

VOLKANİK TEHLİKELER, TEHLİKE DEĞERLENDİRMESİNİN VE TEHLİKE HARİTALARININ ÖNEMİ

Bilge KARAMAN*

VOLKANİK TEHLİKELER

Volkanik tehlikeler, toplumun maruz kaldığı, doğrudan ya da dolaylı olarak can kayıplarına ve ekonomik kayıplara neden olan doğa olaylarıdır. Yaklaşık olarak 800 milyon kişi dünya genelindeki patlama potansiyeli olan volkanların 100 km çevresinde yaşamaktadır (Loughlin vd., 2015) ve sürekli artan nüfus ile birlikte volkanik acil durumların olma olasılığı artmaktadır.

Volkan püskürmeleri nedeniyle volkana yakın yerleşim yerlerinde yaşayan insanlar evlerini, arazilerini patlamanın etkilerine bağlı olarak geçici ya da kalıcı olarak terketmek durumunda kalmaktadır. Genelde göreceli olarak daha uzak olan kentlerde yaşayan halk hayatta kalabilse bile, bu kentlerdeki ulaşım sistemleri, iletişim sistemleri gibi alt ve üst yapılar ile birlikte tarım arazileri, sanayi tesisleri gibi kritik olan alanlar volkan kaynaklı tehlikelerden zarar görme riskini taşımaktadır.

Volkan tipine, magma bileşimine, herhangi bir zamandaki püskürme şekline ve yoğunluğuna göre volkanik tehlikeler farklı özelliklere sahip olurlar. Volkanik tehlikeler ve bu tehlikelerin etkileri on bir başlıkta incelemiştir (Loughlin vd., 2015). Bunlar sırasıyla; balistikler, volkanik kül ve tefra, piroklastik akıntı-volkanik patlama, laharlar ve seller, debris avalanj-çığ -heyelanlar ve tsunamiler, volkanik gazlar, lav, volkanik depremler, şimşekler, toplum üzerinde çevresel ve ikincil etkiler ve ölümler. Yaklaşık 400 yıllık istatistik bir değerlendirmeye göre tüm ölümlü vakalarda ilk beş sırada sırasıyla, piroklastik akıntı (PDC), ikincil etkiler, tsunamiler, laharlar ve tefra yer almaktadır (Auker vd., 2013).

En ölümcül volkanik tehlike olan, bir saatte onlarca kilometreden yüzlerce kilometreye kadar hızla ilerleyebilen ve yüzlerce santigrat dereceye kadar ısıya sahip olan piroklastik akıntıya örnek olarak Mount St Helens piroklastik akıntısı verilebilir (Washington, ABD). 1980 senesinde, 5 şiddetinde gerçekleşen deprem-

le Mount St Helens'in dayanıksız olan kuzey yamacı aniden debris avalanj olarak çökmeye başlamış, volkan daha sonra püskürmüş ve piroklastik akıntı oluşturmuştur (Şekil 1). Sadece 4 dakikada 600 kilometre karelik alan mahvolmuş, volkandan 25 km uzağa kadar ulaşan piroklastik yoğun akıntı nedeniyle 56 kişi hayatını kaybetmiştir (Loughlin vd., 2015). Volkanın kuzeyinden itibaren 25 km'lik bölgede tüm bitkiler yok olmuş, yaklaşık 7000 hayvan telef olmuştur.

Lahar tehlikesi ile ilgili olarak ise Nevado del Ruiz örneği verilebilir. Orta ölçekli bir püskürmeyle tetiklenen piroklastik akıntı, volkanda bulunan buz tabakasının yaklaşık olarak %10'luk kısmını eriterek laharlar meydana getirmiştir. Beklenmeyen zamanda gerçekleşen bu çamur seli Armero ve Chinchina köylerinde yaklaşık 23.000 kişinin ölümüne sebep olmuştur (Şekil 2).

En sık görülen ve geniş alana yayılabilen, küçük-sivri cam ve kaya parçalarından oluşan volkanik küller, bütün volkanik püskürmelerle oluşabilir. Nadiren insan hayatını doğrudan tehlikeye sokan kül yağışı/tefra, birkaç mm kalınlıkta olsa bile toplum sağlığını tehdit eder ve kritik altyapı hizmetleri (içme suyu şebekesi, ulaşım ve gerekli diğer hizmetler gibi) ve hava yolu ulaşımını sekteye uğratar. Avrupa hava sahasının 5 haftadan fazla kapalı kalmasına sebep olan 2010 senesindeki İzlanda'daki Eyjafjallajökull püskürmesi buna örnektir. 17. yüzyıldan beri volkanik aktivite gerçekleşmemiş olan Montserrat volkanında 1995 senesinde lav akışları, çamur selleri ve kül yağışları gerçekleşmiş, ada halkı herhangi bir ölüm vakası yaşanmadan tahliye edilmiştir. Patlamalar birbirinden 20 dakika arayla gerçekleşmiş, kül ve buharlar 40 metre yükseğe kadar çıkmıştır. Volkanın zirvesinin batısındaki 4 km uzaklıktaki başkent Plymouth ve güney batıda yer alan köylere kül yağışı gerçekleşmiştir.

RİSK VE TEHLİKE KAVRAMLARI

AFAD tarafından hazırlanmış Afet Terimleri sözlüğüne göre:

Risk: bir olayın belirli koşul ve ortamlarda doğurabileceği can, mal, ekonomik ve çevresel

* Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, e-posta: bilge.karaman@mta.gov.tr



Şekil 1- Mount St.Helens, ABD, 1980 (USGS arşivi).

gibi değerlerin kaybının gerçekleşme olasılığıdır. Diğer bir deyişle; "risk = potansiyel kayıplar" veya "risk = tehlike x hasar görülebilirlik" tir.

Tehlike: belirli bir zaman veya coğrafyada ortaya çıkarak yaşamı tehdit eden, toplumun

sosyoekonomik düzen ve etkinliklerine, doğal çevreye, doğal, tarihi ve kültürel kaynaklara zarar verme potansiyeli olan doğa, teknoloji ya da insandan kaynaklanan fiziki olay ve olgudur. Diğer bir deyişle tehlike; doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olan ve fiziksel, ekonomik, sos-



Şekil 2- Nevado Del Ruiz volkanından kaynaklanan Lahar ve Armero kenti (USGS arşivi).

yal kayıplara yol açabilecek tüm olayları ifade eder.

Hasar görülebilirlik: Değişik türdeki yapıların farklı büyüklüklerdeki afetler karşısında hasar görülebilme eğilimi veya bir yapının var olan bir tehlikeden görülebileceği hasarına ilişkin ölçüdür.

Tehlike analizi; tehlike kaynağı, büyüklüğü oluş sıklığı, süresi ve olası etkileri ile ilgili bilgilerin toplanmasına yönelik çalışmasını ifade eder.

Tehlike değerlendirme: Belirli bir alan veya bölgede tehlikelerin büyüklük, tekrarlanma, olma olasılığı, belirsizlikler gibi özellikleri ile ortaya çıkarılmasına ilişkin değerlendirme çalışmasını ifade eder.

Tehlike haritası: doğa, insan ve teknoloji kaynaklı tehlikelerin muhtemel yaygınlık ve şiddet derecelerini ortaya koymak için, belirli kriterlere göre hazırlanmış haritadır.

TEHLİKE DEĞERLENDİRMESİ VE TEHLİKE HARİTALARININ ÖNEMİ

Tehlike değerlendirmelerinin yapılması, tehlike haritalarının üretilmesi ve bu haritaların etkin kullanımının önemini tarihteki olumlu ve olumsuz örnekleriyle göstermek belki de en etkili yöntem olacaktır. Daha önce bahsedildiği gibi, Nevado del Ruiz volkanının aktifleşmesiyle eriyen kar ve buz kütlelerince oluşan Laharlar/çamur selleri nedeniyle 1985 senesinde Armero kentinde yaklaşık 23.000 kişi hayatını kaybetmiştir. Lahar tehlikesi doğru olarak öngörülmüş ve haritalandırılmış olsa da, güvenilir uyarıların verilmesi için bu tür bir olayın ne zaman olacağı tam olarak tahmin edilememiş, yönetim erken tahliye ve yanlış alarm nedeniyle oluşacak ekonomik ve politik kaybı göze alamamıştır. Uyarı sisteminin kurulmuş ve aktif olması durumunda volkan püskürdüğünde felaketin muhtemelen önlenmiş olabileceği belirtilmektedir. (Dunkley vd., 2000). Bu örnekteki felaket kayıtlara, teknik yetersizlik, kusur ya da püskürmenin çok büyük olmasıyla değil, yanlış hüküm, kararsızlık ve bürokratik öngörüsüzlük örneği olarak geçmiştir. Endonezya'da Merapi volkanının Kasım 2010 tarihinde püskürmesi sürecinde neredeyse 400.000 insan bölgeden tahliye edilmiştir. Yine de 386 ölümün gerçekleştiği bu süreçte, hesaplamalara göre 10.000

ile 20.000 arasında kişinin hayatı erken uyarı sistemleri ve zamanında gerçekleştirilen tahliye çalışmasıyla kurtulmuştur.

Diğer doğal afetlerde olduğu gibi volkanik afetlerde de, afet önleme, hazırlıklı olma ve acil müdahale önlemleri aracılığıyla volkanik risklerin dereceleri azaltılabilir. Volkan bilimindeki gelişmelerle, örneğin ileri gözlem teknikleri, püskürme habercilerini daha iyi anlama ve daha kesin tahminler aracılığıyla daha fazla proaktif sakinim çalışmasıyla birlikte (çoğunlukla tahliye) toplumların zarar görme oranı düşürülebilir (Auker vd., 2013). Bu faaliyetlerin temelini tehlike değerlendirmeleri oluşturur ve tehlike değerlendirmeleri uzun vadede volkanik riskin azaltılmasında en etkili yöntemi sunan arazi kullanım planlamasının da temelidir. Güvenilir tehlike değerlendirmeleri volkanın jeolojik geçmişinin bilinmesine bağlıdır. Arazi kullanım planlamasının yanı sıra, tehlike haritalarınca sağlanan bilgiler sivil savunma planlarının geliştirilmesinde de önemlidir.

Volkanik tehlike haritaları sadece kendi alanında son ürün olarak düşünülmemelidir, yaygın risk azaltma sürecinin bir aracı yada bileşeni olarak görülmelidir (Dunkley vd., 2000). Aktif yada aktif olma potansiyeli bulunan volkanlarla ilgili tehlike haritalarının geliştirilmesi, risk altındaki topluluklarda risk azaltmada temel adım olarak kabul edilmelidir.

Her bir tehlike analizi, volkanın zamana bağlı olarak geçmişteki püskürme etkinliğinin volkanla ilgili arazi jeolojisiyle birlikte jeokimyasal tanımlama ve yaşlandırma ile birleştirilerek anlaşılmasını temel almalıdır. Bu aşamadan sonraki adım ise, anlaşılmış verilerle yapılan modelleme ve istatistiksel yaklaşımları içerir. Burada modelleme ve istatistiksel analiz uzmanlarıyla arazi bilim insanlarının bir araya getirilmesi önemlidir.

Doğal tehlikeler konusunda, belli bir dönemde bir tehlike nedeniyle olumsuz etkilenmiş olma ihtimali olan alanları ifade eden "Tehlike Ayaklıları" kavramı önemlidir. Tehlikelerin değerlendirilmesi de bu nedenle genellikle harita olarak şekillenir (Loughlin vd., 2015). Volkanik tehlike haritaları; tefra (kül) yağışı, lavlar, piroklastik akıntı, laharlar ve debris avalanjlari içeren tehlike grupları hakkında bilgi sağlar (Calder, vd., 2015). Her tehlike türünün ayaklıları de sırasıyla, atmosfere püskürme olup olmamasına ya da volkandan uzağa toprak yüzeyi boyunca

ilerleyen akışların oluşup oluşmamasına bağlıdır. Her bir tehlike türü için tehlike ayak izinin boyutunu ise, volkanik olayın büyüklüğü (hacmi) ve yoğunluğu (deşarj oranı) belirler. Tefra tehlikesi diğer sayılan tehlikelerden etki alanının farklı olması nedeniyle ayrılmaktadır. Tefra, rüzgar ve püskürmeyle yayılan parçacıkların boyutlarına bağlı olarak yakınsal ya da bölgesel ve olağanüstü boyutta küresel etkilere sebep olabilmektedir. İzlanda da 2010 senesinden Eyjafjallajökull püskürmesi buna en iyi örnektir. Binlerce kilometreye yayılan volkanik kül nedeniyle volkanik tehlike küresel boyuta ulaşmıştır. Diğer tehlikeler ise, volkandan 100 km uzaktaki direnajsız ulaşma kapasitesindeki mobil olan türlerle-laharlar ve piroklastik yoğunluk akıntıları, volkanın yakın çevresini etkiler. Potansiyel tehlike ayakizleri genellikle, toplumsal riskin hesaplanması amacıyla, tehlikeye maruz kalan nüfusu tanımlamak için nüfus verileriyle birleştirilir. Aynı şekilde tehlike ayakizleri, tehlikeye maruz kalan varlıkların; binalar, kritik altyapılar, çevre, ekosistem vb, tespit edilmesi için de kullanılır. Aşağıda yer alan görsellerden şekil 3 ve şekil 4, tehlikeye maruz kalan nüfus ve alt yapıların tespit edilmesi için hazırlanmış haritalara, şekil 5 ise volkanik kül tehlikesine maruz kalan unsurların gösterildiği haritaya örnektir.

VOLKANİK TEHLİKE HARİTALARI NASIL OLMALIDIR? TEHLİKE HARİTA ÇEŞİTLERİ NELERDİR?

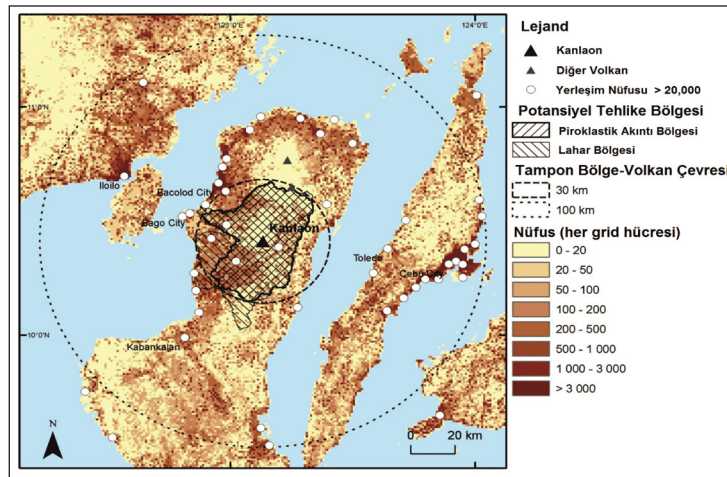
Volkanik riskte tehlike haritaları, tehlikelerle ve olası etkilerle ilgili farkındalığı artırmak, plan-

lama yapmak, acil durum yöneticilerine riskten sakınım konusunda yardımcı olmak gibi bir çok amaçla kullanıldığı için, volkanik tehlike haritalarının yerbilimci olmayan kişilerce anlaşılabilir olması, planlama, risk değerlendirme ve sivil savunmaya uygun bilgileri içermesi oldukça önemlidir. Volkanik tehlike zonlama haritaları aşağıdaki temel bilgileri içermelidir (Dunkley ve Young, 2000):

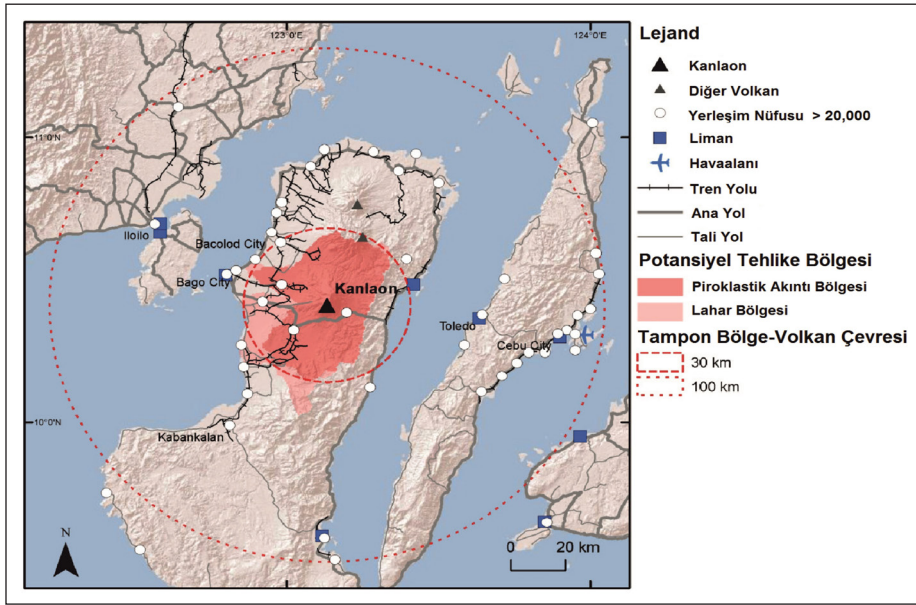
- Her bir volkanik tehlikenin tehtidi altında bulunan alan ya da kuşak/zon
- Her bir tehlike bölgesinde belli bir zaman içerisinde meydana gelen tehlikeli olayların olasılığı/frekansı
- Her bir tehlike bölgesinde tehlikeli olayın beklenen yoğunluğu

Tehlike Haritaları, yoğun olarak kullanılan beş grupta toplanmıştır (Clader, vd., 2015). Bunlar; Jeoloji Temelli Haritalar, Bütünleşik Niteliksel Haritalar, Tehlike Modelleme Haritaları, Tehlike Olasılık Haritaları, Yönetimsel Haritalar'dır (Şekil 6).

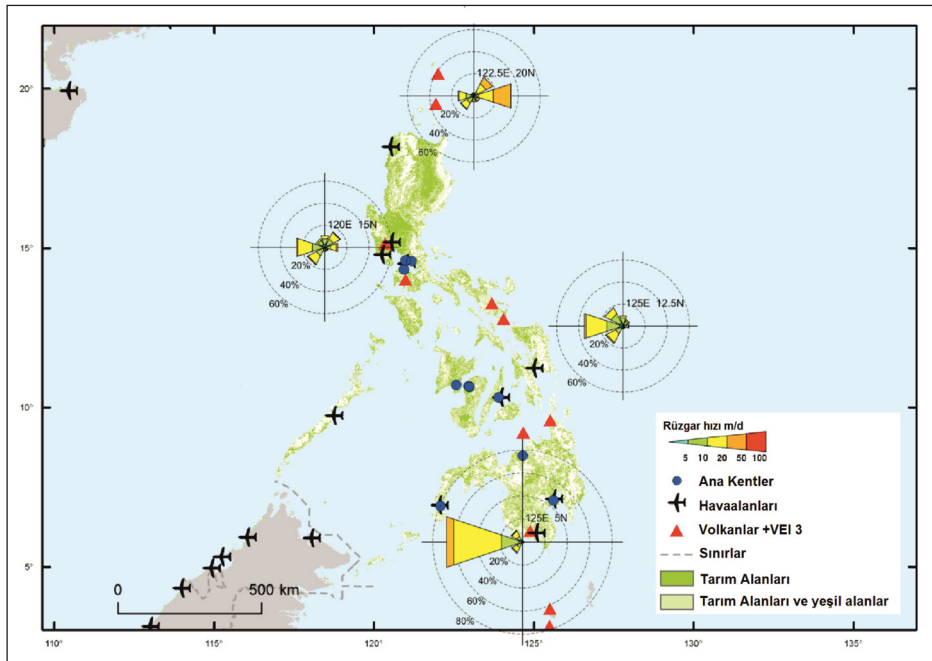
Jeoloji temelli tehlike haritalarında haritalanmış olan tehlike ayakizleri, belli türdeki olayların geçmişte gerçekleşmesiyle doğrudan ilgilidir. Bu tür haritalardaki en büyük kısıt, jeolojik kayıtların geçmişte gerçekleşmiş olayları yansıtmamasıdır. Bütünleşik niteliksel haritalarda ise mümkün olan tüm bilgiler birleştirilir ve sonuç olarak basit ve genelde iç içe geçmiş tehlike zonları oluşturulur. Bu tip hari-



Şekil 3- Potansiyel tehlike ayakizi zonlarının nüfus yoğunluğu haritasıyla birleştirilmesi örneği. Kanlaon-Filipinler. (Aspinal, vd., 2011).



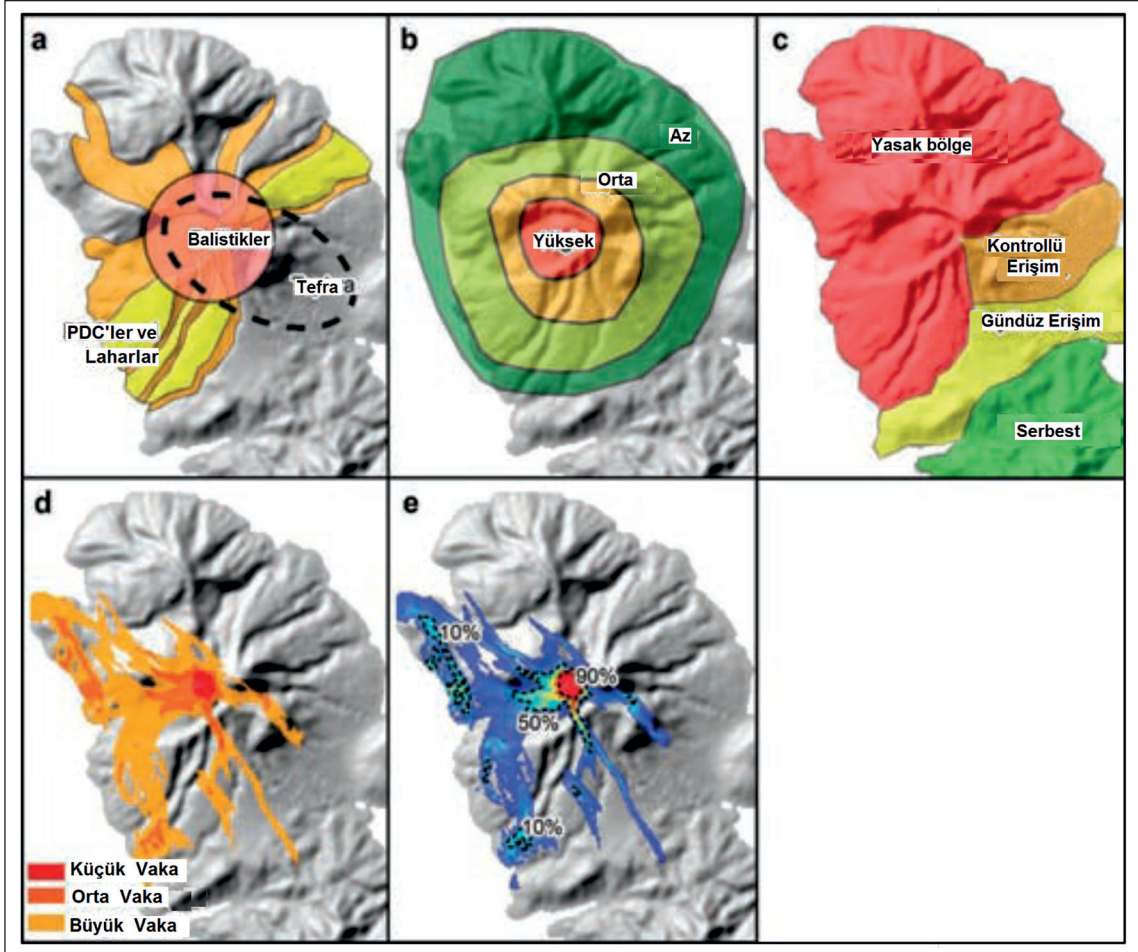
Şekil 4- Potansiyel tehlike ayakizi zonlarının nüfus altyapı haritasıyla birleştirilmesi örneği. Kanlaon-Filipinler (Aspinal, vd., 2011).



Şekil 5- Kül tehlikesine maruz kalan unsurları, baskın rüzgar yönlerini ve hızlarını içeren rüzgar gülleriyle gösteren harita- Filipinler. (Aspinal, vd., 2011).

talarda bilgi jeolojik temelli veya modelleme sonucunda elde edilmiş olabilir. Basit oldukları için bilgilendirme için oldukça etkili haritalardır. Tehlike modelleme haritaları ise genellikle tek bir tehlike türü için senaryo tabanlı uygulama sonuçlarını içermektedir. Tehlike Olasılık haritaları, genellikle tek bir tehlike için olasılıksal bilgisayar simülasyonu uygulaması temel alınarak hazırlanır. Tek bir tehlike için hazırlanması,

yorumlamak ve bağlantı kurmak için karmaşık olması, simülasyon araçları veya modele girilen parametrelerle ilgili belirsizlikler içermesi bu haritaların temel kısıtları arasında sayılabilir. Yönetimsel tehlike haritaları ise tehlike dağılımlarını göstermez, ancak, bunun yerine tehlike seviyeleriyle yönetimsel ihtiyaçları birleştirir ve özellikle acil durum yönetimine yardımcı olması için geliştirilir.



Şekil 6- İnceleme sonucu belirlenmiş, yoğun olarak kullanılan beş volkanik tehlike haritası türü a) jeoloji temelli haritalar, b) bütünlük niteliksel haritalar, c) yönetimsel haritalar, d) tehlike modelleme haritaları, e) olasılık haritaları.

DEĞİNİLEN BELGELER

AFAD Afet Terimleri sözlüğü <https://aats.afad.gov.tr>

Aspinall, W., Auker, M., Hincks, T.K., Mahony, S., Nadim, F., Pooley, J., Sparks, R.S.J., Syre, E. 2011. Volcano hazard and exposure in GFDRR priority countries and risk mitigation measures – GFDRR Volcano Risk Study. Bristol University Cabot Institute and NGI Norway for the World Bank: NGI Report 20100806, Bristol, 3 Mayıs 2011.

Auker, M. R., Sparks, R. S. J., Siebert, L., Crossweller, H. S., Eweart, J. 2013. A statistical analysis of the global historical volcanic fatalities record. *Journal of Applied Volcanology*, 2, 1-24.

Calder, E.S., Wagner, K., Ogburn, S.E. 2015. Volcanic hazard maps. In: S.C. Loughlin, R.S.J. Sparks, S.K. Brown, S.F. Jenkins & C. Vye-

Brown (eds) *Global Volcanic Hazards and Risk*, Cambridge: Cambridge University Press.

Loughlin, S.C., Vye-Brown, C., Sparks, R.S.J., Brown, S.K., Barclay, J., Calder, E., Cottrell, E., Jolly, G., Komorowski, J-C., Mandeville, C., Newhall, C., Palma, J., Potter, S., Valentine, G. 2015. An introduction to global volcanic hazard and risk. In: S.C. Loughlin, R.S.J. Sparks, S.K. Brown, S.F. Jenkins & C. Vye-Brown (eds) *Global Volcanic Hazards and Risk*, Cambridge: Cambridge University Press

Dunkley, P.N.; Young, S.R.. 2000 *Volcanic hazard mapping for development planning*. Nottingham, UK, British Geological Survey, 163pp. (WC/00/020)

<https://www.usgs.gov>