktarda yıkıcı bir etkisi olan volkan püskürmelerini önlemenin bir yolu yoktur. Ancak alınacak tedbirlerle zarar az da olsa hafifletilebilir. Bu tedbirlerden bazıları:

**a)**Yerleşim yerlerinin mümkün olabildiğince aktif yanardağlardan uzak yerlere kurulması. Maalesef, insanlar çok eski zamanlardan bu yana birçok şehir ve kasabayı aktif dahi olsa yanardağların eteklerine kurmuşlar ve bu şehirler günümüze kadar büyüyerek gelmişlerdir.

**b)**Aktif volkanların bulunduğu Japonya ve İtalya'da olduğu gibi, volkan patlamasının tam olarak zamanını bildirmese de, en azından yakın bir zamanda volkanik bir faaliyetin olabileceğine dair bilgi sağlayan ve yüzeyde kurulan seviye ölçerlerin kullanılması. Bu aletler, volkan püskürmesinden belirli bir süre önce yeraltında oluşan yer kabuğu hareketlerini esas alarak kabukta meydana gelen kabarmaları / şişmeleri tespit edebilmektedir.

**c)**Gelişmiş bir uyarı sisteminin kullanılması. Yerleşim biriminin volkan patlamasından itibaren mümkün olan en kısa süre içinde tahliye edilmesini gerekir. Japonya'nın güneyindeki bir adada ilkokula giden çocuklar her gün başlarına kask takmakta ve böylece ani olarak gelişebilen piroklastik akmalara karşı kendilerini korumaktadırlar.