

Afetlerden Sonra Kirlilik ve İkincil Kirliliği Afet Olarak Değerlendirmek İçin Bir Tartışma

Sevda ÖZEL*¹ 

*Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Sivas, 58140, Türkiye

Araştırma Makalesi, Geliş Tarihi: 23.07.2020, Kabul Tarihi: 19.08.2020

Özet

Afetler, özellikle büyük doğa olaylarından sonra veya yapay ya da antropojenik sebeplerle oluşabilirler ve birden çok çevresel sorunlara sebep olabilirler. Bu olaylar sırasında, kentlerdeki atık uzaklaştırma işlemlerinin ilgili yönetimlerde ve sanayilerde yapılamaması durumunda, kirlilik ve ikincil kirlenme afetleri ortaya çıkabilir. Bu afetler ani olarak gelişebilirler, büyük bir alanı etkileyebilirler, tekrar oluşabilirler, çevresel sorunlara dönüşebilirler ve ikincil kirlenmeye kaynak oluşturabilirler. Ortaya çıkan katı-sıvı-gaz kirleticilerin, sızma-yağış-sel-rüzgar etkisiyle taşınarak, çevre felaketlerine temel sebepler ve kaynaklar oluşturduğu bilinmektedir. Bu nedenle bilinen afetlere ve sorunlara karşı geliştirilen hazırlıklara, kirlilik ve ikincil kirlenme afetleri konusunun da eklenmesi gerektiği gözlenmiştir. Bu afetlerde, katı-sıvı-gaz kirleticilerin daha az bir etkileme alanı oluşturmasına ya da yayılımının durdurulmasına yönelik yeni hazırlıklar yapılması gerektiği düşünülmüştür ve önerilmiştir. Bu konuda, toplum bilinçlenmesine yönelik yeni çalışmalar, planlamalar ve eğitimler tasarlanarak, riskler belirlenmeli ve önlemler alınmalıdır. Çünkü yaşam ortamları ve yaşamsal kaynaklar sürdürülebilir olmalıdır ve sürdürülebilir toplumsal refahın ve çevrenin korunması için bu gereklidir. Bu çalışma ile kirlilik ve ikincil kirlenme bir afet türü olarak kabul görürse, çalışma hedefine ulaşmış olur. Böylece hedeflenen farkındalık oluşabilir, riskleri öngörülebilir ve başka çalışmalar için bir kaynak olabilir.

Anahtar Kelimeler: Afetler, Kirlilik-ikincil kirlenme, Sürdürülebilirlik, Çevre koruma.

A Discussion on the Assessment of Pollution and Secondary Pollution as Disasters After Disasters

Abstract

Disasters can also be occurred especially after major nature events or artificial or anthropogenic event, and cause the multiple environmental problems. During these events, pollution and secondary pollution disasters may occur if the waste disposal processes in cities cannot be carried out by the relevant administrations-industries. These disasters can develop suddenly, affect a large area, re-occur, turn into environmental problems and cause secondary pollution. It has been known that the solid-liquid-gas pollutants transported under the influence of infiltration-precipitation-flood-wind, creating causes and resources that will be the basis for environmental disasters. Therefore, it has been observed that the issue of pollution and secondary pollution disasters should be added to the preparations developed against known disasters and problems. In these disasters, it was thought and suggested that new preparations should be made for the solid-liquid-gas pollutants to create a less impact area or to stop their spread. The new studies, planning and trainings for public awareness should be designed, risks should be determined and measures should be taken. Because living environments and vital resources must be sustainable. This is essential for sustainable social welfare and environmental protection. As a result, if pollution and secondary pollution are accepted as a disaster type with this study, the study will reach its target. Thus, the targeted awareness can be created, its risks are predictable and it can be a source for new studies.

Keywords: Disasters, Pollution-secondary pollution, Sustainability, Environmental protection.

¹Sorumlu yazar sozel@cumhuriyet.edu.tr

1. GİRİŞ

Günümüzde, özellikle gelişmiş ülkelerde, kirlilik afet türleri için bilimsel ve toplumu bilinçlendirme çalışmaları ve hazırlıkları yeterli olsa da bazen tüm bilgi, dikkat ve önlemlere rağmen bu sınırları aşan doğa (deprem, heyelan, tsunami, volkanizma, sel gibi) ve yapay kaynaklı (santral/tehlikeli madde tesisi patlamaları, petrol/radyoaktif madde sızıntıları, kimyasal yangınlar) afetler yaşanmaktadır. Afetlerden etkilenme, bazen de antropojenik (insan kaynaklı) nedenlerle, uygulamada yönetmeliklere uyulmaması veya mevcut yönetmeliklerin değişen koşullara göre zamanında güncellenmemesi nedeniyle de olmaktadır. Bu nedenle bu olaylar sonrasında ortaya çıkan yapı hasarlarıyla ve suyla, çamurla, gaz bulutu veya yağış, sel ve rüzgar etkisiyle gelen yada taşınan kirlleticiler, çevresel etkileri ve riskleri olan büyük-orta-küçük ölçekte alanları etkileyerek, çeşitli türde çevre felaketlerine temel sebepler oluşturabilmektedirler. Çeşitli çevre sorunu da oluşturan bu olaylar, özellikle 1990'lı yıllardan sonra bilimsel araştırmalardaki disiplin çeşidinin de artmasıyla, çok sayıda araştırmaya konu olmayı sürdürmüştür. Özellikle toprak, yer altı-yer üstü suları, hava, hidrokarbon, nükleer-radyoaktif sızıntı, vadoz zon kirlilikleri başta olmak üzere bu konularda yer bilimcilerin çok sayıda çalışma örnekleri Reynolds (1997) ve Rubin ve Hubbard (2005)'in çalışmalarından incelenebilir. Benzer olarak toprak ve su kirliliği, çevresel izleme ve planlama çalışmaları için Karlık ve Kaya (2001), Özürlan ve Çekirge (2007), Özel (2010), Özel vd. (2017) ve Özel (2018) vardır. Diğer disiplin alanlarında ise yine çok sayıda çalışmalar bulunmakta olup, bu makale için afetler kaynaklı çeşitli kirlililerin boyutlarını ve türlerini inceledikleri Silva ve Weerapperuma (2006), Yalçın vd. (2007), VanMeir (2009), Takada (2014) ve Bellonova vd. (2020)'nin çalışmaları örnek verilebilir. Kirlilik ve ikincil kirlenmenin de bir afet türü olarak tanımlanacağı bu makalede, afet ve çevresel sorun olarak yakın zamanda iki büyük olay yaşanmıştır. Birinci olayda, yakın zamanda Türkiye'de bir havai fişek fabrikasında (3 Temmuz 2020, Sakarya/Türkiye) bir patlama oldu ve sonrasında ortaya çıkan yangında insanların yanı sıra önce patlama nedeniyle ve sonrasında yangının da büyümesiyle birlikte büyük bir alanda çevre ve canlı yaşamının olumsuz etkilendiği gözlenen bir afet yaşandı. Gürültü, koku, hava ve görüntü kirliliği sonrasında maddi ve manevi kayıplarla birlikte patlamanın etkisiyle çevreye yayılan gaz sızıntıları ve yangın kaynaklı dumanın insan ve diğer canlıların yaşamını olumsuz etkilediği gözlemlendi. Bu tür bir kirlilik kaynağının etkileri toprak, su ve bitkilerdeki kalıntılarla

uzun bir zaman bu bölgede etkisini gösterebilir. Uzun yıllar sürecek bu etkiler, geçmişte yaşanan büyük Sumatra depremi ve tsunamisi gibi doğa olayları sonrasında veya yapay ve antropojenik (insan) kaynaklı olaylar sonrasında Çernobil, Hiroşima, Fukuşima, gibi büyük felaketlerde de hep gözlenmiştir (Bogdevitch, 2002; Szcuciński vd., 2005; Silva ve Weerapperuma, 2006; Yablokov vd., 2009; Kashparova vd., 2012; Chartin vd., 2013; Takada, 2014; Chandrappa ve Kulshrestha, 2015; Bellonova vd., 2020). Bu araştırmalarda, özellikle Çernobil felaket bölgesine yakın Avrupa ülkelerinde ve Türkiye'nin kuzeyinde yaşayan insanlarda kanser ve genetik bozukluk hastalıklarının arttırdığı, bu ve diğer felaketlerde toprak, su ve bitkiler üzerindeki çevresel etkilerinin (toprak, hava ve sulara gaz ve sıvı kimyasal madde sızıntıları, yine toprak su ve denizlere karışan farklı boyutlarda katı maddeler, radyasyon, vb.) devam ettiği bildirilmiştir. Havai fişek fabrikasındaki patlama olayına benzer yeni bir olay ise yaklaşık bir ay sonra, yine yönetmeliklerle belirlenen uygun depolama ve taşıma koşullarına uyulmayan bir amonyum nitrat (NH_4NO_3) deposunun patlaması (5 Ağustos 2020, Beyrut/Lübnan) ile yaşanmıştır. Benzer afet ve çevresel sorunların yaşandığı ve gözlemlendiği bu patlamanın etkisiyle, canlı yaşamını olumsuz etkileyecek oranlarda zehirli gaz sızıntıları olduğu da gözlenmiştir. Maddi ve manevi kayıpların yanı sıra kaza yaşanan tesisin yakın çevresini ve deniz kenarında olması sebebiyle denizel ortamı da etkileyecek katı-sıvı gaz kirleticilerin yayıldığı gözlenmiştir. Bu nedenle, bu ani gelişen aşırı yada kısmen kirlenme olayları için de yine ülkelerin yeni planlamalar yapılması konusunda, bilimsel ve toplumu bilinçlendirme olarak çalışmaları ve hazırlıkları önemli olmaktadır. Dolayısıyla bilinen afetlere karşı geliştirilen ve öğrenilen hazırlıklara kirlilik afeti konusu da eklenebilir.

Bu makalede ikincil afet türü olarak tanımlanan kirlilik ve ikincil kirlenme afetleri için katı-sıvı-gaz atıkların (kirleticilerin) yerel ve bölgesel ölçekte acil müdahale ile daha az bir etkilenme alanı oluşturması ya da yayılımının hızla durdurulması yönünde hazırlıklar yapılması gerektiği ileri sürülmüştür. Aynı şekilde doğal afetlerde olduğu gibi bu konuda da toplum bilinçlenmesi oluşturulması gerektiği gözlenmiştir. Bu nedenle yapılacak çalışmalar, risklerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması için önemlidir. Çünkü yapılacak çalışmalar, sürdürülebilir yaşam ortamlarının yanı sıra yaşam için gerekli kaynakların sürdürülebilir olması ve sürdürülebilir toplum refahını korumak ve çevre korumada başarılı olmak için de gerekli olacaktır. Bu konuda örneğin depremlerden önce ve sonra kentsel

dönüşüm, kent ve deprem/afetler konulu seminer/sempozyumlar/çalıştaylar ve toplantılar yapılmaktadır. Bunlardan biri de yaklaşık 20 yıldan fazladır her yıl tekrarlanan Türkiye'nin Afet Risk Yönetimi Yuvarlak Masa Toplantısı ile konuya dikkat çeken bu toplantıdır. Bu toplantı gibi diğer seminer, sempozyum ve çalıştaylarda kaynağı doğa olaylarına veya riskli işletmelere bağlı olarak ortaya çıkan çevre sorunları, bu makalede genel olarak yeniden düzenlenen ve özetlenen izlencedeki konu başlıkları temel alınarak kirlilik afetleri tartışılmıştır (www.odtu.edu.tr, 2019).

- *doğal/insan kaynaklı ve teknolojik afetlerin çevresel etkileri,
- *deprem, volkanik patlama, tsunami, fırtına, hortum, kuraklık, küresel ısınma ve küresel iklim değişikliği,
- *afet risk yönetimi, zarar azaltma/sakınım planları,
- *kentsel planlama ve kentsel dönüşüm projeleri, çevre kirliliği, tehlikeli atıklar,
- *tehlike ve hasar görebilirlik modelleri, afet risk analizi, erken hasar tahmini,
- *temel afet eğitimleri, afetlerle başa çıkabilme bilincini artırma,
- *kapsayıcı afet risk azaltma ve özel gereksinimli bireyler.

Bu başlıklar bu makalede, ikincil afet türü olarak adlandırılan kirlilik afetinin ve algısının oluşmasına-artmasına yönelik konulara temel oluşturacak şekilde kirlilik afetini açıklamak için incelenirken, aynı zamanda yeni ikincil kirlenme afetinin kaynakları olarak da tartışılmıştır.

2. AFET VE KİRLİLİK

2.1. Afetlerden Sonra Kirlilik ve Çevresel Sorunlar

Günümüz bilgi ve önlemlerine rağmen hala doğal ve yapay kaynaklı afetlerden sonra ya da kentsel yaşam gereği olan endüstri ve sanayi kaynaklı insan faaliyetleri sonucunda, maddi-manevi kayıplar ve ciddi çevre sorunları yaşanmaktadır. Bilindiği gibi kaynağı ve türü ne olursa olsun kirlilik konusu önemli bir çevre sorunudur ve günümüzde her türlü yasal önlemlere, uyarılara, kirlilik uzaklaştırıcı bilimsel ve teknolojik gelişmelere rağmen hala gittikçe artan bir sorundur. Dolayısıyla ister küresel ölçekte ister bölgesel ve yerel

ölçekte olsun, deprem, volkanizma, tsunami, sel gibi doğa olaylarından sonra veya endüstri ve sanayi kaynaklı olsun, kentsel yaşam ve yapılaşma alanlarından kaynaklanan ikincil bir afet yaşanmaktadır. Bu afet kirliliktir ve yeni bir ikincil kirlenme için de kaynak oluşturabilir. Bu ikincil afet durumu, ani olarak ve büyük ölçekte bir alanı da etkileyebilir. Diğer yandan etkilediği alan başlangıçta küçük olsa bile çok kısa bir zaman içinde bulunduğu girişim alanları yerlerinden hızlı bir yayılımla daha geniş bir etkileme alanı da oluşturabilir. Bu ikincil afet türü, ilk aşamada bir anda ortaya çıkan hava, su, toprak, koku ve görüntü kirliliği olayı olabilir. Ancak doğa olayları sonrası ortaya çıkan kirlilik afeti, yapay yollarla da oluşabilir. Bunlar santral patlamaları, petrol/radyoaktif madde sızıntıları, kimyasal yangınlar (petrol-kimya üretim tesisi yangını, maden kazaları vb.), toplumsal çatışma ve kargaşa dönemindeki sorunlar kaynaklı olabilir. Dolayısıyla sebebi ne olursa olsun doğal ya da yapay kaynaklı kirlilik ve ikincil kirlenme afetleri ortaya çıkabilmektedir. Her ne kadar tüm bu bilinen sorunlar için başlangıçta her türlü önlem alınmış olsa da, aktif deprem kuşakları üzerindeki ülkelerde büyük depremler, okyanus veya denizlere kıyısı olan ülkelerde depremlerden sonra tsunami felaketleri, aktif volkanizma yaşanan ülkelerde (örneğin İzlanda ve Pasifik bölgesi ada ülkelerinde) zaman zaman volkanların faaliyete geçmesi ile volkan karakterine göre yoğun dumanlı kötü hava koşulları (hava ve deniz ulaşımını da etkileyen), patlama kaynaklı parçalanmış kaya ve kül yağışları veya akma şeklinde çamur volkanları felaketleri (örneğin Hawaii volkanlarında olduğu gibi) ya da nükleer santral patlamaları, petrol ve kimyasal yangın olayları afetlere sebep olmuştur ve olmaya da devam edecektir. Ancak bir sınıflandırma yapılacak olursa, bu afetler üç grupta toplanabilirler:

Birinci grup afetler: Doğa kaynaklı deprem, heyelan, tsunami, volkanizma, fırtına, sel gibi doğa olaylarından sonra bunlardan kaynaklanan kirlilik ve çevre sorunları. Doğa olayları en sık karşılaşılan olaylardır ve etki alanı afet türüne göre bazen çok büyük bir alanda etkili olabilir. Şehirleri, ülkeleri, bazen bir kıtanın büyük bir bölümündeki yaşamı ve yaşam alanlarını bile etkileyebilir (örneğin; Sumatra (Endonezya) depremi ve tsunamisi, büyük Marmara (Türkiye) depremi).

İkinci grup afetler: Yapay kaynaklı santral patlamaları, kimyasal yangınlar ve sızıntı kaynaklı nükleer, petrol ve benzeri kimyasal olayların yarattığı afetler ve bunlardan kaynaklanan kirlilik ve çevre sorunları. Bu sorunlar aynı zamanda toprak ve su kirliliği kaynaklı besin, su ve tür döngüsünün bozulmasındaki en önemli sebeplerindendir

(örneğin; Çernobil (Ukrayna) ve Fukuşima (Japonya) santrali patlamaları, Meksika körfezi petrol sızıntısı ve yangınları).

Üçüncü grup afetler: Özellikle iç savaşlar, terör, ekonomik kriz ve kötü yönetilme dönemlerinde atık uzaklaştırmada yerel yönetimlerde, sanayilerde, ülke/ülkeler genelinde yaşanan sorunlar nedeniyle kentlerde atık uzaklaştırma düzeninin bozulması, engellenmesi, geçici yapılamaması ya da yeterli arıtma tesisi bulunmaması, sanayilerde katı-sıvı-gaz arıtma yapılmadan atıkların doğaya terk edilmesi ile ortaya çıkan kirlilik ve çevre sorunlarıdır (örneğin; Ortadoğu, Balkanlar ve Afrika'da uzun yıllar süren savaşlarda kullanılan çeşitli savaş malzemeleri kaynaklı gaz ve katı kimyasal atıklar).

Bu sınıflandırmalar gösteriyor ki doğa ya da yapay kaynaklı olaylar yeni bir afete de sebep olabilir. Bu olayların, ani olarak ya da uzun bir süreçte yukarıda anlatılan ve tartışılan nedenlerden dolayı gelişip oluştuğundan sonra özellikle su ve toprak kirliliği başta olmak üzere çeşitli kirlilik türlerine kaynak oluşturabildikleri belirlenmiştir (Bugai vd., 1996; Reynolds, 1997; Karlık ve Kaya, 2001; Rubin ve Hubbard, 2005; Çetiner vd., 2006; Yalçın vd., 2007; Rucker ve Fint; 2007; VanMeir, 2009; Rucker vd, 2009c; Takada, 2014; ADÜTEM, 2015; Özel vd., 2017; Bellonova vd., 2020). Bu çalışmalarda incelendiğinde, doğal ve yapay kaynaklı afetlerden sonra veya insan kaynaklı olarak toprak, yer altı suyu/yüzey suları, maden işleme atık havuzlarıdaki sızıntı kirliliği ve termal sulardaki kirlilik afetlerinin ikincil kirlenme afeti için de kaynak oluşturabileceği gözlenmiştir. Bu nedenle iki kirlilik afetinin de tartışılmasının önemli olduğu düşünülmüştür. Bu anlatılanlara göre kirlilik afeti, ikincil bir afet olarak kabul edilirse, bu afetin kirlenme kaynakları doğal ve yapay kaynak olarak basitçe aşağıdaki gibi gruplandırılabilir.

1. Deprem, volkanizma, tsunami, hortum, fırtına, sel, iklim değişikliği gibi çeşitli doğa olayları ile ortaya çıkan ikincil afet olarak kirlilik. Bu olaylar kaynaklı kirlilikte, doğa olayının türüne bağlı olarak kirlilik kaynağı/kaynakları farklı olacaktır. Özellikle bu doğa olayları sonucunda kentsel ortamlarda veya farklı yapılaşma alanlarında (yol, köprü, baraj, tesis) çeşitli yapay atıklar da oluşarak, bunların hepsi toprak, hava, su, koku, görüntü ve gürültü kirlilikleri yaratmaktadır. Böylece ikincil bir afet oluşmakta, bu afet kirliliktir ve bundan ikincil kirlenmeye de kaynak oluşabilir (örneğin büyük Marmara depreminden sonra hasar gören altyapı sistemleri ve sanayi tesislerinden

sızan gaz ve sıvılarla toprak, yer altı suları ve yüzey suları kirliliği, kentsel yapılaşma kaynaklı katı-sıvı-gaz kirlenmelerle deniz kıyısı boyunca deniz kirliliği ve jeotermal kaynaklar yakınında gelişen termal kirlenmeler).

2. Maden ocakları, petrol, kömür, doğalgaz, jeotermal enerji çıkarma/üretim/işleme alanlarında ortaya çıkan organik-inorganik sıvı-katı-gaz kirlenmeler ile ortaya çıkan ikincil afet olarak kirlilik.

Bu kirlilikler çoğunlukla doğal kaynakların çıkarıldığı sahelerde, çıkarılan metalik/metalik olmayan madenin atıkları, ağır metaller, radyoaktif elementler, hidrokarbonlar, sıcak sulardan kaynaklanan kirlenmelerdir. Bunlar doğrudan katı-gaz atıklar veya sıvı ile birlikte yer alan atıklar ve radyoaktif atıklardır. Ya da bu alanlarda oluşan ani bir heyelan, patlama, atmosferik olay, yangın gibi olaylarla etkileşim olması durumunda da bu atıklar muhafaza edildiği ortamlardan veya depolardan sızarak da yer yüzeyinin üstünde ve altında veya koşullar oluştuğu takdirde daha derinlere ilerleyip yayılım göstererek çevre sorunu oluşturacak boyutta kirlilik sebebi olabilirler. Çünkü bu ürünlerin işlendiği riskli işletmelerdeki atıklar doğru yöntemlerle uzaklaştırılmadığı, işletme yer seçimlerinin zamanında doğru yapılamaması, veya sorunlu arıtma tesisleri olması ya da hiç arıtma tesis olmaması gibi kirlilik yaymayacak önlemler alınmadığı takdirde risk oluşturan ikincil afet sebebi kirlilik kaynaklarına dönüşebilmektedirler (örneğin su-toprak-hava-görüntü-gürültü kirliliği sebebi Yatağan (Muğla) ve Tunçbilek (Kütahya) kömür santralleri, termal kirlilik yayan Aydın'daki jeotermal işletmeleri, su-toprak-hava-görüntü kirliliği sebebi Bergama-Ovacık (İzmir) altın madenindeki atık havuzu sızıntıları, su-toprak-görüntü kirliliği sebebi Ergene (Edirne) nehrine deşarj edilen sanayi sıvı atıkları).

3. Kaynağı farklı (örneğin, boru hatları, sanayi ve konut alanı vb. gibi her türlü alanda) büyük yangınlar, kimyasal/nükleer ve diğer kaynaklı patlamalar ve bu patlamalardan sıvı-gaz sızıntılarıyla ortaya çıkan ikincil afet olarak kirlilik.

Bu yangınlar veya patlamalar insan veya doğa kaynaklı bir orman yangını olabileceği gibi konutsal alanlar, işletmeler/çeşitli amaçlar için kullanılan üretim tesisleri ya da boru hatlarındaki çeşitli sebeplerle ortaya çıkan yangınlar veya ani patlama kaynaklı oluşan yangınlar ve sızıntılar da olabilir. Bunun sonucunda farklı kaynaktan/kaynaklardan bir kirlilik afeti oluşabilir ve oluşmaktadır. Bu afet, zamanında yeterli veya başarılı bir müdahale olamaması durumunda yine ikincil bir kirlenme için kaynak da oluşturabilir (örneğin Batman

(Türkiye) bölgesindeki petrol kuyuları çevresinde ve boru hatlarındaki toprak ve yer altı sularına olan sızıntılar, Körfez savaşındaki (Irak) petrol kuyusu yangınları).

4. Toplumsal kargaşa dönemlerinde veya yanlış tarım ve sulama politikaları ile ortaya çıkan ikincil afet olarak kirlilik. Terör, gösteri, iç savaş, doğru atık yönetim sistemlerinin ve tesislerinin olmadığı yerlerde insan yaşamını etkileyen ve yapılaşma alanlarında veya hatlarında ortaya çıkan patlama, yangın, hava yoluyla canlı yaşamını etkileyen gazlar ve belediye hizmetlerinin durması ile evsel/endüstriyel vb. kaynaklı olarak kirlilikler ortaya çıkabilir. Bu afet, zamanında yeterli veya başarılı bir müdahale olamaması durumunda yine ikincil bir kirlenme için de kaynak oluşturabilir. Diğer bir durum ise toprak ve su kaybına sebep olan, tuzlanma, korozyon, kuraklık, toprak ve su kirliliği gibi çevre sorunları ile ortaya çıkan kirliliklerdir. Aşırı pestisit kullanılması, verimli alanlara ya da kullanılabilir ve içilebilir temiz su kaynaklarına kirli su girişi, hava kirliliği gibi sebeplerle, toprak ve su kalitesinin bozulmasına sebep olacak yerel ve bölgesel bir afet oluşması ile ortaya çıkan afet ve bu afet kaynaklı ikincil bir kirlenme oluşabilir (örneğin Atatürk Barajı ile başlayan aşırı sulama ile ve Konya Ovası'nda sulu tarıma geçişle başlayan tarım arazilerinin tuzlanması ile toprak kirliliği).

Dolayısıyla bu olayların olabileceği bölgelerde oluşacak bir veya birden çok doğa olayının veya yapay kaynaklı ya da insan kaynaklı (antropojenik) olayların türüne/türlerine bağlı olarak halkın eğitimi/bilgilendirilmesi bu yönde yapılmalıdır. Başka bir ifadeyle, doğa olayı çoğunlukla bilinen olaylardır ve tüm bilinen önlemlerin alınmasına ve hala geliştirilmekte olan bilimsel önleme yöntemlerine rağmen, patlama, yangın, gaz-sıvı sızıntısı gibi tehlike yaratacak olayların olabileceği işletme veya tesisler de bellidir ve bilinmektedirler. Bu nedenle halk, bu doğa olaylarının veya riskli santral/işletme/tesislerin varlığını, yerini, yaratabileceği tehlikeleri ve acil durumlarda ne yapmaları gerektiğini iyi bilmelidir. Yerel yönetimler ve halk bu konuda her zaman yeterli ve hazırlıklı olmayı sürdürebilmelidir. Böylece günümüzde çevremizde gittikçe artan ve geniş bir alanı etkileyen toprak-su-hava kadar insan ve diğer canlı yaşamını etkileyen afetlerin etkisinin ve çevre sorunlarının azalmasına katkı sağlanabilir.

2.2. Çevresel Etki ve Risk Çerçevesinde Kirlilik ve İkincil Kirlenme Afetleri

Yıllardır artarak devam eden çevresel sorunlar incelendiğinde, olaylar sonrasında toprak, yer altı-yer üstü suları ve atmosfer içindeki kirletici maddelerin ve bitkilerdeki kalıntıların devam ettiği ve çevre ve canlı yaşamında olumsuz etkileri olduğu, hep gözlenmiş ve çeşitli disiplinlerde giderek artan bilimsel araştırmalara konu olmayı sürdürmüştür. Bu nedenle kirlilik olayının ani gelişen ve kısa sürede olumsuz etkileri ortadan kalkan bir sorun olmadığı artık iyi anlaşılmalıdır. Günümüzdeki devam eden çevre sorunlarının kaynağında hep kirlilik yayılımının ve ikincil kirlenme olaylarının devamlılığı olduğu düşüncesine kanıtlar vardır. Çünkü kirletici kaynaklar ve kirleticiler yönetmeliklerle belirlenen uzaklaştırma esalarına uyulmadığı sürece kirlilik yayılımı ve olumsuz etkileri devam edecektir. Buna paralel olarak kirleticiler yayılmasını sürdürürken, yayıldığı alanlarda madde dönüşümleri için gerekli ham madde kaynakları olduğu sürece, ikincil kirlenme için kaynak oluşturmaya da devam edecektir. Bilindiği gibi maddeler katı-sıvı-gaz olsun, toprakta, yeraltı-yerüstü sularında, atmosfer koşullarında, özellikle beslenme zinciri içerisindeki bitki ve hayvan bünyelerinde belli oranlarda bulunmalıdır. Eğer bu oranlar dışında bulunursa, insan ve diğer besin zincirindeki canlıların sağlığı olumsuz etkilenecektir. Çevresel ortamlarda ise doğal arıtma yapmayı engelleyecek oranlarda bu maddelerin su ve toprak ortama deşarj edilmesiyle, toprağın verimsizleşmesine, su veya hava kalitesinin bozulmasına ve ekosistemi bozan türlerin yok olmasına veya göç etmesine gibi sorunlarına sebep olacaktır. Bu nedenle günümüz çevre sorunlarının temeli kirlilik, kirlilik kaynağı olma riski taşıyan tesisler ve ikincil kirlilik kaynaklarıdır. Dolayısıyla bu konuya dikkat çekmenin, bir farkındalık oluşturmanın gerektiği ve önemli olduğu düşünülmüştür.

Doğa olaylarından sonra bazen de yapay kaynaklı olaylar sonucunda ortaya çıkan ve ikincil afet olarak tanımlanan kirlilik olayı, ani olarak büyük ölçekte bir alanı kısa zamanda yada uzun bir süreçte etkileyebilir özellikler de taşımaktadır. Bu nedenle bu olaylardan sonra özellikle yaşam ve yapılaşma alanlarında canlı yaşamının etkileyen çeşitli kirlilik türleri ortaya çıkmakta ve bunlar çeşitli çevre sorunlarına kaynak oluşturmaktadırlar. Bunun sonucunda çoğunlukla toprak, su ve hava ortamlarına etki eden çeşitli kirleticiler özellikle havada, yüzey sularında ve yer altı suyunda ve toprakta kirlilik alanları oluşturmaktadırlar (Şekil 1). Başka bir ifadeyle Şekil 1'de gözlenen kirlilik türleri, 2006-2010 yılları arasında, devam ettirilen izleme çalışmalarıyla birlikte sürekli gözlenmiş çevresel sorunlardandır(Özel,2010).



Şekil 1. Kirlilik afetine de dönüşmüş çevresel sorunlar ve etkileri olan çalışma alanlarından görüntüler (Resimler 2009-2010 arası ve 2014 yılları). Şekil 1.a-b-c'de sızıntı sularıyla kirlenmiş dere suyu, toprak, yüzey suları kirliliği; Şekil 1.d-e-f'de düzensiz depolama alanı toprak, görüntü, gürültü ve hava kirliliği; Şekil 1.g-h-i'da sıvı-gaz sızıntılı yüzey suyu kirliliği, maden sahasında hava, görüntü, gürültü ve toprak verimsizliği sebebi toprak kirliliği.



Şekil 2. Dünyanın farklı yerlerinde gerçekleşmiş, afete dönüşmüş ve kirlilik olarak ikincil afete de kaynak oluşturmuş önemli doğal ve yapay kaynaklı olaylardan bazı örnekler (www.google.com, 2020).

Şekil 1'deki resimler incelenirse, çevre sorunları çalışılan bazı maden, kentsel ve endüstriyel kaynaklı katı-sıvı-gaz atık alanlarındaki su, toprak, hava, görüntü, gürültü, koku, ağır metal kirliliği ve toprak verimsizleşmesi sorunu gözlenen ve kirlilik afetine de dönüşmüş çevre sorunları ve etkileri olan çalışma alanlarından örnek görüntüler sunulmuştur.

Resimlerde sırasıyla Şekil 1.a-b-c'de sızıntı sularıyla kirlenmiş dere suyu, toprak, yüzey suları kirliliği; Şekil 1.d-e-f'de düzensiz depolama alanlarındaki toprak, görüntü, gürültü ve hava kirliliği; en altta Şekil 1.g-h-ı'da ise sıvı-gaz sızıntılı yüzey suyu kirliliği, sonraki iki resimde ise maden sahalarındaki hava, görüntü, gürültü ve toprak verimsizliği sebebi toprak kirliliklerine örnek görüntüler vardır.

Benzer şekilde Şekil 2 incelenirse, Şekil 2'de sunulan olaylardan sonra ortaya çıkan olası kirlilik türleri ve çevre sorunları için her türlü önlemlere karşın ya da önlemler ihmal edildiği takdirde, doğa ya da yapay kaynaklı afetlerden sonra ikincil afetler de oluşabilmektedir. Örneğin, Çernobil (Ukrayna) ve Fukushima (Japonya) nükleer santral patlamaları, Japonya, Çin, İran, Meksika, Endonezya, Nepal vb. ülkelerdeki büyük depremler, Sumatra Adası ve Japonya depremlerinde büyük bir alanı etkileyen tsunami felaketleri, İzlanda, Hawaii, İtalya ve Pasifik Okyanusu adalarında yanardağ patlamaları ve püskürmeleri, Meksika Körfezi'ndeki büyük çevre olayına dönüşen petrol sızıntısı, Brezilya'daki maden atık baraj setinin ve benzer olarak ülkemizde Kütahya'da siyanür atık baraj setinin çökmesi, Hindistan, Brezilya ve Samsun'daki büyük sel felaketleri, doğal yollarla veya insan kaynaklı olarak Kanada, Amerika, Brezilya (Amazon ormanları bölgesi) ve Avustralya'daki büyük orman yangınları gibi afetler hep olmuştur ve çevresel etkileri devam etmektedir (Bogdevitch, 2002; Szczuciński vd., 2005; Silva ve Weerapperuma, 2006; Yablokov vd., 2009; Kashparova vd., 2012; Chartin vd., 2013; Takada, 2014; Chandrappa ve Kulshrestha, 2015; Bellonova vd., 2020). Bu nedenle bilinen olaylara ait bu örnekler çoğaltılabilir. Dolayısıyla bu çalışmalar ve diğer arşivler incelenirse, çok büyük çevre felaketlerine sebep olan bu tür olayların uzun yıllar geçmesine rağmen, günümüze kadar devam eden etkileri oldukları bilinmektedir ve gözlenmektedir. Bu etkiler, çoğunlukla insan ve canlılar üzerinde etkileri uzun yıllar devam eden genetik bozukluklara bağlı sağlık sorunları ile olay yeri yakın çevresindeki toprakların verimsizleşmesi, bitki örtüsünün çoraklaşması, verimsizleşmesi, türlerin yok olması ve kalan türlerin ise bozulan ekosistem nedeniyle

göç etmesi şeklinde gözlenmiştir. Yine bu olayların yaşandığı çevrede hava olaylarında mevsimsel değişimler gözlenmiş olup, havadaki askıda maddelerin yağışlarla yeryüzüne taşınması ile yüzey suları, topraklar ve insan ve canlı sağlığının olumsuz etkilendiği gözlenmiştir. Topraklarda doğal arıtma için vadoz zonun kalınlığının yeterli olmadığı yerlerde yer altı sularında da kirlenmeler olduğu kanıtlanmıştır. (Reynolds, 1997; Rubin ve Hubbard, 2005; Karlık ve Kaya, 2001; Özel vd., 2017).

Sonuç olarak doğal ve yapay veya insan kaynaklı olaylar nedeniyle afetler yaşandığında bu olaylar sonrasında ortaya çıkan katı-sıvı-gaz kirleticiler,

- kirletici türüne göre veya kirleticinin bir alanı etkileyecek oranda bir alana yayılması durumunda doğal arıtmanın gerçekleşmemesiyle veya böyle bir arıtma ortamı ve koşullarının olmamasıyla ve
- sızma/süzülme, yağış, sel, rüzgar ile taşınarak, sıcaklık ve buharlaşmanın da etkilemesiyle

önemli çevresel sorunlara ve afetlere temel sebepler ve kaynaklar oluşturmaktadırlar. Bu olaylardan sonra, kirleticileri uzaklaştırmak için zamanında müdahale edilemediğinde ya da müdahale çok başarılı ya da yeterince başarılı yapılmadığında, soruna bir çözüm bulunana kadar geçen süreçte, bu kirletici kaynaklar kirleticilerin yayıldığı yeni ortamlarında bu ortamları kirletirken, yeni organik-inorganik dönüşümler geçirebilir ya da başka etkileşimler gösterebilirler. Bu durumda zamanla bu alanlar, yeni bir ikincil kirlilik için de bir kaynak oluşturabilirler. Bu nedenle ikincil afet türü olarak kirlilik afet türü için de bilimsel ve toplumsal çalışmalar yapılması gerektiği düşünülürse, ilk yapılacak olan çalışma, yöreye ya da bölgeye özgü çevresel kirlilik ve her türlü afetler konusunda toplumsal bilinçlenme ve bilimsel modeller üretme olacaktır. Diğer önemli bir durum ise kirlilik yayılımı, yerel veya bölgesel ölçekte olsun ani olarak gerçekleşebileceği gibi, bu yayılmalar zamanla yerel veya bölgesel ölçekte de ortaya çıkabilirler. Ayrıca söz konusu olan ikincil kirlenme gerçekleştiği durumda, etkili olduğu alanda var olan başka bir kirlenme varsa o bölge için ilave kirlilik yükü de meydana gelecektir. Bu nedenle olayın gerçekleştiği alanlarda ve yakın çevresindeki alanlarda risk azalana kadar bir süre bilimsel temellere dayalı izleme çalışmalarının devam etmesi önemlidir. Bu kirlilik yükü alıcı ortamların kapasitesini aşarsa, daha büyük çapta ve uzun süre devam edecek çevresel sorunlarının doğmasına sebep olacaktır. Bu durumda, bu soruna çözüm üreten bir

araştırma ve uygulama planı hazırlanması gerekebileceğinden izleme çalışmalarının önemi büyüktür. Diğer yandan, yeryüzü ve atmosfer ortamında gözlenen kirlilik yayılımları, zamanla yerin altında sığ veya daha derin ortamlarda da tespit edilebilirler. Çok sayıdaki yerbilimsel çalışmalardan elde edilen akademik makaleler bunlara en önemli kanıtlardır (Bugai vd., 1996; Karlık ve Kaya, 2001; Rubin ve Hubbard, 2005; Yalçın vd., 2007; Rucker ve Fint; 2007; Özürkan ve Çekirge, 2007; Frohlich; 2008; VanMeir, 2009; Rucker vd, 2009a, Rucker vd, 2009c; Bugai, 2014; Özel, 2010; Özel vd., 2017, Özel, 2018). Bu çalışmalarda vadoz zon (havalı zon) tanımlanarak, jeolojik tabakalanma ve tabakaların iletkenlik/geçirgenlik/gözeneklik değerleri, kırık/çatlak/boşluk yerleri, yer altı suyu seviyesi, freatik zon özellikleri (tamamen suya doymuş zon) ve jeolojik tabakalar ile yer altı suyu sınırları içindeki kirlilik yayılım alanlarının yatay ve düşey sınırlarının haritalanması gibi çalışmalar kirliliğin boyutları ve izleme çalışmaları kapsamındaki kirlilik yayılım durumu hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır. Bu nedenle kirlilik önkestim çalışmaları olarak yapılan risk derecelendirme ve haritalama çalışmalarının, yer üstü ve atmosfer için yapılmasının yanı sıra yer bilim araştırma yöntemleri de kullanılarak yer altının sığ ve daha derin ortamları için de yeterince araştırma yapılması ve böylece kirlilik yayılım alanlarının hem yatay hem de düşey yönlerde kesin olarak ortaya konulması gerekmektedir. Sonuç olarak yapılacak çalışmalar iki ayrı grupta toplanabilirler.

a. Toplumsal bilinçlenme

Ülke genelinde doğal ve yapay kaynaklı olabilecek bölgesel ve yerel ölçekte kirlilik türlerine göre risk haritaları hazırlanarak bu konuda bölge ve yerel halkların eğitimleri, bu halkı eğitecek kişilerin eğitimleri yapılmalı, eğitilmiş yardımcı halk ekipleri oluşturulmalıdır. Böylece bilinçli bir halk kitlesi oluşturmak olasıdır.

b. Bilimsel modeller üretme

Katı, sıvı, gaz kirleticilerin etkilerini azaltmaya ya da bertaraf etmeye yönelik planlamalar ve yöntemlerdir. Bu çalışmalar atmosfer, yeryüzü ve yeraltı risk haritaları olarak ayrı ayrı planlanmalıdır ve hazırlanmalıdır. Her türlü laboratuvar analizleri için yetişmiş bir laboratuvar ekibinin olduğu yeterli sayıda ve tam donanımlı laboratuvarlar önemli bir gerekliliktir.

Bu konularda ve oluşabilecek tehlikeler için ve kurtarma, temizleme ve tehlikeyi azaltma çalışmalarında, kirlilik kaynağını en kısa sürede bertaraf

etmeye yönelik yerel yönetimlere, kurum ve kuruluşlara, kurtarma ekiplerine yardımcı olabilecek bilgileri halk edinmiş olmalıdır yada halktan seçilecek kişilerle olası afet durumundaki çalışmalara yardımcı olabilecek halk ekiplerinin kurulması da faydalı olacaktır. Bu ekipler kirleticilerden ve zararlı etkilerinden daha bilinçli ve daha kısa sürede haberdar olacağı için ilgili yerlere zamanında bilgi verilecek, uygun olursa yardım edebilecek ve bu durumda kirlilikten etkilenme süresi, kirlilikten etkilenebilecek canlı sayısı ve kirlenme alanı boyutları daha az olacak yönde katkılar sağlanacaktır. Dolayısıyla afetin kaynağı ne olursa olsun, büyük bir afet olduğunda, özellikle etki alanı ve etkilediği yaşam ortamları büyük olduğunda veya bu alanların koruma açısından önem derecesi yüksek olduğunda, kayıpları azaltmaya yönelik halktan yardımcı ekiplerin de oluşturulması önemli bir destek sağlayacaktır. Böylece yeterli bilgilendirme kitapçıkları ve uyarı levhaları hazırlanmalı ve bunların dijital ortamlarda kolayca güncellenebilir ve dağılıbilir özellikte olması da faydalı olacaktır. Yapılan hazırlıklarla riskli ve güvenli alanlar, risklerin ve afetlerin türleri ve etkileri önceden bilindiğinden, olaylar sırasında ve sonrasında toplumda kargaşa yaşanmadan bilinçli bir şekilde sorunlarla daha iyi mücadele edilecektir. Diğer yandan arıtma tesisleri olmayan işletme ve kentlerde de bu eksikliğin acilen giderilmesi önemlidir. Aynı zamanda bölge halkının da önceden bilinçlendirilmiş olması ile çalışmaların daha sağlıklı, hızlı, kaostan/kargaşadan uzak, planlı ve düzenli yapılmasına olanak sağlanacaktır. Belki, kirlilik afeti için de bir acil telefon hattı oluşturulması da faydalı olabilir. Diğer bir öneri ise afetin türü ve kaynağı ne olursa olsun, sebep olacağı kirlilik türleri için de iller bazında veya bölgesel ölçekte acil durum masalarının önceden hazır olması veya afet olayı olduğunda acilen oluşturulması da faydalı olabilir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her türlü kirlilik bir afet türü olarak kabul edilmelidir ve önemlidir. Bu tür bir afette de, toplumsal bilinçlenme ile toplumun olabilecek katkıları sağlanmalı, eğitim ve bilgilendirme sürecinde her bölgenin jeolojik özellikleri dışındaki coğrafik, kültürel ve sosyolojik yapısı ve nüfus oranları da ayrı ayrı dikkate alınmalı ve bilimsel çalışmalar tamamlanmalıdır. Kirleticilere zamanında müdahale edilemeyen süreç, yeni bir ikincil kirlenmenin kaynağı olarak düşünülmelidir. Bilinen afetlere karşı yapılan hazırlıklara, bu makalede ikincil afet türü olarak tanımlanan kirlilik afeti de eklenirse, diğer afetlerde olduğu gibi afet yardım ekiplerini gerektiğinde destekleyecek bilgi ve donanıma sahip ek yardım

gruplarının/toplulukların/kişilerin oluşturulması faydalı olacaktır. Kirlilik nerede/ne zaman/nasıl tespit edilirse edilsin, tüm afetlerden sonra olduğu gibi çok kısa bir süreçte, bütçe-ekip-ekipmanlar-kurtarma planı oluşturulmalı ve kirlilik afetine müdahale çalışmaları zamanında gerçekleştirilmelidir ve ertelenmemelidir. Çünkü bu hazırlık çalışmaları, sürdürülebilir yaşam ortamlarının sağlanmasının yanı sıra yaşam için gerekli kaynakların da sürdürülebilir olmasına, sürdürülebilir bir toplumsal refahı sağlamaya ve çevre korumaya katkılar sağlayacaktır. Bu nedenle bu makale, kirliliğin ve ikincil kirlenmenin de bir afet türü olarak algılanmasına önemli bir katkı sağlayabilir. Bu konuda farkındalık oluşturabileceği düşünülerek hazırlanan bu makalenin önerileri, uygulamaya geçirilirse, bu konu planlanan hedefe ulaşmış olur ve başka çalışmalar için yol gösterici bir kaynağa da dönüşebilir. Böylece insan gücünün ve modern dünya olanaklarının baş edemeyeceği durumlar dışında, konusunda uzman insanlar ve bilinçlenmiş toplumlar, kıyıların, okyanusların, denizlerin, göllerin, nehirlerin, derelerin, yer altı suyu kaynaklarının, toprağın, ormanların, yeşil alanların ve özel koruma gerektiren sit alanlarının, milli parkların, canlı türlerin, endemic türlerin, yaşam ortamlarının ve havanın korunmasını ve sürdürülebilir olmasını sağlayabilirler ve başarılı olabilirler.

Açıklama: Bu yayın ODTÜ Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi Türkiye'nin Afet Risk Yönetimi 21. Yuvarlak Masa Toplantısı'nda sözlü olarak sunulan "İkincil bir afet türü: Kirlilik de bir afet türüdür (Özel, 2019)" başlıklı sunumdan geliştirilmiş ve yayına dönüştürülmüştür.

KAYNAKLAR

ADÜTEM, 2015. Jeotermal Enerjinin Çevresel Etkileri. Adnan Menderes Üniversitesi Jeotermal Enerji Araştırma ve Uygulama Merkezi Yayınları, Yayın No:1, 22.

Bellanova, P., Frenken, M., Reicherter, K., Jaffe, B., Szczuciński, W., Schwarzbauer, J., 2020. Anthropogenic pollutants and biomarkers for the identification of 2011 Tohoku-oki tsunami deposits (Japan). *Marine Geology*, Available online 16 January 2020, 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2020.106117>.

Bogdevitch, I., Sanzharova, N., Prister, B., Tarasiuk, S., 2002. Countermeasures on natural and agricultural areas after Chernobyl accident. Role of GIS in Lifting the Cloud off Chernobyl, Springer Netherlands, 147-158. doi:10.1007/978-94-010-0518-0_12.

Bugai, D., Bugai D., Waters, R., Dzhepo, S., Skalskij A., 1996. Risks from radionuclide migration to groundwater in the Chernobyl 30-km zone. *Health Physics*, 71(1), 9-18. Doi:10.1097/00004032-199607000-00002.

Bugai, D., 2014. Groundwater contamination following the Chernobyl accident: overview of monitoring data, assessment of radiological risks and analysis of remedial measures. Conference: IAEA TM on Groundwater contamination following Fukushima accident, At: VIC, Vienna, Austria. Doi: 10.13140/RG.2.1.1259.6248.

Chandrappa R., Kulshrestha U.C., 2015. Air pollution and disasters. *Sustainable Air Pollution Management*, 325-343.

Chartin C., Evrarda O., Ondab Y., Patinb J., Lefèvre I., Otléa C., Ayraulta S., Lepagea H., Bontéa P., 2013. Tracking the early dispersion of contaminated sediment along rivers draining the Fukushima radioactive pollution plume. *Anthropocene*, 1, 23-34.

Çetiner, E.G., Ünver, B., Hindistan, MA., 2006. Maden atıkları ile ilgili mevzuat: Avrupa Birliği ve Türkiye. *Madencilik*, 45(1), 23- 34.

Frohlich, R.K., Barosh, P.J., Boving, T., 2008. Investigating changes of electrical characteristics of the saturated zone affected by hazardous organic waste. *J. Appl. Geophys.*, 64, 25-36.

Kashparova, V., Yoschenkoa, V., Levchuka, S., Bugaib, D., VanMeirc, N., Simonuccic, C., Martin-Garind, A., 2012. Radionuclide migration in the experimental polygon of the Red Forest waste site in the Chernobyl zone-Part 1: Characterization of the waste trench, fuel particle transformation processes in soils, biogenic fluxes and effects on biota. *Applied Geochemistry*, 27(7), 1348-1358.

Karlık, G., Kaya, M.A., 2001. Investigation of groundwater contamination using electric and electromagnetic methods at an open waste-disposal site: a case study from Isparta, Turkey. *Environ. Geol.*, 40(6), 725-731.

Özel, S., 2010. Sivas İli Katı Atık Depolama Alanında Sızıntı Suyunun Yeraltındaki Yayılımının Jeofizik Yöntemlerle İncelenmesi adlı M-352 No'lu CÜBAP Projesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.

Özel, S., Yılmaz, A., Candansayar, M.E., 2017. The examination of the spread of the leachates coming out of a solid waste disposal area on the ground with geophysical and geochemical methods (Sivas, Turkey). *Journal of Applied Geophysics*, 138, 40-49.

Özel S., 2018. Bir deponi alanı sızıntı sularının çevresel etkilerinin Jeofizik ve su kimyası yöntemleriyle incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(2), 113-124.

Özel, S., 2019. İkincil bir afet türü: kirlilik de bir afet türüdür. ODTÜ Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi Türkiye'nin Afet Risk Yönetimi 21. Yuvarlak Masa Toplantısı, 22 Şubat 2019, ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara, (yayınlanmamış).

Özürkan, G., Cekirge N., 2007. Hydrogeochemical and geophysical investigation of the Istanbul Tuzla-Icmeler spring area for environmental and land use planning purposes. *Environ. Monit. Assess.*, 132, 125-140. DOI 10.1007/s10661-006-9508-y.

Reynolds, J.M., 1997. An introduction to applied and environmental geophysics. WILEY, England.

Rubin, Y., Hubbard, S.S., 2005. Hydrogeophysics. Springer series, Water Sci. Technol. Library, 50, 519.

Rucker, D.F., Fink, J.B., 2007. Inorganic plume delineation using surface high-resolution electrical resistivity at the BC cribs and trenches site, Hanford. *Vadose Zone J.*, 6 (4), 946-958.

Rucker, D.F., Glaser, D.R., Osborne, T., Maehl, W.C., 2009a. Electrical resistivity characterization of a reclaimed gold mine to delineate acid rock drainage pathways. *Mine Water Environ.*, 28, 146-157.

Rucker, D.F., Levitt, M.T., Greenwood, W.J., 2009c. Three-dimensional electrical resistivity model of a nuclear waste disposal site. *J. Appl. Geophys.*, 69 (3-4), 150-164.

Silva, V., Weerapperuma, D., 2006. Impact of Tsunami Disaster on the Water Environment of Water Environment Federation (WEF), Indian.

Szczuciński, W., Niedzielski, P., Rachlewicz, G., Sobczyński, T., Ziola, A., Kowalski, A., Lorenc, S., Siepak, J., 2005. Contamination of tsunami sediments in a coastal zone inundated by the 26 December 2004 tsunami in Thailand. *Environmental Geology*, 49(2), 321-331.

Takada M., Kamada S, Yajima K., Iwaoka K, Enomoto H., Tabe H., Yonehara H., Sugiura N., 2014. Measurement of radiation environment inside residential houses in radioactive contaminated areas due to the Fukushima nuclear accident. *Progress in Nuclear Science and Technology*, 4, 43-46.

www.odtu.edu.tr, 2019. ODTÜ Afet Yönetimi Uygulama ve Araştırma Merkezi Türkiye'nin Afet Risk Yönetimi 21. Yuvarlak Masa Toplantısı. 22 Şubat 2019 ODTÜ Kültür ve Kongre Merkezi, Ankara.

www.google.com, 2020. wikipedia.org, globalresearch.ca, pinterest.com, en.wikipedia.org, tr.earthquake-report.com/, suhakki.org, http://nordiksimit.org/, bbc.com. 31/01/2020 tarihinde elde edilmiştir.

VanMeir, N., Bugai, D., Kashparov, V., 2009. *The experimental platform in Chernobyl: An international research polygon in the exclusion zone for soil and groundwater contamination, radioactive particles in the environment.* Springer Netherlands, 197-208. Doi:10.1007/978-90-481-2949-2_13.

Yablokov, A.V., Nesterenko, V.B., Nesterenko, A.V., 2009. Chapter III: Consequences of the Chernobyl catastrophe for the environment. *Chernobyl Consequences of the Catastrophe for People and the Environment (First published)*, 1181(1), 1-327, E1-E39, https://nyaspubs.onlinelibrary.wiley.com, https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2009.04830.x.