

**İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ,
HİDROMETEOROLOJİK AFETLER
VE
AFET YÖNETİMİ**

**CLIMATE CHANGE, HYDROMETEOROLOGICAL
DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT**

Mikdat KADIOĞLU

İKLİM DEğİŞİKLİğİ, HİDROMETEOROLOJİK AFETLER VE AFET YÖNETİMİ

Mikdat KADIOğLU

İstanbul Teknik Üniversitesi

Özet

Küresel iklim değişikliği, her geçen gün hidrometeorolojik afetlerin artan sıklığı, şiddeti ve süresi gibi etkileriyle yaşantımızda daha belirgin hale gelmektedir. Bu durum doğal ve yapay habitatlar ile onların sakinleri üzerindeki riski daha da arttırmaktadır. İklim değişikliğinden etkilenen meteorolojik, iklimsel ve hidrolojik afetlerin neden olduğu zararları minimize etmek için afet risk yönetimi kapsamında, meteoroloji mühendisliği ve iklim değişikliğine uyum çalışmaları, iklim risk yönetimi başlığı altında birleştirilerek etkili bir eylem planı hazırlanmalıdır. Bu durumun vahametini vurgulamak amaçlı olsa da, halihazırda hidrometeorolojik afetlerin yönetimi, tahmini ve erken uyarısı konusunda önemli eksiklikler gözlemlenmektedir. Tüm bu hususlar, ulusal kurum ve kuruluşlar tarafından ele alınsa da, bütünlüőik afet yönetimi ve meteoroloji mühendisliği ekosistemde daha doğru bir yer bulmalıdır. Bu bağlamda, bütünlüőik afet yönetimi ekosistemi, küresel iklim değişikliği ve hidrometeorolojik afetlerin artan önemi ile birlikte değerlendirilmelidir. Bu çalışmanın amacı, iklim değişikliği, afet yönetimi, hidrolojik ve meteorolojik afetler ile birlikte sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir parçası olan sel ve kuraklık gibi hidrometeorolojik afetlerle mücadele etmek için bütünlüőik bir yaklaşımın önemini değerlendirmek ve öneriler sunmaktır.

Anahtar Kelimeler

Küresel iklim değişikliği, Hidrometeorolojik afetler, Afet yönetimi, Erken uyarı

CLIMATE CHANGE, HYDROMETEOROLOGICAL DISASTERS AND DISASTER MANAGEMENT

Mikdat KADIOĞLU
Istanbul Technical University

Abstract

Global climate change is becoming more apparent in our daily lives with the increasing frequency, intensity, and duration of hydro-meteorological disasters. This situation is increasing the risk on natural and artificial habitats and their inhabitants. To minimize the damage caused by meteorological, climatic, and hydrological disasters affected by climate change, an effective action plan should be prepared by combining meteorological engineering and climate adaptation efforts under the title of climate risk management within the scope of disaster risk management. While the severity of this situation is emphasized, there are significant shortcomings in the management, prediction, and early warning of hydro-meteorological disasters. Although these issues are addressed by national institutions, integrated disaster management and meteorological engineering should have a more accurate place in the ecosystem. In this context, the integrated disaster management ecosystem should be evaluated together with the increasing importance of global climate change and hydro-meteorological disasters. The aim of this study is to evaluate the importance of an integrated approach to combat hydro-meteorological disasters such as floods and droughts, which are important parts of sustainable development, together with climate change, disaster management, hydrological and meteorological disasters, and to provide recommendations.

Keywords

Global climate change, Hydrometeorological disasters, Disaster management, Early warning

1. Giriş

Doğa olayları, dünya genelinde yaşamı önemli ölçüde etkilediğinde doğa kaynaklı afet olarak adlandırılır. Örnek olarak, kuraklık, çölleşme, deniz seviyesi yükselmesi, çığ ve sel felaketleri, orman yangınları, tarımsal zararlılar gibi hava şartları ile yakından ilişkili afetler gösterilebilir. Yağışlar, şiddetli yerel fırtınalar, tropikal fırtınalar, fırtına kabarmaları, sert kış şartları, kırağı, don vb. ise doğrudan hava şartları tarafından oluşan doğa kaynaklı afetlerdir. Bu afetlerin tamamı meteorolojik afetler ya da meteoroloji karakterli afetler olarak adlandırılır ve meteorolojik şartlar ile doğrudan veya dolaylı olarak ilişkilidir. Sel ve kuraklık ise hidrometeorolojik afetler olarak adlandırılır (Kadioğlu, 2012).

Dünya genelindeki doğa kaynaklı afetler ele alınca, 31 çeşit doğa kaynaklı afetin 28 tanesini meteorolojik afetlerin oluşturduğu görülür (Bryant, 2005). Doğa kaynaklı afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye de değişmektedir. Örneğin, Akdeniz Bölgesi'ndeki doğa kaynaklı afetler kuraklık, seller, orman yangınları, heyelan, dolu fırtınaları, çığlar, donlardır. Ülkemizde en sık görülen meteoroloji karakterli afetler ise dolu, sel, taşkın, don, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, hortum, yıldırım, çığ, kar ve fırtınalardır. Dünya Meteoroloji Örgütü'ne (WMO) ve UNISDR'a göre sadece 1980'li yıllarda dünyada 700,000 kişi meteorolojik afetlerde hayatını kaybetmiştir ve 1995 yılından itibaren meteorolojik afetlerden etkilenen insan sayısı 4 milyarı aşmıştır (UNISDR, 2016).

Son yıllarda, hidrometeorolojik afetler özellikle artan bir şiddet ve sıklıkla meydana gelmektedir. Günümüzde insan aktiviteleri, sanayileşme, yanlış yerleşim seçimleri, doğanın tahrip edilmesi gibi faktörler, bu tür afetlerin etkilerini artırabilir veya yeni afetlerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Küresel iklim değişikliği ve çarpık kentleşme gibi nedenlerden dolayı, önümüzdeki yıllarda hidrometeorolojik afetlerde ve kentsel yerleşimlerimizde riskleri arttıran tali tehlikelerde önemli bir artış beklenmektedir (Kadioğlu, 2012).

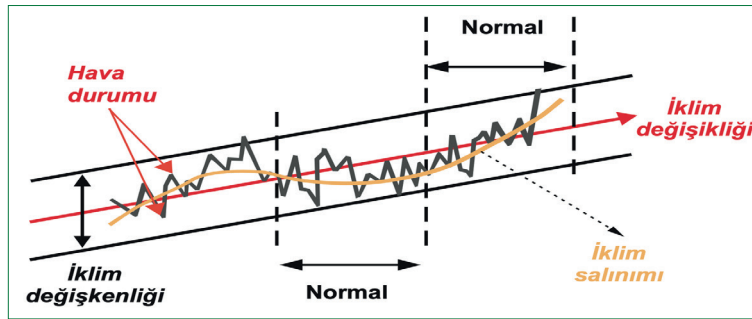
Bu sebeple, ülkemizde hava, su ve iklim konuları, afetlere karşı gözlem, tahmin ve erken uyarı hizmetlerinin etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için iklim risk yönetimi temelinde bir araya getirilmeli ve bu hizmetler bütünleşik ve bilimsel afet yönetimi ışığında yeniden yapılandırılmalıdır (IPCC, 2012). Bu ihtiyaca cevap vermek için, bu çalışmada afet yönetimi sisteminde erken uyarıya daha fazla önem verilerek, hidrometeorolojik afetlerden iki tanesi kısaca ele alınmıştır.

2. Küresel İklim Değişimi ve Türkiye

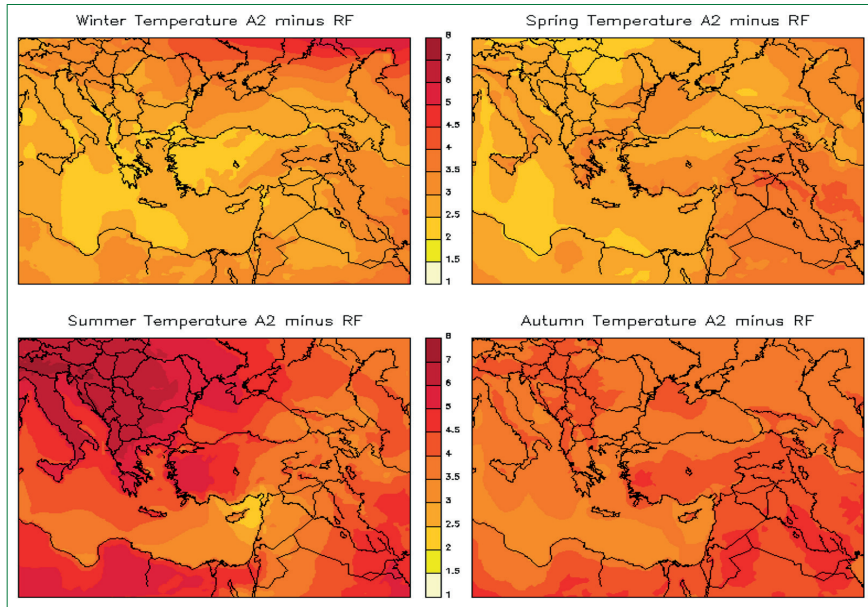
İnsan faaliyetleri son yüz yıl içinde karada ve suda yapılan tahribatın bir sonucu olarak, toprağın, suyun ve hava bileşiminin önemli ölçüde bozulmasına neden oldu. Artık hızla artan sanayi ve yerleşim bölgelerinden çıkan sera gazları, çevre ve atmosferin büyük ölçüde kirlenmesine yol açarak, küresel ölçekte havanın ısınma eğilimini artırdı. Sonuç olarak, insanlar artık iklimin etkisi altında ve iklim de insanları etkiliyor. Bu durum, insanlığın 3. bin yılında küresel iklim değişimi sorunuyla karşı karşıya kalmasına neden olmuştur (IPCC 1991a,b; IPCC 2001a,b; IPCC 2007; IPCC, 2012).

Ancak, Türkiye’de iklim ve meteorolojik konularda bilgi düzeyi çok düşük olduğundan hava durumu, iklim vb. terimler ve kavramlar sıklıkla birbirine karıştırılmakta ve yanlış kullanılmaktadır. Bu nedenle, Şekil 1’de temel kavramlar şematik olarak gösterilmiştir.

Başka bir ifadeyle, son yaklaşık 150 yıldır petrol, kömür, doğal gaz gibi fosil yakıtların aşırı tüketimi ve arazi örtüsündeki değişimler nedeniyle, atmosfere büyük miktarda zararlı gaz ve parçacıklar salınmaktadır. Bu salınım sonucu, atmosferde ozon (O₃)’ü seyrelten kloroflorokarbon (CFC) gazları ve karbondioksit (CO₂), metan (CH₄), diazot monoksit (N₂O) gibi sera gazlarının miktarları önemli ölçüde artmıştır. Bu artışlar, sera etkisinin güçlenmesine ve günümüzdeki küresel iklim değişimi ve küresel ısınma sorununun ortaya çıkmasına neden olmuştur (IPCC 1991a,b; Kadioğlu, 2007, 2020).



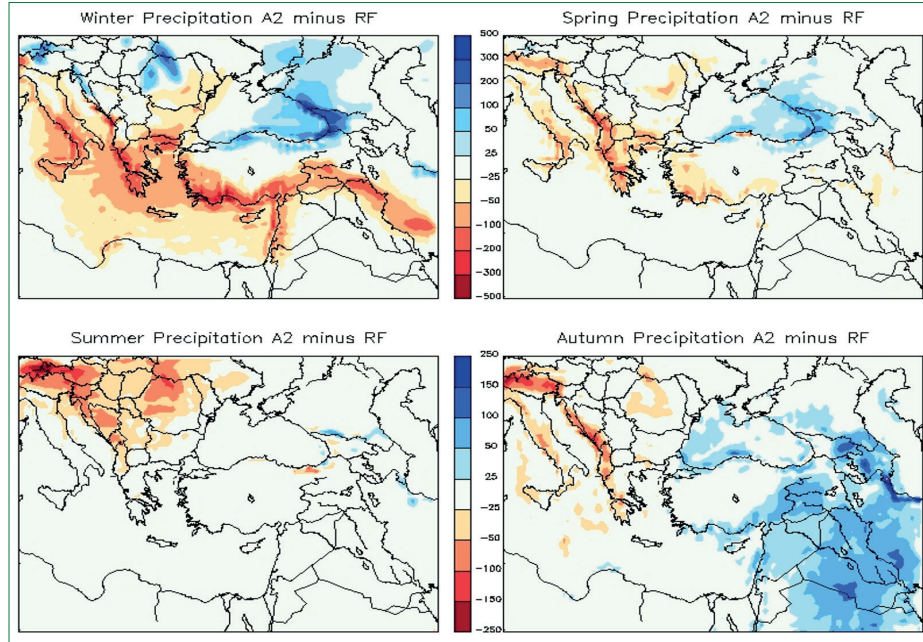
Şekil 1. Hava ve iklim ile ilgili hava durumu, (mevsim) normali, iklim değişkenliği, iklim salınımı ve iklim değişikliği kavramlarının şematik gösterimi (Kadioğlu, 2020).



Şekil 2. 2100 yılında hava sıcaklıklarında beklenen değişimlerin yersel ve mevsimsel dağılımı 2071-2100 yılları ortalamasının 1961-2000 yılları ortalamasından olabilecek farklar şeklinde gösterilmektedir (Önol, 2007).

Türkiye genelinde yıllık ortalama sıcaklık artışı 2.5-4°C arasında değişmektedir. Özellikle Ege Bölgesi ve Doğu Anadolu'nun önemli bir kısmında bu artış 4°C'ye kadar ulaşmaktadır (Şekil 2). Ege ve Akdeniz Bölgeleri'ndeki yıllık ortalama sıcaklık artışının temel nedeni, yaz aylarında Avrupa kaynaklı sıcak hava dalgasının bu bölgeleri de etkilemesidir. Bu nedenle, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri'nde yaz aylarında hava sıcaklığındaki artış 7°C'ye kadar olabilir (Onol ve Semazzi, 2009). Ortalama sıcaklıkta bu kadar yüksek bir artışın orman yangınlarından hayvan ve bitki çeşitliliğine, insan sağlığına kadar birçok alanda etkisi olacağı açıktır. Ayrıca sıcaklık artışı, mevsim geçişlerini etkileyecek, yaz mevsimi ilkbahar ve sonbahar aylarını da içine alacak şekilde genişleyecek, su ve gıda stresi daha da artacaktır.

Kış aylarında özellikle Türkiye'nin güney bölgesi olan Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu'da %20 ila %50 arasında yağış azalması yaşanması beklenmektedir (Şekil 3). Bu durum, söz konusu bölgelerin su havzalarının ciddi tehlike altında olduğunu göstermektedir. Karadeniz bölgesinde ise yağış artışı beklenmektedir, ancak bu oranda değildir (Onol ve Semazzi, 2009). Rüzgâr paternlerindeki değişiklikler, nem girişini yavaşlatarak güney bölgelerimizde yağış azaltacaktır. Yağış değişikliklerinin belirgin olduğu sonbahar mevsiminde ise Güneydoğu ve Doğu Anadolu'nun bir kısmında %50'yi aşan artışlar beklenmektedir. Ancak bu bölgedeki sonbahar yağış artışının tek başına değerlendirilmesi yanıltıcı olabilir çünkü kış mevsiminden kalan yağış bütçesindeki açık ve gelecekteki sıcaklık artışıyla birlikte artacak buharlaşma da hesaba katılmalıdır. Bu nedenle, ülkemizin su-enerji politikaları açısından önemli olan yukarı ve orta Fırat-Dicle havzası için de durum pek olumlu görünmemektedir.



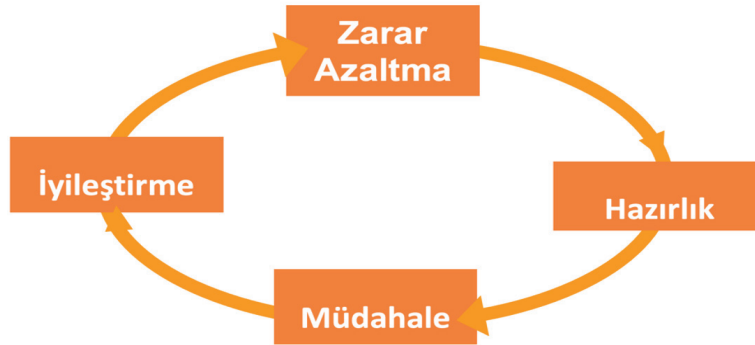
Şekil 3. 2100 yılında yağışlarda beklenen değişimlerin yersel ve mevsimsel dağılımı 2071-2100 yılları ortalamasının 1961-2000 yılları ortalamasından olabilecek farklar şeklinde gösterilmektedir (Önol, 2007).

Yiyecek, içecek ve su eksikliği durumunda diğer tüm sosyo-ekonomik kaygılar anlamsız hale gelir. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınma hedefi, “gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak için bugünün ihtiyaçlarını karşılama, sosyal maliyetleri de dikkate alarak zamanında önlemler alınması ve uyum çalışmalarının yapılması” şeklinde belirlenmelidir. Bu bakış açısıyla, hükümetlerin acilen ele alması gereken konular arasında kuraklık risk yönetiminin geliştirilmesi, su ve çevre kirliliğinin önlenmesi ve tarım alanları dahil olmak üzere tüm doğal kaynakların korunması yer almaktadır.

3. Afet Yönetimi Sistemi

Öncelikle Bilimsel ve Bütünleşik Afet ve Acil Durum Yönetimi, her türlü tehlikeye karşı hazırlıklı olmayı, zararları azaltmayı, müdahale etmeyi ve iyileştirmeyi amaçlayan bir süreci ifade eder. Bu süreç, mevcut kaynakların organize edilmesi, analiz, planlama, karar alma ve değerlendirme süreçlerinin tümünü kapsar (Kadıoğlu, 2013).

Bilimsel ve bütünleşik afet yönetim sistemi ilkelerine uygun olarak, ülkemizdeki afetlerle ilgili yeniden yapılanmada sadece deprem tehlikesine odaklanmak yerine, mutlaka tüm afetlerin ele alınması gerekmektedir.



Şekil 4. Afet yönetim sisteminin dört evre ile şematik bir gösterimi (Kadıoğlu, 2013).

Çünkü kuraklık, sel, kar fırtınaları ve çığlar gibi birçok hidrometeorolojik afet, gelişmiş ülkelere nazaran ülkemizde daha fazla insan ve ekonomik kayba neden olmaktadır. Bu nedenle artık yaşanan maddi ve manevi kayıplar, her toplumun ve her kurumun bu afetlerle mücadele etmek için daha fazla önlem alması ve kayıp azaltma çalışmalarına daha çok önem vermesini gerektirmektedir.

Ülkemizde, yapılan afet çalışmalarının incelenmesiyle, çabalarımızın büyük bir kısmının afetlerden sonraki “müdahale etme” aşamasına odaklandığı görülmektedir. Ancak “Afet Yönetimi” sadece insanları enkaz altından kurtarmak, yangınları söndürmek veya sel sularından tahliye etmek gibi müdahale çalışmalarından ibaret değildir. Modern afet yönetiminin önceliği, insanları olası tehlikelerden korumak ve mevcut riskleri afetler olmadan çok önce azaltmaya yöneliktir (Sözen ve Piroğlu, 1999; Kadıoğlu ve Özdamar, 2008). Bu şekilde müdahale çalışmalarına olan ihtiyacı minimize edebiliriz.

Türkiye'deki afet yönetiminde, afetlere/acil durumlara hazırlık ve olası zarar/risklerinin azaltılmasına yönelik risk yönetimi; afetler/acil durumlardan sonra müdahale etme ve iyileştirme çalışmalarına ise kriz yönetimi denir (Kadioğlu, 2013). Bu nedenle, öncelikle hidrometeorolojik tehlikelerin göz önüne alınması ve zarar azaltma çalışmaları başta olmak üzere, afet yönetiminin en az dört aşamasına yönelik çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmalara herkesin katılımı ve tüm kaynakların kullanımı hedeflenmelidir (Şekil 4). Bu nedenle, bu bölümde sadece hidrometeorolojik afetlerin risk yönetimi ana hatları ele alınmaktadır.

4. Zarar/Kayıp Azaltma

Hidrometeorolojik tehlikeler ve bu tehlikelerin etkilerinden kaynaklanacak can ve mal kaybı zararlarını azaltmak veya ortadan kaldırmak için yapılan sürekli çalışmalar, zarar azaltma aşamasında yer alır (Kadioğlu, 2013). Bu nedenle, afet ve acil durum planının yürürlüğe girmeden önce veya sonra oluşturulabilir. Bu çalışmalar, büyük tehlike içeren alanların bölgeleme, yapılaşma ve imar yönetmeliklerini belirlemek, sel ve diğer tehlikeli durumlarla ilgili verileri toplamak ve uygun yerleşim bölgelerini belirlemek, acil durumlarda barınakların açılması veya afet sonrası geçici barınma birimlerinin konumlandırılması gibi konuları içerir. Zarar azaltma aynı zamanda, işyerlerinde çalışan kişileri ve halkı önlemler konusunda eğitmek, böylece kayıp ve yaralanmaları azaltmayı amaçlar.

Ekonomik kayıpları azaltmak için alınacak önlemler, uzun vadede afetlerin yarattığı zararları azaltmak için oldukça önemlidir. Ancak, zarar azaltma çalışmaları sadece afet sonrasında değil, tehlikeli bölgelerde kuraklık, sel, fırtına veya depremler gibi doğa kaynaklı afetlerin ardından yeniden yapılanma sürecinde de uygulanabilir. Bu nedenle, bir acil durum ya da afet sonrasında duyarlılığın artmasıyla birlikte daha güvenli yerleşim birimleri oluşturmak daha kolay olabilir. Bunun için, önceden zarar azaltma planları hazırlanmalı ve uygulanmalıdır.

5. Hazırlık

Hidrometeorolojik tehlikelere karşı hazırlıklı olmak, zararları en aza indirmek, müdahale etmek ve hayatı normalleştirmek için etkili bir afet ve acil durum yönetimi, planlama, eğitim ve tatbikatlar gerektirir.

Sel gibi afet veya acil durumlar genellikle aniden ortaya çıktığından, o an etkin bir çözüm bulmak zordur. İdari birimler, ancak daha önceden hazırlanmış önlemlerle, acil durum yönetimi sorumluluklarını yerine getirebilir. Koruyucu planlama ve hazırlık, sorun ortaya çıkmadan önce yapılmalıdır; bu süreç "hazırlıklı olma" olarak tanımlanır (Kadioğlu, 2013).

Hazırlıklı olma, acil durum veya afet durumunda yetki ve sorumlulukların belirlenmesi ve destek kaynaklarının düzenlenmesini içermektedir. Tüm yönetimler, acil durum veya afet yönetimi için görevliler belirlemeli ve bu görevleri yerine getirmek için gerekli olan personel, donanım ve diğer kaynakları da tanımlamalıdır. Ekipman ve donanımların bakımı, tahmin ve erken uyarı sistemlerinin kullanımı, personelin eğitimi ve diğer aktiviteler sürekli olarak güncellenmeli ve tekrarlanmalıdır.

Hazırlıklı olma önlemleri tek seferlik düşünülmeyp sürekli bir şekilde devam ettirilmelidir. Hazırlıklı olma çalışmalarında temel öge, idari birimin farklı afet ve acil durum yönetimi yükümlülüklerini bağlayan planların oluşturulmasıdır.

6. Tahmin ve Erken Uyarı

Gelişmiş ülkelerde meteorolojik afetlerin önceden tahmin edilerek erken uyarılarının yapılabilmesi, diğer afetlerden farklı kılan en önemli özelliktir. Bu sayede meteorolojik tahmin ve erken uyarı sistemleri, can kayıplarında önemli azalmalar ve ekonomik zararlarda kısmen düşüşler sağlamıştır.

Örneğin, gelişmiş ülkelerde doğru arazi kullanım politikaları, hidrometeorolojik gözlem ağıları, meteoroloji radarı, otomatik akım ve yağış istasyonları ve hidrometeorolojik modeller ile doğru ve erken nehir/göl/deniz su seviye tahminleri ve uyarıları ile can ve mal kayıpları en aza indirgenebilmiştir. Ancak, Türkiye’de henüz halkı doğru ve zamanında uyaracak bir kurum veya kuruluş bulunmamaktadır. Hava şartları, iklim ve su seviyeleri gibi önemli faktörler takip edilerek “sel”, “çığ” ve “kuraklık” gibi olaylar için halkın hazırlıklı olması için zamanında uyarılar yapılacak tek bir sistem henüz kurulamamıştır.

Bu nedenle, Türkiye’de meteorolojik afetlere karşı yeterli bir hazırlık yapılmaması, büyük şehirlerde normal hava şartlarında bile zorlukla yürütülen sosyo-ekonomik faaliyetlerin, şiddetli hava şartlarında büyük ölçüde aksamasına neden olmaktadır. Halkın önceden gerçek ve doğru bir şekilde uyarılamaması ve yetkililerin bilgilendirilememesi nedeniyle, normale dönüşler kısa bir süre içinde az bir kayıpla mümkün olamamaktadır.

7. Erken Uyarı Sistemi

Erken uyarı sistemleri, örneğin taşkın riskinin tespiti, riskin gelişimini izleme, ilgililere ve halka zamanında uyarı yapılması ve tahliye için harekete geçilmesi gibi müdahaleleri içerir (Kadıoğlu, 2013). Erken uyarının amacı, tehlikeli şartlarda mümkün olduğu kadar çok sayıda insanın gerekli önlemleri zamanında alarak, yaralanma, ölüm ve ekonomik kayıpları en aza indirmektir. Dünya genelinde, özellikle ani taşkınlara maruz kalan alanlarda meydana gelebilecek hasarların azaltılması için, ilgili kurum ve kuruluşların bölgesel kapasitelerini artırması, gerçek zamanlı ve doğruluğu yüksek Ani Taşkın Uyarıları yapmak için doğru yapılanmış Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemleri geliştirmesi gerekmektedir.

UNISDR, erken uyarıyı “afet riskini engelleme, riskleri azaltma veya afetlere daha etkin müdahaleye imkan sağlayacak bilgilerin yetkili kurumlar tarafından zamanında ve etkin olarak duyurulması” olarak tanımlamaktadır.

Türkiye’de ise, bu kavram yerine “meteorolojik uyarı” terimi daha yaygın kullanılmaktadır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)’ne göre meteorolojik uyarı, “beklenen, gelişen, devam eden, uydu görüntülerinde veya radar ekranında görülen kuvvetli hava olayları hakkında yer ve zaman belirterek hazırlanan özel hava raporlarıdır.” Son yıllarda, Devlet Su İşleri (DSİ) de sel zararlarını azaltmak ve kontrol altına almak için yeni bir yaklaşım benimsemiştir, çünkü sel felaketleri can kayıplarının yanı sıra büyük ekonomik kayıplara neden olmuştur.

Sonuç olarak, afet yönetiminin önemli bir parçası, yerel ve bölgesel ölçekte afet zararlarının azaltılmasında hayati öneme sahip olan Taşkından Koruma Yapıları ve Erken Uyarı Sistemleridir. Örneğın, ABD’de Otomatik Yerel Gerçek Zamanlı Sistem (ALERT) adı verilen kapsamlı bir Taşkın Uyarı Sistemi mevcuttur. Bu sistem, gerçek zamanlı yağış ve akış ölçerlerden gelen verileri toplayan ve işleyen bir merkez istasyonundan oluşur. Geniş bir ölçüm istasyonu ve sensör ağı, yağış yoğunluğu, akış, baraj seviyeleri, rüzgar hızı, yönü, sıcaklık, barometrik basınç, bağıl nem ve toprak nemi gibi hidrometeorolojik parametreleri ölçer. Önceden tanımlanmış bu parametrelerin herhangi birinde değışiklik olursa, sensörler merkez istasyona bir mesaj gönderir. Veriler, bilgisayar modelleriyle birleştirilerek, potansiyel selin yeri ve zamanı belirlenir. Sel Kontrol Ekibi, halkı bilgilendirmek ve can ve mal kayıplarını azaltmak için Ulusal Meteoroloji Hizmetleri (NWS) ve diğer acil durum hizmetleriyle koordineli çalışır.

Başarılı bir erken uyarı sistemi için aşağıda kısaca açıklanan belli başlı 4 etmen vardır (Şekil 5):



Şekil 5. Erken uyarı sisteminin belli başlı etmenleri (Kadioğlu, 2013).

1. Risk Tespiti: Bilindiği gibi risk, tehlike ile zarar görme eğiliminin bir araya gelmesi sonucu ortaya çıkar. Gündelik hava olayları ile değişen taşkın tehlikesinin tahmini, oluşabilecek taşkın afetinin önlenmesi ve etkin müdahale için ilk adımdır. Taşkın tahmin sistemleri, örneğin Amerika’da ana akarsu sistemleri için kurulmuştur. Bu sistemler beklenen selin oluşma saati ve şiddeti hakkında gerekli bilgiyi sürekli olarak sağlar. Taşkın yavaş geliştiği ana akarsularda uyarılar olayın birkaç gün ya da hafta öncesinde verilebilir. Daha küçük akarsu kolları için uyarı zamanı birkaç saate kadar düşer ve muhtemelen bir ya da maksimum iki günden fazla değildir. Dik kanal gradyanlı kısa akarsulardaki akışlarda ani taşkın uyarılarının olayın birkaç saat hatta birkaç dakika öncesinde verilmesi mümkündür. Ancak uzun dönem uyarıları gereken bölgeler için daha sıkı ileri planlama ve hazırlık uyarı ve müdahale talepleri kısa aralıklarda da mümkündür.

Örneğin, Japonya’da taşkınlarla mücadele etmek için “Meteorolojik Gözlem ve Uyarı Sistemlerindeki İyileştirmeler” programı yürütülmektedir. Bu program, meteorolojik koşulların tam olarak tahmin edilmesini sağlayarak, tayfunlar, alçak basınçlı alanlar ve cephe faaliyetleri de dahil olmak üzere meteorolojik koşulların tam olarak bilinmesiyle fırtına veya sel hasarını önlemeyi veya azaltmayı amaçlamaktadır.

Japon Meteoroloji Ajansı, ülkenin her yerinde radar, uydu ve gözlem araçları kullanarak meteorolojik gözlemler yapmakta ve bu verileri kullanarak hava tahminleri yapmakta ve uyarılar yayınlamaktadır. Akarsuların su seviyesi ve havzalardaki yağış miktarı ile ilgili bilgi, kapsamlı bir akarsu/havza bilgi sistemi ile sağlanır ve yaygın bir şekilde kullanılır.

Böylece, Japonya’daki meteorolojik gözlem ve uyarı sistemleri sayesinde taşkınların olası etkileri önceden tahmin edilebilir ve gerekli önlemler alınarak zararlar minimize edilebilir.

Ayrıca, Japonya’da “Sel Kontrolü ve Fırtına Çıkmasına Karşı Önlemlerin Teşvik Edilmesi” üzerinde çalışılmaktadır. Bu kapsamda, küçük ve orta ölçekli akarsuların taşması ve şehirlerdeki sel baskınlarının önüne geçmek için Sel Kontrol Kanunu değiştirilmiş ve Temmuz 2001’den itibaren yeni düzenlemeler yapılmıştır.

Değiştirilmiş kanunun amacı, taşkın tahminini genişletmek ve iyileştirmek, su baskınlarının olabileceği yerleri işaret etmek, ilan etmek ve sel uyarılarıyla sel tehlikesi olan yerlerin kolay ve hızlı tahliyesini sağlayacak iletişim sistemlerini hazırlamaktır. Bu sayede, sel kontrolü ve fırtına çıkmasına karşı önlemler alınarak, taşkınların olası etkileri minimize edilmeye çalışılmaktadır.

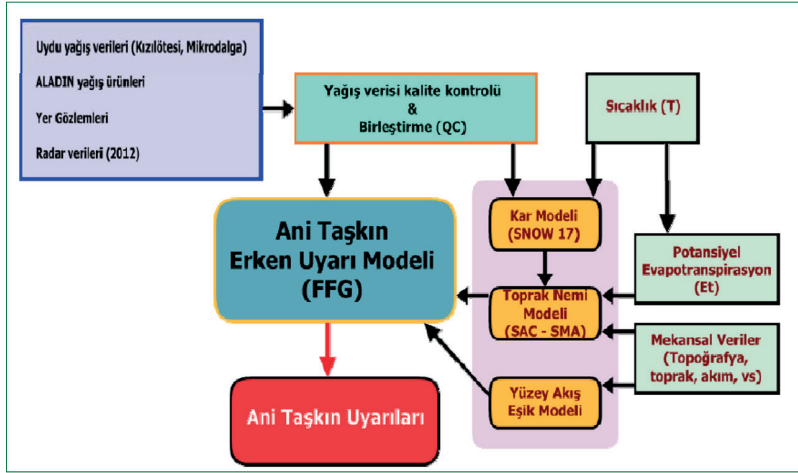
Avrupa ülkelerinin meteoroloji servislerinin katılımıyla EUMETNET tarafından tasarlanan Meteolarm sistemi, taşkınlar gibi diğer meteorolojik afetler için de kullanılmaktadır. Bu sistem, internet üzerinden Avrupa haritası üzerinde grafiksel bir arayüzle güncel meteorolojik uyarıları halkın kolayca anlayabileceği şekilde sunan bir erken uyarı sistemidir.

Meteoalarm, sağanak yağmur, gök gürültülü fırtına, Şiddetli rüzgarlar, sıcak hava dalgaları, orman yangınları, sis, kar yağışı, aşırı soğuk ve beraberindeki tipi, çığ ve Şiddetli gel-git olayları gibi muhtemel Şiddetli hava olayları ve sonuçlarına karşı kullanıcıları uyardır. Kullanıcılar, Avrupa haritası üzerinde havanın nerede tehlike arz edebileceğini bir bakıŐta görebilirler. Web sayfasındaki harita renk kodları, tehlikenin Őiddetini ve muhtemel etkisini kullanıcılara aktarmaktadır. Sistemde yer alan ülkeler, haritada mevcut tehlike durumlarını belirten renklerle gösterilir ve kullanıcılar, ülkelerin üzerine tıklayarak ulusal ve bölgesel uyarılara eriŐim sağlayabilirler. Bu sayede, Meteoalarm sistemi ile taşkın ve diğer meteorolojik afetlerin olası etkileri önceden tahmin edilebilir ve gerekli önlemler alınarak zararlar minimize edilebilir.

Meteoalarm sistemi, en yüksek uyarı durumu olan kırmızı ve turuncu renkleri için bölge üzerine simgeler ekleyerek hangi tipte hava beklendiği ve olası tehlikeyi kullanıcılara bildirir. Bu yüksek seviyeli uyarı hakkında daha detaylı bilgiye ulaŐmak için kullanıcılar, bir ülke içindeki bölgeye tıklayabilirler. Detaylı bilgiler, uyarının zaman periyodunu ve Őiddetini (rneğin rüzgar Şiddeti, yađŐ miktarı) gösterir. Meteoalarm, kullanıcılara Şiddetli hava olayları için içinde bulunan gün ile bir sonraki günün gösterimi arasında tercih sunar. Ayrıca, sayfa, daha detaylı bilgiye eriŐim için ilgili ülkenin meteoroloji servisinin web sayfasının bağlantısını da içerir (Staudinger vd., 2007). Bu sayede, kullanıcılar, taşkın gibi muhtemel tehlikeli hava olaylarına karşı gerekli önlemleri almak için güncel ve detaylı bilgilere kolayca eriŐebilirler.

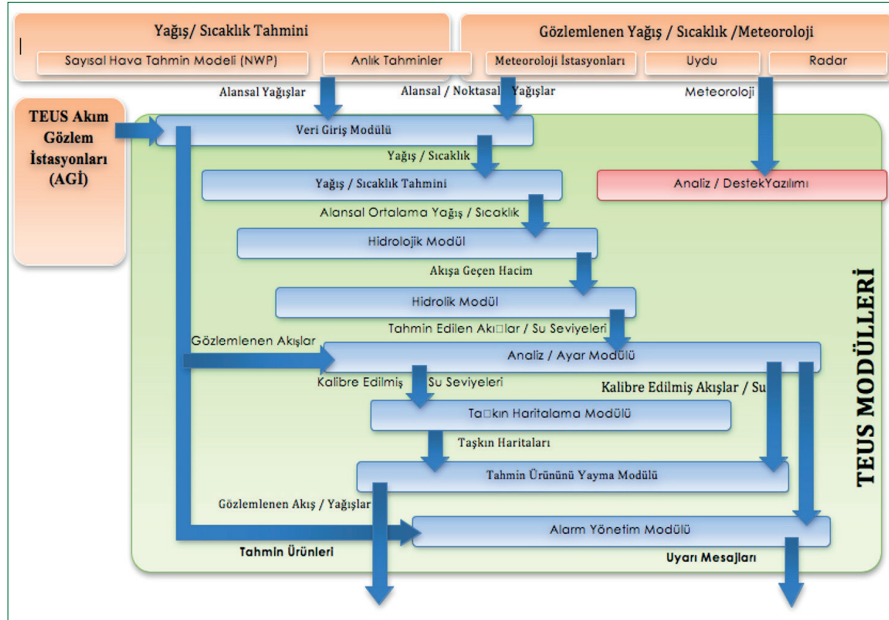
Türkiye, Meteoalarm sisteminin yesi değildir. Bu sistemde, taşkın eşik değerleri geçmiŐ yıllarda gözlenen taşkınlar temel alınarak belirlenirken, öncelikle veri setinin teorik bir olasılık yoğunluk fonksiyonuyla temsil edilmesi yaklaşımı kullanılır. Türkiye için MGM tarafından 2900 alt havzaya yönelik ani taşkın tahmin sistemi oluŐturulmuŐtur. Bu sistem, kar modeli (SNOW 17), yüzey akış hesaplamaları için Sacramento toprak nemi modeli (SAC-SMA), banket seviyesi akış miktarını belirlemek için yüzey akış eşik modeli ve ani taşkın erken uyarı ürünlerini üreten ani taşkın erken uyarı modeli olmak üzere dört ana modelden oluşur. Model ıktısı ürünler, kullanımı kolay bir internet ara yüzü ile sadece ilgili kullanıcıların eriŐimine açıktır.

MGM Ani Taşkın Erken Uyarı Sistemi'nde yađŐ verileri olarak uydu, ALADIN vb. model ıktıları, yer gözlemleri ve RADAR rnleri kullanılmaktadır. YađŐ verileri, hata düzeltmeleri ve kalite kontrolünden sonra modellere girdi olarak kullanılır. Modellerde parametrelerin oluŐturulması ve kalibrasyonu için CBS ortamında hazırlanmış olan topografya, bitki örtüsü, toprak ve hidrometeorolojik veriler kullanılmıŐtur. Model konsepti, dađıtılmıŐ bir fiziksel model olup, her bir alt havza için tüm modeller çalışır.



Şekil 6. MGM ani taşkın uyarı sisteminde kullanılan hidrometeorolojik parametre ve tahmin modellerinin şematik bir gösterimi (SYGM, 2017).

İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), şehirdeki 5 dere üzerinde kurulu olan Taşkın Erken Uyarı Sistemi (TEUS) ile, dere yataklarında ve şehir merkezinde yaşayan vatandaşların can ve mal kaybını en aza indirmeyi hedeflemektedir. Bu sistem, 10 adet akım gözlem istasyonu ile birlikte taşkın risk haritaları, yağış tahmin modeli, meteorolojik uydu ve radar verilerini kullanarak çalışmaktadır. TEUS yazılımı gerçek zamanlı verilerin yanı sıra MGM tarafından üretilen ALERO, WRF ve DIS modelleri ile NOAA tarafından üretilen GFS, CMORPH ve QMORPH modellerinin tahminlerini de kullanmaktadır (Şekil 7).



Şekil 7. İBB AKOM'un ani taşkın uyarı sistemi TEUS'da kullanılan hidrometeorolojik parametre ve tahmin modellerinin şematik bir gösterimi (AKOM, 2014).

Erken uyarı, öncelikle tahminle başlar. Teknik anlamda, “gelecekte olması muhtemel bir olayın ortaya çıkışının kesin olarak ifade edilmesi ya da istatistiksel olarak bildirilmesi”ne tahmin denir. Başka bir deyişle, hangi konuda olursa olsun, sadece “Kaynak, Yer, Zaman, Miktar ve Olasılık” gibi net ve nicel büyüklükler belirten objektif kestirimlere tahmin denilir (Şekil 8). Bir andaki hava durumundan yararlanarak, atmosferin ilerideki nicel durumunu belirlemeye hava tahmini denir (Kadioğlu, 2013).

Meteorolojide, erken uyarı toplanan ve işlenen veriler ile üç adımda gerçekleştirilir. İlk adım kısa vadeli hava tahmini yapmaktır. Bu tahmin, 12-24 saat öncesinde şehir ölçeğinde yapılır. Tahminde kaynak, yer, zaman, miktar ve olasılık gibi bilgiler verilir (Şekil 8). İkinci adım takip/gözlemlenme veya izlemedir. 2 ila 6 saat öncesinde kasaba, köy gibi küçük yerleşim ölçeğinde, yani noktasal olarak yapılır. Tahminde verilen bilgilere ilaveten, gözlemlenen meteorolojik afetin olası şiddeti ve halkın alması gereken önlemler yer alır.



Şekil 8. Meteorolojik erken uyarının üç önemli aşaması ve bunların tanımları (Kadioğlu, 2013).

Havza bazlı taşkın önleme çalışmaları, barajlar aracılığıyla yağışlı mevsimlerde oluşan yüksek akımların depolanması ve taşkınların pik dönemlerinde kontrollü bir şekilde barajlardan bırakılmasıyla gerçekleştirilir. Bu nedenle taşkın tahmini için belirli parametreler dikkate alınır:

- Nehir ve derelerdeki su miktarı,
- Son zamanlardaki yağış miktarı ve gelecek yağış tahminleri,
- Yağan yağmurun kar erimesine neden olup olmayacağı,
- Toprağın nemi ve su sızdırma kapasitesi,

DSİ Akım Gözlem İstasyonları (AGİ), taşkın erken uyarı sistemlerinde genellikle başlangıç sınır şartı veya kalibrasyon için kullanılır. Ancak, bütün bir havzada etkili olan yağış istasyonlarından gerçek zamanlı veri toplanarak yağış akış modeline girilmesi ve bu bilgilerin baraj hacimleri ve işletmeleri ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Bu şekilde elde edilen bilgiler, önce akışa sonra kritik kesitlerde seviyeye ve taşkın uyarı sistemlerinde uyarıya dönüştürülebilir. Yeşilirmak havzasında yapılan hidrolojik modelleme çalışmaları da erken uyarı sisteminin alt yapısı olarak kullanılmaktadır.

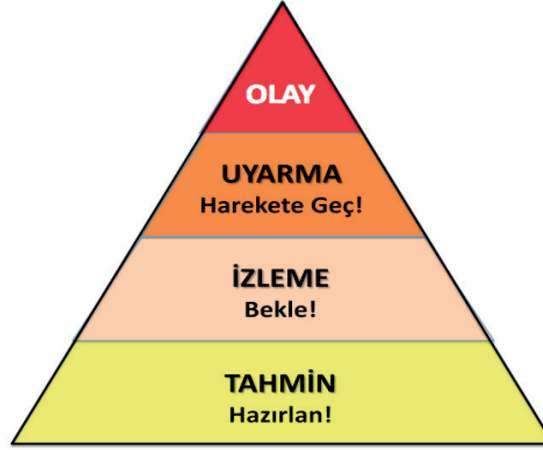
2. İzleme ve Uyarı: Doğru ve zamanında uyarılar yapabilmek için güvenilir bir tahmin ve erken uyarı sistemi bilimsel bir temele dayandırılmalı ve uzmanlar tarafından oluşturulmalıdır. Tehlike parametreleri sürekli olarak izlenmeli ve acil durumlarda doğru uyarılar yapmak için uyarı mekanizmaları, her afet ve acil duruma özgü olarak belirlenmelidir.

Örneğin, İBB Taşkın Erken Uyarı Sistemi (TEUS) gerçek zamanlı hidrometeorolojik veri depolama ve uyarı gönderme sistemleri ile entegre bir yazılımdır. TEUS, İSKİ ve diğer kurumlarla işbirliği yaparak İstanbul genelinde 5 farklı havza üzerinde çalışmaktadır. Sistem, akarsu akışı ve su seviyesi tahminleri üretmek için birkaç modülden oluşmaktadır. MGM tarafından sağlanan gerçek zamanlı radar ve uydu yağış verileri, AGİ'ler tarafından sağlanan yağış miktarı bilgileri ve çeşitli yağış modeli tahminleri bu modüllerde kullanılmaktadır. Veriler, Veri Giriş Modülü tarafından alınır ve Yağış Miktarı ve Sıcaklık Tahmin Modülüne iletilir. Bu modül, Hidrolojik Modül için sıcaklık ve yağış verilerini sağlar ve pilot havzalardaki akış hacimlerini hesaplar. Hidrolik Modül, pilot havzalardaki kanal ağı akış ve su seviyelerini hesaplar.

Özetle, akarsular üzerindeki AGİ gözlemleri doğru hesaplamalar için gereklidir. Bu gözlemler aşağıdaki sensor ve ekipmanları içermelidir (DSİ, 2004):

- Su seviyesi ölçer sensor (optik)
- Su seviyesi ölçer sensor (manuel-şamandıralı)
- Yağış miktarı ölçer sensor (ısıtıcılı)
- Debi ölçer (ultrasonik doppler debimetre)
- Seviye gösterir eşel
- Dome kamera

Meteorolojik uyarı ve ihbarlar, gözlemlenen meteorolojik afetin birkaç dakika öncesinden 30-60 dakika öncesine kadar mahalle veya sokak ölçeğinde yapılır (Şekil 8). İhbarların içeriği izleme ile aynıdır, ancak hemen eyleme geçilmesi gerektiğinin altı çizilir (Şekil 9).



Şekil 9. Hava tahmin epistemolojisindeki tanımları (Kadioğlu, 2013).

Tablo 1. Meteolarm renk kodları (Staudinger vd., 2007; ERG, 2014).

Renk Kodu	Açıklama	Kullanım sıklığı (Alan yaklaşık 300,000 km ²)
Beyaz	Eksik, yetersiz, güncel olmayan veya şüpheli veri var.	-
Yeşil	Herhangi bir uyarı yoktur.	Alışılmış olaylar
Sarı	Hava koşulları potansiyel olarak tehlikeli olabilir. Bazı hava olayları normalden farklıdır ve dikkatli olunması gereken aktivitelerden etkilenebilirler. Bu nedenle, olası tehlikeler hakkında haberdar olmak için takip etmek önemlidir.	Yılda >30 kez
Turuncu	Meteorolojik şartlar tehlikelidir. Normal koşullardan farklı olaylar meydana gelmektedir ve bu durum zarar ve can kaybı riskini arttırmaktadır. Dikkatli olunmalı ve beklenen hava koşulları hakkında düzenli olarak bilgi alınmalıdır. Olası risklerin farkında olunmalı ve yetkililer tarafından yapılan uyarılara uyulmalıdır.	Yılda 1 ila 30 kez
Kırmızı	Hava son derece tehlikelidir. Tahminlere göre son derece şiddetli meteorolojik koşullar yaşanabilir. Bu koşullar hayati tehlike oluşturabilir ve geniş bir alanda hasar ve kazalara neden olabilir. Beklenen meteorolojik koşullar hakkında sık sık bilgi alınmalıdır. Yetkililer tarafından verilen yönlendirmeler kesinlikle takip edilmeli ve her türlü olası duruma karşı hazırlıklı olunmalıdır.	Yılda birden az ve büyük ölçekli olay (5000 km ²)

Halk genellikle taşkın uyarılarıyla ilgili panik yaşamaktansa, sel oluşumunun doğrulanmasından önce tedbirler almada gereğinden yavaş davranır. Ancak özellikle ani taşkınlarda, dere ve nehirlerin aşağı kısımlarındaki halkın uyarılması ve oradan boşaltılması için en fazla bir saatlik süre vardır. Bu nedenle, bu bölgelerde yaşayan insanlar, muhtemel bir sel durumunda bölgeyi en geç bir saat içinde boşaltabilmeleri için hazırlıklı olmalıdır. Bunu sağlamak için, gerektiğinde insanlar sırasıyla “Taşkın İzleme” (izleme alanında veya yakınında taşkın oluşma ihtimali var, uyarıda harekete geçmek için hazır bir şekilde bekle!) ve “Taşkın Uyarısı” (uyarı alanında taşkın şu an oluşuyor veya oluşması an meselesi, derhal harekete geç!) şeklinde çeşitli araçlarla uyarılabilir.

MGM tarafından yapılan meteorolojik erken uyarılar, METEOALARM Erken Uyarı Sistemi'ne entegre edilmek için uyarı şiddet skalaları belirlenmiştir (Staudinger vd., 2007; ERG, 2014). Bu amaçla, örneğin yağış parametresi için eşik değeri (mm/24 saat) tespitinde, veri setini temsil eden bir teorik olasılık yoğunluk fonksiyonu belirleme yaklaşımı kullanılmıştır (Tablo 1).

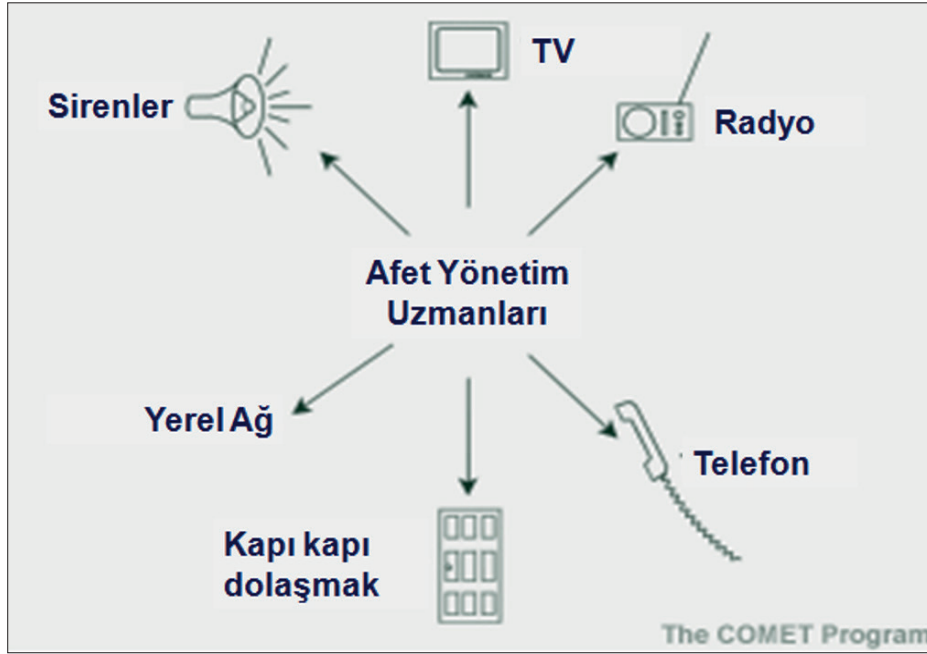
Özetle Erken uyarı sistemlerinin kurulması için gereken ölçüm ağı ve mevcut veriler incelendiğinde, havzada yağıştan sonra başlayan bir taşkın erken uyarı sistemi olup olmadığı ve varsa mevcudiyetinin yeterli olup olmadığına bakılmalıdır. DSİ AGİ'leri sadece kalibrasyon veya özel durumlarda başlangıç sınır şartı bilgisi olarak hizmet verebilir. Havza için uygun taşkın modelleri oluşturmak için, gerçek zamanlı yağış istasyonlarından elde edilen verilerin yağış akış modeline etkin bir şekilde dahil edilerek, akıştan sonra kritik kesitlerde seviyeye ve taşkın uyarı sistemlerinde uyarıya dönüşen bilgiler oluşturulmalıdır. Ayrıca, bu bilgiler baraj hacimleri ve işletmeleri ile ilişkilendirilmelidir. Hidrolojik modelleme çalışmaları, aslında erken uyarı sisteminin temelidir (DSİ, 2004).

Havza Taşkın Yönetim Planı (TYP) çerçevesinde kurulması ve işletilmesi gereken yağış akış modeli, gerçek zamanlı verilerle çalıştırılarak, riskli alanların koşullarına bağlı olarak ayrıntılı bir şekilde kalibre edilmelidir. Bu aşamadan sonra, sonuçlar proje kapsamında geliştirilen hidrolik modellerde değerlendirilerek, debi-seviye-kot bilgileri verilebilen taşkın erken uyarı sistemlerine dönüştürülebilir (SYGM, 2017).

Havzalarda yavaş gelişen ana nehir taşkınları ile küçük ve dik havzalarda ani gelişen taşkınlar görülebilir. Bu alanlarda klasik gerçek zamanlı yağış istasyonlarının verileriyle modelleme yapılabilir. DSİ'nin halihazırda işletmekte olduğu VSAT sistemi ile akım ve yağış istasyonlarına kolaylıkla adapte edilebilen GPRS sistemleri kullanılarak yer istasyonlarının verileri gerçek zamanlı olarak sistemlere iletilmelidir. Havzada büyük baraj çıkışlarını temsil eden akım gözlem istasyonları taşkın başlangıç sınır koşullarını oluşturan noktalar olarak kullanılabilmesi gibi, bu barajları da içine alan modelleme sistemleri kurulabilir. Bazı havzalarda son yıllarda denize mansaplanan küçük müstakil dere ve nehirlerde tehlikeli ani taşkınlar gözlemlenmektedir (DSİ, 2004). Bu küçük havzalarda mevcut olan yağış istasyonları bazı durumlarda meydana gelen taşkınları temsil etmekten uzak kalabilir. Denize bakan bu küçük havzalarda, taşkın yapan havzanın yağış ağırlık merkezlerine kurulan gerçek zamanlı yağış istasyonları yanı sıra

radar yağış bilgileri ve meteorolojik taşkın modeli yağış tahminleri taşkın tahmin modellerine entegre edilmelidir. Bu şekilde havzamn ani taşkın yapan küçük alt havzalarında, havza yağışı, üç sistemden gelen yağış bilgileri ile daha doğru olarak hesaplanabilir ve radar ve meteorolojik yağış tahmininden gelecek verilerle taşkın modellemelerinin çalıştırılması erken uyarı için zaman kazandıracaktır.

3. Yayma ve iletişim: Halkın uygun şekilde tepki verebilmesi için anlaşılır ve kolayca kavranabilir bir uyarı verilmesi gerekmektedir. Bölgesel, ulusal ve uluslararası iletişim kanalları belirlenmeli ve doğru hedef kitleye ulaştırılmalıdır (Şekil 10). Bu amaçla en azından yerel yetkililer, polis, itfaiye ekibi ve radyo-televizyon istasyonları bilgilendirilmelidir. Bilgiler ayrıca hava durumu sitelerinde de yayınlanmalıdır (Kadioğlu, 2013; SYGM, 2017).



Şekil 10. Afetlerde halka yönelik erken uyarı işlemlerinde kullanılabilecek medya araçları ve diğerleri (Kadioğlu, 2013).

Erken uyarı, afet riskini engellemek, azaltmak ya da daha etkin müdahaleye olanak sağlayacak bilgilerin yetkili kurumlar tarafından zamanında ve etkin olarak duyurulmasıdır. Meteoroloji istasyonlarımız havzalarındaki taşkınları tahmin edip gerekli uyarıları doğrudan halka yapmalıdır. Bu nedenle ülkemizde kapalı olsa bile uyarı verildiğinde meteorolojik ihbarları veren özel meteoroloji radyolarına ihtiyaç vardır. Ayrıca amatör meteorologlar ve afet gönüllüleri de tehlike bekledikleri durumlarda gelişmeleri tespit edip merkeze bildirmelidir. Yerel yönetimler, sel gözcüleri ve bir eşel yardımıyla sık sık taşan akarsuları takip edebilir ve su seviyesi hızla yükseldiği durumlarda aşağı kısımlardaki insanlar uyarılıp tahliye edilebilir.

Taşkın gözlemlerinin ve uyarılarının etkili olabilmesi için topluma yayılması, uygun zamanlama ve etkili müdahale faaliyetleriyle desteklenmesi gerekmektedir. Bu nedenle yerel yetkililer, polis, itfaiye ekipleri, radyo ve televizyon istasyonları bilgilendirilmelidir. Bilgiler ayrıca hava durumu sitelerinde de yayınlanmalıdır ve uyarılar etkili bir şekilde sunulmalıdır. Taşkınla karşı uyarı yapmak için belediye gibi yerlerde kablolu ya da kablosuz hoparlörler kullanılabilir. Kırsal alanlarda ise hoparlörlü araçlar tercih edilebilir. Sivil savunma sirenleri yalnızca savaş durumlarında kullanılması gerektiği için bu konuda eğitimi olmayan halkın taşkın tehlikesini anlaması zordur. Bu nedenle yerel yönetimlerin, sabit ya da mobil hoparlörler kullanarak gerektiğinde halkı uyarmak için hazırlık yapmaları önerilmektedir.

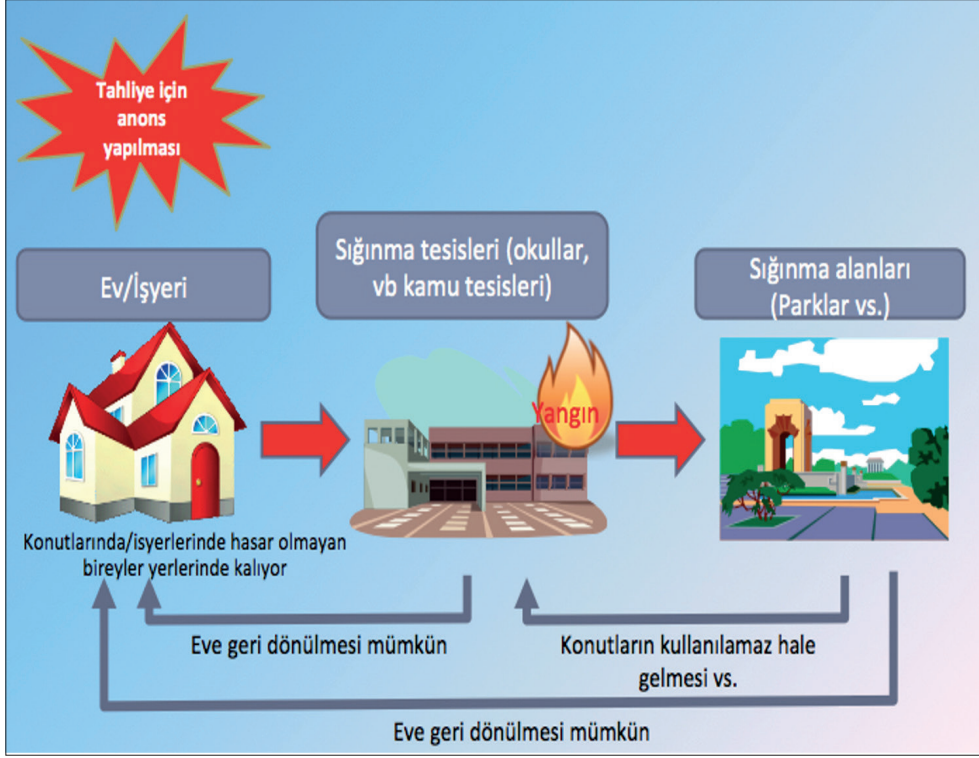
Kısaca, erken uyarı sistemleriyle ilgili başarılı bir iletişim için aşağıdaki 4 kuralın yerine getirilmesi gerekmektedir:

- **Kullanışlı:** Verilen bilgi insanların ihtiyaç duyduğu bilgi olmalıdır.
- **Anlaşılır:** Bilgi toplumun her kesimi tarafından doğru ve anlaşılır şekilde algılanabilmelidir.
- **Dakik:** Bilgi hedef kitleye gerektiği zamanda ulaştırılmalıdır.
- **İnandırıcı:** Yapılan uyarılar toplumun her kesimi tarafından ciddiye alınmalıdır. Aksi halde, erken uyarılara olan güvensizlik “yalancı çoban” sendromuna neden olabilir ve tehlikeli sonuçlar doğurabilir.

4. Müdahale Kapasitesi: Toplamların, karşılaştıkları riskleri anlamaları ve nasıl tepki göstereceklerini bilmesi çok önemlidir. Bu nedenle, halkın eğitimi ve yerel yönetimlerin afet hazırlık programları büyük önem taşımaktadır. Tahminlerin ve erken uyarıların yararlı olabilmesi için, tahliye planları ve eğitimleri büyük önem kazanmaktadır.

Birçok durumda yeterli uyarıların yapılması halinde insanlar, hayvanlar ve malların uzaklaştırılması mümkündür, ancak ani taşkınlar sadece insanların tahliyesine olanak sağlayabilir. Tahliyede Şekil 11’deki yol haritası takip edilmeli ve TYP’de yer alan gerekli talimatlara uyulmalıdır (Kadioğlu, 2013).

Taşkın yönetim planlarında sadece geçici ve kontrollü tahliye ele alınmalıdır. Kalıcı tahliye, afet sonrasında kalıcı konutlara yerleşmek anlamına gelir. Denetimsiz tahliye ise sadece halkın can güvenliği tehlikede olduğunda ve acil müdahale için beklemeye zaman kalmadığında yapılmalıdır.



Şekil 11. Erken uyarı, tahliye ve geçici barınma ile birlikte eve dönüş çevrimi (Kadioğlu, 2013).

8. Hidrometeorolojik Afetler

Normal hava koşulları bile, değişken doğasıyla bazen kuraklıklara bazen de sellerin oluşmasına neden olmaktadır. Yarı kurak iklim bölgesinde yer alan ülkemizde, suyun azlığı kuraklık ve fazlalığı sel gibi iki önemli afetin yaşanmasına neden olmaktadır. Bu afetler sosyo-ekonomik yaşantımızı da çok olumsuz şekilde etkileyebilir. Sel ve kuraklık doğa kaynaklı olaylardır ve atmosfer hareketliliği, meteorolojik sistemler ve hidrolojik döngüler içinde bazı bölgelerin zaman zaman ıslak veya kurak periyotlar yaşaması normaldir. Önemli olan ülkemizde sel ve kuraklık gibi afetleri gözlemlemek, önemsemek ve zamanında önlem alabilmektir. (Kadioğlu, 2018 ve 2019).

Türkiye’de sel tahminleri için gerekli olan yağış ölçümleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) tarafından, akışa geçen yağış ölçümleri ise Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından yapılmaktadır. Bu durum, sel ve kuraklık gözlemlerinin ve uyarılarının gerektiği gibi yapılamamasına ve büyük kaynak israfına neden olmaktadır. Ayrıca, afet ve acil durum yönetimi yapılanmasında birden fazla kurumun sorumlu olması, ancak kimi görev ve sorumluluk alanlarının sahipsiz kalması, sık sık yetki ve sorumluluk karmaşasıyla karşı karşıya kalınmasına yol açmaktadır. Bu sorunlar, afet ve acil durum yönetiminde tüm işlevlerin tek elden ve eşgüdümlü olarak yönetilmesi ile çözülebilir.

9. Seller

İnsanlar, Romalılardan beri sellerle mücadele etmek için barajlar ve su bentleri inşa etmiştir. Ancak 1950'lerden sonra, selden korunma kavramı değişmiştir ve artık büyük-küçük her nehre baraj yapılamayacağı anlaşılmıştır. Gelişmiş ülkelerde hidrometeorolojik gözlem ağıları, meteoroloji radarları, otomatik akım ve yağış istasyonları ve hidrometeorolojik modeller kullanılarak doğru ve erken nehir su seviyesi tahminleri ve uyarıları yapılmaktadır. Ancak ülkemizde, aşırı yağış, çığ, heyelan gibi doğa kaynaklı afetlere maruz kalma riski artmaktadır çünkü nüfus artmakta, çarpık şehirleşme ve bilinçsiz yerleşimler yaygınlaşmaktadır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi, ülkemizde de 2-aşamalı ve yerel ani sel ve fırtına ihbarları ve tavsiyeleri “Sel Gözetleme/İzleme” ve “Sel Uyarısı” şeklinde yapılması gerekmektedir. Ancak bu uyarılar yapılamamakta ve tehlike bölgelerinde gerekli tahliye planları ve hazırlıkları yapılamamaktadır.

Sel korunması için ülkemizde yapılacaklar şunlardır: (1) Sel yataklarının kontrolsüz yerleşime açılmaması, (2) Meteorolojik sel gözetleme ve uyarıları kurallara uygun bir şekilde yaparak halkı bunlara anında uymaları için eğitmek, (3) Görünüşe aldanmadan, dibi görülmeyen sel sularına yüzerek, yürüyerek veya otomobil ile girilmemesini sağlamak, (4) Yakın bir yerde sel oluşumunun görüldüğü veya duyulduğu an, hemen daha yüksek güvenli yerlere kaçmak gibi halkın sürekli eğitimi ile refleks geliştirmelerini sağlamaktır. Ayrıca, ülkemizde nehir bölgelerine ayrılmalı ve MGM'nin bu bölgelerdeki istasyonları nehirlerin su seviyelerini sürekli olarak tahmin ederek, sel tehlikesini bürokratik işleme gerek duymadan uygun bir şekilde halka duyurabilmelidir.

10. Kuraklık

Kuraklık, insanlığın karşılaştığı en büyük doğa kaynaklı afetlerden biri olup en kapsamlı sosyo-ekonomik zararlara neden olmaktadır (Bryant, 2005; Kadioğlu, 2001 ve 2008). Kuraklık belirtileri, yani azalan yağış miktarı, ilk olarak meteorolojik ölçümlerle tespit edilir. Ardından tarımsal kuraklık ve hidrolojik kuraklık meydana gelir. Kuraklık, içme ve kullanma suyu sıkıntısı, tarımsal verim düşüklüğü ve hidrolojik değişimler nedeniyle sosyo-ekonomik zararlara yol açar. Kuraklıkla mücadele için alınacak önlemler, su talep ve arzlarının dengelenmesini içermelidir. Ancak Türkiye’de ne bir kurum ne de afet mevzuatı, kuraklıkla mücadele için öngörülmüştür. Bu nedenle, su tasarrufu kararları zamanında alınmamakta ve kuraklık sorunu zamanla büyüebilmektedir. Suni yağmur yağdırma yöntemi de henüz kuraklıkla mücadele için etkili bir çözüm değildir. Bu yöntem dünya genelinde denendi, ancak sonuçlar yetersiz bulunduğundan terk edildi.

11. Sonuç ve neriler

Doğa kaynaklı 31 afetin 28 adeti meteorolojik Şartlar ile ilişkilidir (MMO, 1999). Küresel iklim değişikliği ile birlikte, meteorolojik afetlerin hem sayısı hem de Şiddeti artmaktadır (Kadioğlu, 2012). Türkiye’de, meteoroloji ve hidrometeorolojik olaylar sık sık afetlere dönüŐerek, gelişmiş ülkelere kıyasla çok daha fazla insan ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Ancak, halihazırda iklim değişikliği, kalkınma ve afet risk yönetimi alanlarında çalışan uzmanlar farklı kurumsal düzenlemeler, yönelimler, öncelikler ve stratejiler kullanmaktadır. Bu durum, hidrometeorolojik afetlerle mücadelede, farklı kurumların kaynaklarını ve stratejilerini koordine etme yeteneklerinin sınırlı olmasıyla sonuçlanmaktadır. Ulusal ve uluslararası politik ve teknik çerçevelerin farklılığı nedeniyle, afet yönetimi, iklim değişikliği ve sürdürülebilir kalkınma konularında ulusal ve uluslararası koordinasyon eksikliği bulunmaktadır. Bu nedenle, meteorolojik afetlerle mücadele konusunda çalışan kurum ve uzmanların birbirleriyle yeterli derecede sinerji, bilgi ve işbirliği içinde olmadıkları görülmektedir. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için, kalkınma, iklim değişikliği ve afet risk yönetimi konularında çalışan kurum ve uzmanların kaynaklarını btnleŐtrerek daha etkili bir Şekilde kullanmaları gerekmektedir.

Bunun için;

1. İklım değişikliği ile mücadele edebilmek için Afet Risk Yönetimi Stratejisiyle birlikte, tüm politika, plan ve programlar ‘‘İklım Risk Yönetimi’’ adı altında bütünleşik bir Şekilde ele alınmalı ve çözümler geliŐtirilmelidir.
2. Türkiye’de, hidrolojik ve meteorolojik hizmetler bir araya getirilmeli ve hava, su, iklim ve afet hizmetlerinde köklü bir reforma gidilmelidir. Bunun için, havza ölçeğinde toprağın nem durumu, kar örtüsü, fırtınanın etkisi, yağış miktarları vb. belirleyen ve sel veya kuraklık ihbarlarını sürekli olarak yapabilecek Şekilde donatılmıŐ tek bir teknik kurum oluşturulmalıdır. Bu kurum, ulusal ekonomiyi kuvvetlendirmek için meteorolojik, hidrolojik ve iklimle ilgili tahminler ve uyarılarda bulunarak can ve mal güvenliğini sağlamalıdır.
3. Afetlerin belirlenmesi, izlenmesi ve gerekli uyarıların yapılabilmesi için, meteorolojik tahminlerde olduğu gibi hava tahminlerinin ‘‘Kaynak, Yer, Zaman, Miktar ve Olasılık’’ Şeklinde belirtilmesi ve meteorolojik ihbarların ‘‘Kaynak, Tehlike, Yer, Zaman, Büyüklük, Olasılık ve Koruyucu nlemler’’ Şeklinde tek tek belirtilmesi için gerekli yönetmelikler hazırlanmalıdır.
4. Doğru bir Şekilde ihbar yapabilmek için, gözlenen meteorolojik özelliklerin neye işaret ettiği, ancak daha önceki afetlere ait bilgilerin akademik seviyede bilimsel olarak değerlendirilmesiyle mümkündür. Bu nedenle, gerçek anlamda bir kurum-niversite işbirliği yapılmalı ve bir ‘‘Fırtına Veri Tabanı’’ oluŐturulup bilimsel çalıŐmalarda kullanılacak olan tüm veriler üniversitelere sunularak bilimsel çalışmalar teşvik edilmelidir.

5. Afetlerle mücadele ve afet zararlarını azaltmak için eğitim temel bir unsurdur. Özellikle hazırlık ve zarar azaltma aşamalarında, uluslararası standart mesajlar halka ulaştırılmalıdır. Bu konuda sadece müdahale ekiplerinin değil, hidrometeorolojik afetler öncesinde, sırasında ve sonrasında yapılması gerekenler hakkında halkın sürekli olarak eğitilmesi gerekmektedir. İlk ve orta öğretim ders kitaplarında hidrometeorolojik afetler hakkında doğru ve yeterli bilgiler verilmelidir.
6. Ülkemizde içme ve sulama suyu, sınırı aşan sular, ekolojik göçler, çölleşme, yok olan yaban hayatı, meralar, tarım alanları ve tarımsal üretim, azalan hidroelektrik üretimi gibi büyük problemlerle mücadele edilirken, kuraklık da afet mevzuatına dahil edilmeli ve su, hava ve afet politikaları birlikte ele alınarak, şehir ve bölge ölçeklerinde Kuraklıkla Mücadele Planları geliştirilmeli ve uygulanmalıdır.
7. Son yıllarda yerleşim alanlarındaki yoğunluk ve nüfus artışı nedeniyle, seller sonucu yaşanan zararlar artmıştır. Yerel yöneticilerin doğru kararlar alabilmesi için, o yerin meteorolojisi, hidrolojisi, topografyası, morfolojisi, bitki örtüsü vb. faktörler göz önünde bulundurularak, gelecekte oluşabilecek kent selleri veya taşkınlar için değişik yağış şiddetleri hesaba katılarak, sel yataklarında oluşabilecek yüzeysel su derinlikleri önceden belirlenmelidir.
8. Artık ülkemizde, şehir planlaması, sanayi ve yerleşim bölgelerinin seçimi gibi problemlerin disiplinlerarası çalışmaları gerektirdiği fark edilmelidir. Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) ve Stratejik Çevresel Değerlendirme (SED) raporları için gerekli meteorolojik etütler de uzmanlar tarafından yapılması zorunlu hale getirilmelidir. Bu nedenle afet yöneticileri ve şehir planlamacılarının, bu yeni tehlikelerin şehirlerde yaşayan nüfusu nasıl etkileyebileceği konusunu dikkate almaları gerekmektedir.
9. Ayrıca, şehirlerin imar planları hazırlanırken, sel yatakları hidrometeorolojik analiz ve modeller kullanılarak ayrıntılı bir şekilde belirlenmeli ve buralarda yapılaşmaya kesinlikle izin verilmemelidir.
10. Ülkemizde yayın yapan MGM Meteoroloji Radyosu yerine, MGM Bölge Müdürlüklerine yerleştirilecek basit FM/AM vericileri ile normal radyolardan duyulabilen yerel hava durumu ve fırtına uyarıları halka sürekli olarak ulaştırılmalıdır. Kapalı olsa bile, fırtına anında verilen meteorolojik uyarıları otomatik olarak açılıp yayın yaparak duyuran özel el radyolarının ülkemizde de kullanılması sağlanmalıdır.
11. Özel ve resmi yerel televizyon ve radyoları, olağan dışı hava koşulları sırasında bir merkeze bağlı olarak “Afet Anında Zorunlu Yayın” yapmalıdır. Ayrıca, kablolu ve dijital TV’lerde de örneğin 112 numaralı bir kanal gibi “Afet Anında Zorunlu Yayın” için bir kanal boş bırakılmalıdır. Bu amaçla, RTÜK gibi yasal düzenlemeler yapılmalıdır.
12. Türkiye’de, öncelikle halkın vergi parası korunması göz önünde bulundurularak, çiftçilerin, ev ve iş sahiplerinin hidrometeorolojik afetlere karşı zorunlu ve kategorik sigorta yaptırmaları teşvik edilmelidir. Sigorta yapılmayan hasarlar halkın vergileriyle karşılanmamalıdır.

12. Kaynaklar / References

- AFAD, (2018). Afete Dirençli Toplum Uygulama Örnekleri. Avrupa Doğal Afetler Eğitim Merkezi (AFEM) *Afete Dirençli Toplum Oluşturmada Yerel Yönetimlerin Rolü Çalıştayı*, Ankara.
- AKOM, (2014). *Ayamama Deresi Taşkın Risk Haritası Çalışması*. İBB Afet Koordinasyon Merkezi.
- Bryant, E. (2005). *Natural Hazards*. Cambridge University Press, UK. s. 330.
- DSİ, (2004). Suya Bağlı Afetlerin Etkilerinin Azaltılmasında Yaşanan Sorunlar ve Çözüm Yolları, 22 Mart 2004 Dünya Su Günü Paneli.
- ERG, (2014). National Weather Service Hazard Simplification Project Social Science Research for Phase I: *Focus Groups Final Report*. Prepared by: Eastern Research Group, Inc. Arlington, Virginia, s. 30.
- IPCC Working Group I. (1991a). ‘Policy Makers Summary’, in Houghton, J. T., G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums (editors), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, England: Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- IPCC Working Group I. (1991b). ‘Policy Makers Summary’, in Houghton, J. T., G.J. Jenkins, and J.J. Ephraums (editors), *Climate Change: The IPCC Scientific Assessment*, Cambridge, England: Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- IPCC, (2001a). The Global Climate of the 21st Century WG I (Science) *Summary for Policy-Makers*, Third Assessment Report. Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- IPCC, (2001b). Climate Change 2001: Synthesis Report. *A Contribution of Working Groups I, II, III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; Watson, R.T., Ed.; Cambridge University Press: Cambridge, UK.
- IPCC, (2007). IPCC Fourth Assessment Report Working Group I Report. “*The Physical Science Basis*”. Cambridge University Press, New York.
- IPCC, (2012). – Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation (SREX)*. Cambridge University Press, The Edinburgh Building, Shaftesbury Road, Cambridge CB2 8RU ENGLAND, s.582.
- Kadioğlu M. & N. Topçu, (1997). Marmara Bölgesi’nde Kuraklık Takibi. *Su Kaynaklarının Korunması ve İşletilmesi Sempozyumu*, 2-3 Haziran 1997, İSKİ, İstanbul, s. 167-176.
- Kadioğlu, M & Özdamar, E. (2008). *Afet zararlarını azaltmanın temel ilkeleri 1*. Baskı Ankara: JICA Türkiye Ofisi Yayın No:1, 2005, s. 10.
- Kadioğlu, M. (2007). *99 Sayfada Küresel İklim Değişimi Söyleşi*. Serhan Yedig, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Kadioğlu, M. (2008). Kuraklık Kırımı Risk Yönetimi; Kadioğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), “*Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*”; s. 277-300, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.
- Kadioğlu, M. (2012). *Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi*. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, s. 172, ISBN: 978-605-5294-12-0.

- Kadioğlu, M. (2013). *Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek*. TC Marmara Belediyeler Birliği Yayını.
- Kadioğlu, M. (2018). Sellere Dirençli Kent Oluşturmanın Adımları. *Şehir ve Toplum* (10), s. 77-90.
- Kadioğlu, M. (2019). *Kent Selleri Yönetimi ve Kontrol Rehberi*. Marmara Birliği Kültür Yayınları, s. 366. İstanbul.
- Kadioğlu, M. (2020). *Bildiğiniz Havaların Sonu: Küresel İklim Değişimi ve Türkiye*, s. 272, SİA Kitap, İstanbul.
- Kadioğlu, M. (Editör), (2001). *Kuraklık Kıranı*. Güncel Yayıncılık, İstanbul, 128.s.
- MMO, (1999). *Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler ve Meteorolojik Önlemler Raporu*, TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası. 61 s.
- Önol, B. (2007). *Downscaling climate change scenarios using regional climate model over Eastern Mediterranean*. İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran 2007, p: 87.
- Onol, B. & Semazzi, F. H. M. (2009). Regionalization of Climate Change Simulations over the Doğu Akdeniz. *Journal of Climate*, 22, 1944-1961.
- Seval, S. & Piroğlu, F. (1999). *Acil Durum Yöneticileri için Zarar Azaltma Yöntemleri*, İTÜ Afet Yönetim Merkezi Yayınları, İTÜ Press.
- Staudinger, M., Niedermoser B., Ungersböck M., & Ohms A. (2007). *European meteorological warnings with the EUMETNET - METEOALARM system*, 11th Workshop on Meteorological Operational Systems, 13 November 2007.
- SYGM, (2017). *Taşkın Yönetimi*. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müd., Ankara.

Yazar Hakkında / About Author

**Prof. Dr. Mikdat KADIOĞLU | İstanbul Teknik Üniversitesi |
kadioglu[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4786-6050**

Meteoroloji ve Afet Yönetimi Profesörü Mikdat Kadioğlu, lisans eğitimini İstanbul Teknik Üniversitesi Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü'nde tamamlamış, Atmosfer Bilimleri konusunda 1987'de Master ve 1991'de Doktorasını ABD'nin Missouri-Columbia Üniversitesinden almıştır. Afet Yönetimi konusunda ABD'de FEMA, Japonya'da JICA ve İngiltere'nin Bournemouth Üniversitesinin eğitimlerine katılmış. Atmosfer Bilimleri ve Afet Yönetimi konusunda bilimsel makale, bildiri, rapor ve kitaplar şeklinde yayınları var. İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Afet Koordinasyon Merkezi, İstanbul Büyük Şehir Belediyesi Başkanı ve Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı danışmalığını yapmış. Sivil Savunma ve KIZILAY Eğitim Gönüllüsüdür. TV'lerde belgeseller hazırlayıp sunmuştur. Hürriyet ve Milliyet Gazetelerinde yazarlığı yapmıştır. Şu an İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ) Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü Bölüm Başkanı, İTÜ İklim Değişikliği Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürü ve İTÜ Afet Yönetimi Enstitüsü Müdürü, Türk Kızılayı Derneği Genel Başkan ve TÜBİTAK MAM Başkan Danışmanıdır.

**Prof. Dr. Mikda KADIOĞLU | Istanbul Technical University |
kadioglu[at]itu.edu.tr | ORCID: 0000-0002-4786-6050**

As a Professor of Meteorology and Disaster Management Mr. Mikdat Kadioğlu completed his undergraduate education at Istanbul Technical University, Faculty of Aeronautics and Astronautics, Department of Meteorological Engineering, and received his Master's Degree in Atmospheric Sciences in 1987 and PhD in 1991 from Missouri-Columbia University, USA. He has attended the trainings of FEMA in the USA, JICA in Japan and Bournemouth University in the UK on Disaster Management. He has publications in the form of scientific articles, papers, reports and books on Atmospheric Sciences and Disaster Management. He worked as an advisor to the Istanbul Metropolitan Municipality Disaster Coordination Center, the Mayor of Istanbul Metropolitan Municipality and the Prime Ministry Disaster and Emergency Management Presidency. He is a Civil Defense and KIZILAY Education Volunteer. He has prepared and presented documentaries on TV. He worked as a writer for Hürriyet and Milliyet Newspapers. He is currently the Head of the Department of Meteorological Engineering at Istanbul Technical University (ITU) Faculty of Aeronautics and Astronautics, the Director of ITU Climate Change Application and Research Center and the Director of ITU Disaster Management Institute, the Advisor to the President of the Turkish Red Crescent Society and the President of TÜBİTAK MAM.

