

İklim Değişikliğinin Ani Taşkınlar Etkisi

Halil İbrahim Şenol¹

Özet

İklim değişikliğinin ani taşkınlar üzerindeki etkisi, yağış sıklığı ve yoğunluğunda, kar erimesinde ve atmosferik dolaşım düzenindeki değişikliklerde kayda değer bir artışla birlikte son yıllarda giderek daha belirgin hale gelmiştir. Sıcaklıklar yükseldikçe atmosferik nem tutma oranı artmakta ve bu da aşırı hava olaylarının yaşanma olasılığının artmasına neden olmaktadır. Bu süreçlerin tarım, altyapı ve insan yaşamı üzerinde önemli ekonomik ve sosyal etkileri vardır. Türkiye’de Karadeniz Bölgesi ve Akdeniz Havzası, coğrafi ve iklimsel özellikleri nedeniyle ani taşkınların olumsuz etkilerine karşı özellikle hassastır. Ani taşkınların yıkıcı potansiyeli, sağlam bir yerel altyapının yokluğunda meydana geldiklerinde daha da artmaktadır. Bu çalışma, iklim değişikliğinin tetiklediği ani taşkınların mekanizmalarını detaylı bir şekilde incelemektedir. Bölgesel yorumlamalar ve vaka çalışmalarıyla desteklenen çalışma, sürdürülebilir arazi kullanımı, yeşil altyapı uygulamaları ve erken uyarı sistemlerinin risk yönetimindeki önemini vurgulamaktadır. Hem çevresel hem de insani kayıpları en aza indirmek için doğal taşkın koruma stratejilerinin ve teknolojik yeniliklerin kullanılması zorunludur. Çalışma, iklim değişikliğiyle mücadelenin yalnızca teknik bir mesele değil, aynı zamanda sosyal bir sorumluluk olduğunu ortaya koymaktadır.

GİRİŞ

“İklim değişikliği” terimi, Dünya yüzeyinin ortalama sıcaklığındaki uzun vadeli değişimler olarak tanımlanmaktadır (Celik, 2020). Bu değişiklikler ağırlıklı olarak insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazı emisyonlarına bağlanmaktadır. Atmosferde karbondioksit, metan ve diğer sera gazlarının birikmesi Dünya’daki enerji dengesini bozarak daha sıcak bir iklime katkıda bulunur (Nunes, 2023). Bu sürecin buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesi ve ekosistemlerin istikrarsızlaşması gibi çok sayıda önemli sonucu vardır. Ancak iklim değişikliğinin etkileri sadece sıcaklık artışı ile

1 Dr., Araştırma Görevlisi, Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi
ORCID: 0000-0003-0235-5764, hsenol@harran.edu.tr

sınırlı değildir. Ayrıca, hava olaylarının düzenini, sıklığını ve yoğunluğunu derinden değiştiren bir olgudur.

Bu değişikliklerin en belirgin tezahürlerinden biri, aşırı hava olaylarının sıklığı ve yoğunluğundaki artıştır. Daha önce seyrek görülen şiddetli yağış, kuraklık, tropik fırtınalar ve ani seller gibi meteorolojik olayların hem sıklığı hem de yoğunluğu artmıştır (Wang ve Liu, 2023). Örneğin, dünya genelinde aşırı yağışların görülme sıklığı, kentsel altyapının yetersiz kaldığı ve birçok bölgede ölümcül sellere yol açtığı ölçüde artmıştır (Yetik vd., 2024). Giderek artan bilimsel kanıtlar, iklim değişikliği ile atmosferik nem içeriğindeki artış arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermektedir (Morales, 2022; Wang ve Liu, 2023). Bu durum, yağışların daha kısa sürede daha yoğun bir şekilde meydana gelmesine yol açarak aşırı hava olaylarını düzenli bir hale getirmektedir.

Aşırı hava olaylarındaki artış, hem doğal çevre hem de insan yaşamı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Şiddetli yağışlar ve seller, tarım arazilerini tahrip edebildikleri ve altyapıya zarar vererek ekonomik kayıplara yol açabildikleri için gıda güvenliği açısından önemli bir tehdit oluşturmaktadır (Rupngam ve Messiga, 2024). Ayrıca, bu tür olaylar ani ve beklenmedik etkileri nedeniyle toplumlar için ciddi bir güvenlik riski oluşturabilir. Bu nedenle, küresel iklim değişikliğinin ele alınması ve etkilerinin azaltılması hem çevresel hem de insani bir sorumluluktur.

Bu ekstrem olaylardan biri olan ani taşkınlar, kısa bir süre içinde şiddetli yağışların neden olduğu, hızla yayılan ve ciddi hasara yol açan bir taşkın türüdür (Aksu vd., 2022). Genellikle şiddetli yağmur, kar erimesi veya barajların aniden taşması sonucu meydana gelirler ve özellikle eğimli arazilerde ve su akışını kısıtlayan altyapının bulunduğu bölgelerde yaygındırlar. Diğer taşkın türlerinden farklı olarak ani taşkınlar çok hızlı gelişir ve insanların önlem almak için çok az zamanı vardır. Bu nedenle, uyarı sistemleri ve erken müdahale mekanizmaları yetersizse, can kaybı ve maddi hasar kaçınılmazdır (Koç ve Thicken, 2018; Šakić Trogrlić vd., 2022).

Bu tür taşkınların sosyal sonuçları da çok büyüktür. Ani taşkınlar yerleşim alanlarını hızla sular altında bırakarak insanların evlerini ve eşyalarını kaybetmelerine neden olur. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde, altyapının yetersiz olduğu bölgelerde bu etkiler daha yıkıcı olmaktadır. Buna ek olarak, taşkın sonrası sanitasyon sorunları ve içme suyu kaynaklarının kirlenmesi halk sağlığı açısından ciddi riskler oluşturur (Peker vd., 2024; Corapci ve Ozdemir, 2024). Bu tür olaylarda salgın hastalıkların yayılma olasılığı daha yüksektir ve taşkından etkilenen toplulukların toparlanması daha uzun sürer. Konut kaybı sosyal ve psikolojik sorunları da artırmaktadır.

Ekonomik açıdan bakıldığında ise ani taşkınların ciddi maliyetleri vardır. Tarım arazilerinin zarar görmesi gıda üretimini etkiler ve tarım işçilerinin geçim kaynaklarını tehdit eder (Rehman vd., 2022). Ayrıca sanayi bölgelerinde meydana gelen taşkınlar üretim süreçlerini sekteye uğratmakta ve yerel ekonomiye önemli zararlar vermektedir. Yollar ve köprüler gibi altyapının tahrip olması hem bireyler hem de hükümetler için ağır mali yüklere neden olur (Aksu vd., 2022). Ekonomik kayıplar taşkınların anlık etkileriyle sınırlı değildir; toplumların uzun vadeli kalkınma hedeflerini de etkiler. Ekolojik açıdan ise taşkınların doğal denge üzerinde hem kısa hem de uzun vadeli etkileri vardır. Bir yandan, şiddetli su akışı toprağın yüzey tabakasını süpürerek erozyona neden olur ve verimli tarım arazilerini yok eder. Diğer yandan, nehir ve akarsu ekosistemleri üzerinde baskı oluşturarak biyolojik çeşitliliği tehdit eder. Bazı durumlarda taşkınlar sulak alanların genişlemesine ve doğal yaşam alanlarının dönüşümüne yol açsa da ekolojik etkilerinin çoğu yıkıcıdır (Uzun vd., 2024; Kale vd., 2019). Dolayısıyla ani taşkınlarla mücadele sadece insan hayatının korunmasını değil, aynı zamanda doğanın korunmasını da gerektirmektedir.

Bu çalışmanın amacı iklim değişikliği ve bunun sebep olduğu ekstrem doğa olaylarından biri olan ani taşkınları incelemektir. Bu doğrultuda iklim değişikliği ve ani taşkınlarla sebep olan diğer faktörler incelenmiştir. Daha sonra ise Dünya'dan ve Türkiye'den örnekler kullanılarak ani taşkın olayının daha iyi anlaşılması sağlanmıştır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE HİDROLOJİK DÖNGÜ ETKİSİ

Küresel iklim değişikliği yağış dinamiklerini etkileyerek dünya genelinde daha yoğun ve düzensiz yağış olaylarına yol açmaktadır. Atmosfer sıcaklığındaki artış, havanın daha fazla nem tutmasını sağlamaktadır. Dolayısıyla, yağışlar daha kısa sürelerde ve daha yoğun olarak düşmektedir. Özellikle şiddetli yağışlar, altyapının yetersiz olduğu bölgelerde taşkın riskini artırmakta ve tarım ve kentleşme üzerinde ciddi etkilere neden olmaktadır.

Yağış dinamiklerindeki değişimler dünyanın farklı iklim bölgelerinde farklı şekillerde kendini göstermektedir. Tropikal bölgelerde muson yağmurları daha yoğun hale gelmekte ve yağmur mevsimleri uzamaktadır. Bu bölgelerde şiddetli yağışlar genellikle büyük sellere ve toprak kaymalarına neden olmaktadır (Xiong ve Yang, 2024). Ilıman iklimlerde yağışlar daha düzensiz hale gelmekte ve daha ani değişmektedir. Örneğin, kurak bir dönemin ardından gelen şiddetli yağışlar toprağın su emme kapasitesini aşarak taşkın riskini artırabilir. Kurak iklimlerde yağış miktarı genellikle azalır, ancak kısa ve yoğun yağış olaylarının sıklığı artar. Bu durum su

kaynaklarının dengesizleşmesine ve tarımda ciddi verim kayıplarına yol açmaktadır (Turkes vd., 2020).

Bu bölgesel farklılıklar, iklim değişikliğinin etkilerinin evrensel olmadığını ve her bölgenin kendine özgü zorluklarla karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Tropikal bölgelerde artan yağışlar doğal afetlere karşı dayanıklılığı azaltırken, ılıman bölgelerde düzensiz yağışlar tarımsal planlamayı zorlaştırmaktadır. Kurak bölgelerde su kaynaklarına erişim üzerindeki baskı artmakta ve bu da sosyal gerilimlere yol açmaktadır. Orta Doğu gibi su kaynaklarının sınırlı olduğu yerlerde şiddetli yağışlar suyun hızla buharlaşmasına ve toprak kaymalarına yol açarak ekosistemlere geri dönüşü olmayan zararlar verebilmektedir (Bayram ve Öztürk, 2021; Turkes vd., 2020).

Bu dinamiklerin iyi anlaşılması, su yönetimi ve iklim uyum politikaları için kritik öneme sahiptir. Yağış modellerindeki değişikliklere uyum sağlamak için bölgesel yaklaşımların geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin, tropikal bölgelerde taşkın kontrol sistemlerinin güçlendirilmesine, ılıman bölgelerde su hasadı altyapısının iyileştirilmesine ve kurak bölgelerde verimli su kullanımı için teknolojik yeniliklere yatırım yapılmasına acil ihtiyaç vardır.

İklim değişikliği, yağış dinamikleri ve toprağın fiziksel özelliklerinin yanı sıra toprak ve su arasındaki etkileşim üzerinde de önemli bir etkiye sahiptir. Sıcaklıktaki artış ve yağış düzenindeki değişiklik, toprağın su tutma kapasitesinde azalmaya neden olur. Yüksek sıcaklıkların sürekli varlığı, toprak yüzeyinde bulunan organik madde üzerinde olumsuz bir etkiye sahiptir ve böylece toprağın su tutma kapasitesini engeller. Ayrıca, şiddetli yağışların sıklığı toprağın emme kapasitesini aşarak yüzey akışına neden olur. Bu süreç özellikle bitki örtüsünün az olduğu veya tarımsal faaliyetlerin yoğun olduğu bölgelerde daha belirgindir. Bu da sonuçta toprak erozyonu ve verimli üst toprağın kaybı da dahil olmak üzere bir dizi çevresel soruna yol açmaktadır (Arnell vd., 2019; Rupngam ve Messiga, 2024).

Toprağın su tutma kapasitesinin azalması, taşkınların sıklığının ve şiddetinin artmasına katkıda bulunan önemli bir faktördür. Toprağın yeterli miktarda suyu ememediği durumlarda, yağış yüzeyde hızla birikir ve daha sonra nehirlere ve akarsulara karışır. Bu da yüzey akışının hızlanmasına ve nispeten kısa bir zaman dilimi içerisinde su seviyesinin yükselmesine neden olur (Bilgiç ve Baba, 2023). Özellikle eğimli arazilerde yüzey akışının yoğunluğu artar ve böylece taşkın riski katlanır. Aynı zamanda, bu hızlı akış altyapı sistemlerine ek bir yük getirmekte ve kentsel alanlarda kanalizasyon sistemlerinin kapasitesini aşarak taşkınlara neden olabilmektedir.

Hızlı yüzey akışının etkileri sadece fiziksel hasarın ötesine geçerek ekosistemler üzerinde de derin bir etki yaratmaktadır. Yüzey akışıyla taşınan tortu ve kirlilik su kütlelerine ulaşarak göl, nehir ve deniz ekosistemlerini olumsuz etkiler. Bu süreç su kalitesini düşürmekte ve hem insan hem de hayvan yaşamı için risk oluşturmaktadır (Sundas vd., 2024). Örneğin, yoğun taşkınlardan sonra göllerde biriken tortu oksijen seviyesini düşürerek su altı yaşamını tehdit edebilir. Aynı zamanda yeraltı sularına ulaşamayan yağmur suyu, bu kaynakların yenilenmesini engelleyerek su kıtlığı riskini artırmaktadır.

ANI TAŞKINLARIN MEKANİZMALARI VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ İLE İLİŞKİSİ

Ani taşkınlar genellikle kısa ama yoğun yağış dönemlerinde meydana gelir. Kısa bir süre içinde büyük miktarda suyun birikmesi, şiddetli yağış, kar erimesi veya baraj setlerinin aniden çökmesi gibi bir dizi faktöre bağlanabilir. Özellikle eğimli arazilerde, su hızla yokuş aşağı akararak mevcut drenaj sistemlerinin kapasitesini aştığından taşkın riski artmaktadır (Corapci ve Ozdemir, 2024). Artan kentleşmenin bir sonucu olarak, doğal yüzeylerin yerini geçirimsiz yapılar almıştır ve bu da yüzey akışını daha da hızlandırıcı bir etkiye sahiptir. İklim değişikliğinin etkileri daha karmaşık bir dizi mekanizmanın ortaya çıkmasına neden olmuştur. Küresel sıcaklıklar arttıkça atmosferdeki nem miktarı da artmakta, buharlaşma ve yoğunlaşma süreçlerinin artması sonucunda daha yoğun yağışlara yol açmaktadır (Ataç vd., 2024).

Ani Taşkınların Oluşum Mekanizmaları

Ani taşkınların başlıca nedenlerinden biri, nispeten kısa bir zaman dilimi içinde şiddetli yağışların meydana gelmesidir. Bu tür yağışlar, atmosferdeki önemli miktarda nemin nispeten kısa bir süre içinde yüzeye inmesiyle meydana gelir. Bu hızlı yağış birikimi, toprağın suyu emme kapasitesini aşarak yüzey akışına neden olur (Koç ve Thieken, 2018). Kentleşmiş bölgelerde, beton yüzeylerin varlığı suyun toprağa doğal olarak süzülmesini engelleyerek yağışın yüzeyde birikmesine ve taşkınların hızla oluşmasına neden olur. Bu olgu özellikle drenaj sistemlerinin yetersiz olduğu bölgelerde yaygındır. Ayrıca, tropikal bölgelerdeki muson yağmurları veya tropikal fırtınalar gibi meteorolojik olaylar ani taşkınların oluşmasının ana nedenlerindedir. Ayrıca, özellikle dağlık ve soğuk bölgelerde karların erimesi de ani taşkınların oluşmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bahar aylarında sıcaklıkların yükselmesiyle birlikte kar örtüsünde meydana gelen hızlı erime, su hacminde ani bir artışa neden olur. Bu süreç, suyun toprağa sızmak yerine yüzeyden akmasına neden olan sıcak hava dalgaları tarafından

sıklıkla hızlandırılır. Kar erimesinin etkisi özellikle toprağın donmuş olduğu bölgelerde daha belirgindir.

Dağlık bölgelerde kar erimesinin sel üzerindeki etkisi daha karmaşık bir olgudur. Kar eridikçe, ortaya çıkan akış nehir ve dere yataklarının kapasitesini aşabilir, bu da taşmaya ve ardından çevredeki alanların sular altında kalmasına neden olabilir. Ayrıca, kar erimesi ve şiddetli yağışların bir araya gelmesi taşkınların şiddetini artırır. Örneğin, Himalayalar veya Alpler gibi bölgelerde, bu eşzamanlı olayların meydana gelmesi büyük ölçekli taşkınların oluşmasına neden olabilir (Zhou vd., 2023). Bu taşkınlar, su altında kalmanın yanı sıra, sediman ve kaya parçalarının taşınması nedeniyle ekosistemlerin ve altyapının tahrip olmasına da yol açmaktadır.

Yoğun yağış ve kar erimesi gibi meteorolojik olaylar taşkın riskinin artmasına katkıda bulunurken, iklim değişikliği bu süreçleri giderek daha düzensiz ve tahmin edilmesi zor hale getirmektedir. Sıcaklıklar yükseldikçe ve aşırı hava olaylarının sıklığı arttıkça, bu mekanizmaların daha sık ve yoğun olarak meydana geldiği durumlar da artmaktadır. Özellikle yüksek rakımlarda yer alan bölgeler, iklim değişikliğinin bir sonucu olarak kar erime mevsiminin uzamasına ve taşkın riskinin zaman içinde çeşitlenmesine tanık olmaktadır.

İklim Değişikliğine Bağlı Faktörler

İklim değişikliği olgusu atmosferik dolaşım sistemleri üzerinde gözle görülür bir etki yaratmakta, bu da yağış düzenlerinde kayda değer değişimlere ve sel riskinin artmasına neden olmaktadır. Atmosferik sirkülasyon, yağış ve rüzgârı dünyanın farklı bölgelerine taşıyan havanın büyük ölçekteki hareketi olarak tanımlanabilir. İklim değişikliğinin bir sonucu olarak, bu sirkülasyon sistemleri giderek daha öngörülemez hale gelmiştir. Örnek vermek gerekirse, hava akımlarındaki bir yavaşlama bir bölgede uzun bir yağış dönemine neden olurken, aynı anda başka bir bölgede kuraklık olasılığını artırabilir (Wen vd., 2023). Bu tür dengesizlikler, özellikle aşırı yağış olaylarının sıklığını ve yoğunluğunu artırarak taşkınlara zemin hazırlar. Aynı zamanda, yüksek deniz yüzeyi sıcaklıklarından kaynaklanan tropikal siklonların yoğunlaşması, şiddetli yağış ve taşkın oluşumuna katkıda bulunan önemli bir faktördür.

Atmosferik dolaşımdaki bu değişiklikler, meteorolojik etkilerin ötesine geçerek yerel ve bölgesel taşkın yönetimi stratejilerinin uygulanmasını da zorlaştırmaktadır. Örneğin, Akdeniz gibi yarı kurak bölgelerde, yoğun yağışların ardından gelen uzun kuraklık dönemleri taşkın riskini belirgin bir şekilde artırmaktadır (Keskiner ve Simsek, 2024). Bu olayların meydana gelmesi, iklim modellerindeki doğal belirsizlikler nedeniyle tahmin edilmesi

zor olan karmaşık bir süreçtir. Bu tür değişikliklerin yönetimine yönelik etkili bir yaklaşım, atmosferik dolaşımdaki değişikliklerin bölgesel etkilerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektirmektedir.

Ayrıca, arazi kullanımındaki değişiklikler, artan taşkın riskine katkıda bulunan önemli bir faktör olarak tanımlanmıştır. Özellikle ormansızlaşma, doğal su döngüsünü bozma ve yüzey akışını artırma etkisine sahiptir. Ormanlar yağış için doğal rezervuar görevi görerek yağmur suyunu toprak sütünü içinde tutar ve yüzeyde birikmesini önler. Bu da yüzeysel akış hızını etkili bir şekilde azaltır. Ancak orman alanlarının tarım arazilerine, yerleşim alanlarına veya endüstriyel faaliyetlere dönüştürülmesi bu doğal düzenleyici mekanizmaları ortadan kaldırmaktadır (Değermenci, 2023). Ayrıca, ormansızlaşma toprak yapısının zayıflamasına neden olarak erozyonun artmasına ve suyun nehir yataklarında birikmesine yol açmaktadır.

BÖLGESEL ANALİZ VE ÖRNEK ÇALIŞMALAR

Ani taşkınların görülme sıklığı, iklim değişikliği ve yerel coğrafi koşullar nedeniyle küresel olarak artmaktadır. Avrupa'da, özellikle de 2021 yılında Almanya ve Belçika'da yaşanan taşkınlar, şiddetli yağışların altyapı üzerindeki ciddi sonuçlarını gözler önüne sermiştir. Aşırı yağışlar nehir yataklarının aşırı dolmasına ve çok sayıda yerleşim alanının sular altında kalmasına neden olmuştur. Benzer şekilde, Asya'da Hindistan ve Bangladeş gibi ülkelerde muson yağmurları nedeniyle her yıl milyonlarca insan taşkınlardan etkilenmektedir.

Amerika kıtasında tropikal fırtınalar taşkınların başlıca nedenidir. Amerika Birleşik Devletleri'nde 2005 yılında Katrina Kasırgası'nın yol açtığı hasar sadece şiddetli rüzgarların bir sonucu değildi; şiddetli yağış ve ardından gelen taşkın da fırtınanın yol açtığı yıkımda önemli bir rol oynadı. Orta ve Güney Amerika'da şiddetli yağış, yamaç erozyonu ve taşkınların bir araya gelmesi doğal afetleri daha yıkıcı hale getirmektedir. Bu tür olaylar sadece çevresel hasara yol açmakla kalmayıp aynı zamanda ekonomik kayıpların ve sosyal sorunların daha da artmasına neden olmaktadır.

Türkiye, iklim değişikliğinin sonuçlarını son yıllarda artan sayıda taşkın felaketi şeklinde tecrübe etmektedir. Karadeniz Bölgesi, coğrafi yapısı ve yüksek yağış seviyeleri nedeniyle taşkın olaylarına en duyarlı bölgeler arasında yer almaktadır. Örneğin, 2021 yılında Kastamonu'nun Bozkurt ilçesinde yaşanan taşkın felaketi, dere yataklarının aşırı dolması ve yetersiz altyapı ile sonuçlanan yoğun yağışlar nedeniyle önemli yıkıma neden olmuştur.

Konya gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde seller daha az görülmele birlikte, ani ve şiddetli yağışlar yine de önemli zorluklara yol açabilmektedir.

Bu bölgelerdeki toprağın düşük su emme kapasitesi, suyun yüzeyde hızla birikmesine neden olmaktadır. Özellikle 2020 yılında Konya’da yaşanan ani taşkın olayı, kurak bölgelerde bile taşkın riskinin artabileceğini göstermiştir.

Akdeniz bölgesinde, büyük ölçüde iklim değişikliğinin etkilerine bağlı olarak, taşkınların sıklığı ve şiddeti son yıllarda artış göstermektedir. Antalya ve çevresinde şiddetli yağışların ardından meydana gelen taşkınlar, bölgede hem tarım arazilerinin hem de insan yerleşimlerinin tahrip olmasına yol açmaktadır. Bu olaylar, Türkiye’deki ani sellerin sadece coğrafi bir olgu olmadığını, aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadele bağlamında ele alınması gereken bir sorun olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, hem insan hayatını hem de ekonomik varlıkları korumak için bölgesel risk analizlerinin yapılması ve taşkın önleme altyapısının Türkiye genelinde güçlendirilmesi zorunludur.

Taşkın Yönetimi ve Önleme Stratejileri

Ani taşkınların etkilerini azaltmanın en etkili yöntemlerinden biri erken uyarı sistemlerinin kurulmasıdır. Meteorolojik modeller, atmosferik nem, basınç ve sıcaklık gibi verileri kullanarak potansiyel taşkın senaryolarının tahmini önemli bir konudur. En yeni nesil modeller, yüksek çözünürlüklü hava tahminlerini entegre ederek belirli bir bölgedeki taşkın riskini tahmin edebilmektedir. Özellikle yapay zeka ile desteklenen modeller, analiz ve karar verme süreçlerini kolaylaştırarak ani taşkınların daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Bu tür sistemler, yaklaşan taşkınlar hakkında önceden bildirimde bulunarak bireylere güvenli ve zamanında tahliye etme fırsatı sunar.

Sensör tabanlı erken uyarı sistemlerinin meteorolojik verilerle entegrasyonu, daha hassas ve yerelleştirilmiş taşkın tahminleri yapılmasını sağlar. Dere yataklarına, barajlara veya diğer kritik yerlere yerleştirilen sensörler, su seviyelerini ve akış hızını dikkate değer bir zamansal hassasiyetle ölçebilmektedir. Bir taşkın riskinin ortaya çıkması üzerine ilgili birimler derhal gerekli verilerle donatılır ve böylece müdahale planlarının zamanında etkinleştirilmesi sağlanır. Sensör tabanlı sistemler özellikle kırsal alanlarda ve altyapının yetersiz olduğu bölgelerde hayati önem taşımaktadır.

Ani taşkın riskini azaltmanın bir diğer önemli yöntemi de sürdürülebilir arazi kullanım politikalarının uygulanmasıdır. Taşkın riskinin artmasının başlıca nedenlerinden biri arazi yönetiminde yapılan hatalardır. Örneğin, nehir yataklarının uygunsuz bir şekilde geliştirilmesi veya orman alanlarının tahrip edilmesi taşkınların etkilerini şiddetlendirmeye neden olur. Sürdürülebilir politikaların uygulanması tarım, yerleşim ve sanayi

alanlarının doğal su döngüsünü bozmayacak şekilde planlanmasını sağlar. Bu tür politikalar taşkın riskini azaltmaya hizmet ederken aynı zamanda çevredeki ekosistemlerin bütünlüğünü de korur. Özellikle ormanlık alanların korunması ve genişletilmesi, suyun toprak içinde tutulmasını kolaylaştırarak sellerin şiddetini azaltmaya hizmet eder.

Yeşil altyapı ve doğal taşkın koruma yöntemlerinin uygulanması, çağdaş taşkın yönetimi stratejilerinin önemli bir yönünü temsil etmektedir. Geleneksel beton altyapı çözümlerinin aksine, bu stratejiler doğal sistemlerin doğal yeteneklerinden bir savunma aracı olarak yararlanmayı amaçlamaktadır. Örnek vermek gerekirse, nehir taşkın yatağı bölgelerinin korunması taşkın sularının doğal olarak birikmesini sağlayarak kent merkezlerinin üzerindeki yükü hafifletmektedir. Benzer şekilde, sulak alanların restorasyonu fazla suyun emilmesini sağlayarak taşkın riskini azaltır.

Erken Uyarı Sistemleri ve Tahmin Yöntemleri

Ani taşkınların etkilerini azaltmanın en etkili yöntemlerinden biri erken uyarı sistemlerinin kurulmasıdır. Meteorolojik modeller, atmosferik nem, basınç ve sıcaklık gibi verileri kullanarak potansiyel taşkın senaryolarını tahmin edebildikleri için taşkın tahmini alanında kritik öneme sahiptir. En yeni nesil modeller, yüksek çözünürlüklü hava tahminlerini entegre ederek belirli bir bölgedeki taşkın riskini tahmin edebilmektedir. Özellikle yapay zeka ile desteklenen modeller, analiz ve karar verme süreçlerini kolaylaştırarak ani taşkınların daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır. Bu tür sistemler, yaklaşan taşkınlar hakkında önceden bildirimde bulunarak bireylere güvenli ve zamanında tahliye etme fırsatı sunar.

Sensör tabanlı erken uyarı sistemlerinin meteorolojik verilerle entegrasyonu, daha hassas ve yerleştirilmiş taşkın tahminleri yapılmasını sağlar. Dere yataklarına, barajlara veya diğer kritik yerlere yerleştirilen sensörler, su seviyelerini ve akış hızını dikkate değer bir zamansal hassasiyetle ölçebilmektedir. Bir taşkın riskinin ortaya çıkması üzerine ilgili birimler derhal gerekli verilerle donatılır ve böylece müdahale planlarının zamanında etkinleştirilmesi sağlanır. Sensör tabanlı sistemler özellikle kırsal alanlarda ve altyapının yetersiz olduğu bölgelerde hayati önem taşımaktadır. Bu teknolojilerin kullanılması bir yandan can ve mal kaybını azaltırken diğer yandan da toplumların afetlere karşı direncini artırır.

Ani taşkın riskini azaltmanın bir diğer önemli yöntemi de sürdürülebilir arazi kullanım politikalarının uygulanmasıdır. Taşkın riskinin artmasının başlıca nedenlerinden biri arazi yönetiminde yapılan hatalardır. Örneğin, nehir yataklarının uygunsuz bir şekilde geliştirilmesi veya orman

alanlarının tahrip edilmesi sellerin etkilerini şiddetlendirmeye hizmet eder. Sürdürülebilir politikaların uygulanması tarım, yerleşim ve sanayi alanlarının doğal su döngüsünü bozmayacak şekilde planlanmasını sağlar. Bu tür politikalar taşkın riskini azaltmaya hizmet ederken aynı zamanda çevredeki ekosistemlerin bütünlüğünü de korur. Özellikle ormanlık alanların korunması ve genişletilmesi, suyun toprak içinde tutulmasını kolaylaştırarak sellerin şiddetini azaltmaya hizmet eder.

Yeşil altyapı ve doğal taşkın koruma yöntemlerinin uygulanması, çağdaş taşkın yönetimi stratejilerinin önemli bir yönünü temsil etmektedir. Geleneksel beton altyapı çözümlerinin aksine, bu stratejiler doğal sistemlerin doğal yeteneklerinden bir savunma aracı olarak yararlanmayı amaçlamaktadır. Örnek vermek gerekirse, nehir taşkın yatağı bölgelerinin korunması taşkın sularının doğal olarak birikmesini sağlayarak kent merkezlerinin üzerindeki yükü hafifletmektedir. Benzer şekilde, sulak alanların restorasyonu fazla suyun emilmesini sağlayarak taşkın riskini azaltır. Kentsel ortamlarda yeşil çatıların, geçirgen yüzeylerin ve yağmur bahçelerinin uygulanması, suyun yüzeyde birikmesini önleyerek taşkın riskini azaltmaya hizmet eder. Bu yöntemler taşkın riskini azaltmaya hizmet ederken aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği destekleyen uzun vadeli çözümler sunar. Erken uyarı sistemleri ve adaptasyon stratejilerinin entegrasyonu, ani taşkınların olumsuz etkilerinin azaltılması için etkili bir yaklaşımdır.

SONUÇ ve ÖNERİLER

İklim değişikliğinin ani taşkınların oluşumu üzerindeki etkisi son yıllarda giderek daha belirgin hale gelmiştir. Sıcaklıklar yükseldikçe atmosferde tutulan nem miktarı artmakta, bu da şiddetli yağışların daha sık ve yoğun yaşanmasına yol açmaktadır. Ayrıca, kar erimesinin hızlanması ve atmosferik sirkülasyondaki değişiklikler taşkınların şiddetini artırmaktadır. Bu süreçlerin birleşik etkisi, altyapıdaki eksiklikler ve sürdürülebilir olmayan arazi kullanım politikaları ile birleştiğinde, taşkınların hem ekonomik hem de sosyal yönleri üzerinde daha önemli ve geniş kapsamlı bir etkiye neden olmaktadır. Bu nedenle, iklim değişikliği ve ani taşkınlar arasındaki bağlantının yalnızca doğal bir olgu olarak değil, aynı zamanda insani ve siyasi bir mesele olarak algılanması zorunludur.

Ani taşkınlarla ilişkili risklerin azaltılması amacıyla entegre yönetim yaklaşımlarının benimsenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu yaklaşımlar, taşkınların meydana gelmesinden önce, taşkın sırasında ve taşkınların meydana gelmesinden sonra uygulanması gereken tedbirleri bütünleştirmektedir. Erken uyarı sistemleri, sürdürülebilir arazi kullanım politikaları, yeşil altyapı

uygulamaları ve toplum temelli risk azaltma stratejilerinin uygulanması bu süreçte çok önemli bir rol oynamaktadır. Örneğin, taşkın yatağı bölgelerinin korunması ve sulak alanların restorasyonu taşkınları düzenleyen doğal mekanizmaların güçlendirilmesine hizmet ederken, kentsel alanlarda yağmur suyu toplama sistemlerinin geliştirilmesi yüzey akışının kontrolünü kolaylaştırır. Bu tür entegre yaklaşımlar ani taşkınların etkilerini azaltmaya hizmet ederken aynı zamanda toplumun direncini artırarak uzun vadeli bir çözüm sağlar.

Gelecekteki araştırmalar, taşkın riski yönetiminin kapsamlılığını artırmaya ve iklim değişikliğine uyumu hızlandırmaya odaklanmalıdır. Taşkın oluşumunun altında yatan dinamikleri daha iyi anlayabilmek için bölgesel düzeyde hidrometeorolojik modellemeye öncelik verilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu tür modeller, potansiyel taşkın senaryolarını ve bunların farklı bölgelerdeki sonuçlarını tahmin ederek daha etkili politikaların oluşturulmasında karar vericilere yardımcı olabilir. Ayrıca, özellikle uluslararası işbirliği bağlamında, taşkın verilerinin toplanması ve yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır.

Kaynakça

- Celik, S. (2020). The effects of climate change on human behaviors. *Environment, climate, plant and vegetation growth*, 577-589.
- Nunes, L. J. (2023). The rising threat of atmospheric CO₂: a review on the causes, impacts, and mitigation strategies. *Environments*, 10(4), 66.
- Wang, X., & Liu, L. (2023). The Impacts of climate change on the hydrological cycle and water resource management. *Water*, 15(13), 2342.
- Yetik, A. K., Arslan, B., & Şen, B. (2024). Trends and variability in precipitation across Turkey: a multimethod statistical analysis. *Theoretical and Applied Climatology*, 155(1), 473-488.
- Morales, J. A. (2022). Climate: Climate Variability and Climate Change. In *Coastal Geology* (pp. 375-388). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Rupngam, T., & Messiga, A. J. (2024). Unraveling the Interactions between Flooding Dynamics and Agricultural Productivity in a Changing Climate. *Sustainability*, 16(14), 6141.
- Aksu, H., Cetin, M., Aksoy, H., Yaldiz, S. G., Yildirim, I., & Keklik, G. (2022). Spatial and temporal characterization of standard duration-maximum precipitation over Black Sea Region in Turkey. *Natural Hazards*, 1-27.
- Koç, G., & Thielen, A. H. (2018). The relevance of flood hazards and impacts in Turkey: What can be learned from different disaster loss databases?. *Natural hazards*, 91, 375-408.
- Šakić Trogrlić, R., van den Homberg, M., Budimir, M., McQuistan, C., Sneddon, A., & Golding, B. (2022). Early warning systems and their role in disaster risk reduction. In *Towards the "perfect" weather warning: bridging disciplinary gaps through partnership and communication* (pp. 11-46). Cham: Springer International Publishing.
- Peker, İ. B., Gülbaz, S., Demir, V., Orhan, O., & Beden, N. (2024). Integration of HEC-RAS and HEC-HMS with GIS in flood modeling and flood hazard mapping. *Sustainability*, 16(3), 1226.
- Corapci, F., & Ozdemir, H. (2024). A new approach to flood susceptibility analysis of urbanised alluvial fans: the case of Bursa City (Türkiye). *Natural Hazards*, 1-24.
- Rehman, A., Farooq, M., Lee, D. J., & Siddique, K. H. (2022). Sustainable agricultural practices for food security and ecosystem services. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(56), 84076-84095.
- Aksu, H., Cetin, M., Aksoy, H., Yaldiz, S. G., Yildirim, I., & Keklik, G. (2022). Spatial and temporal characterization of standard duration-maximum precipitation over Black Sea Region in Turkey. *Natural Hazards*, 1-27.

- Uzun, A., Erciyas-Yavuz, K., Karaer, F., Polat, N., Bakan, G., & Gürgöze, S. (2024). Ecogeomorphological Investigation of Anthropogenic Changes in the Kızılırmak River Mouth, Türkiye. *Wetlands*, 44(7), 83.
- Kale, M. M., Ataol, M., & Tekkanat, I. S. (2019). Assessment of shoreline alterations using a Digital Shoreline Analysis System: a case study of changes in the Yeşilirmak Delta in northern Turkey from 1953 to 2017. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191, 1-13.
- Xiong, J., & Yang, Y. (2024). Climate Change and Hydrological Extremes. *Current Climate Change Reports*, 11(1), 1.
- Turkes, M., Turp, M. T., An, N., Ozturk, T., & Kurnaz, M. L. (2020). Impacts of climate change on precipitation climatology and variability in Turkey. *Water resources of Turkey*, 467-491.
- Bayram, H., & Öztürk, A. B. (2021). Global climate change, desertification, and its consequences in Turkey and the Middle East. *Climate change and global public health*, 445-458.
- Turkes, M., Turp, M. T., An, N., Ozturk, T., & Kurnaz, M. L. (2020). Impacts of climate change on precipitation climatology and variability in Turkey. *Water resources of Turkey*, 467-491.
- Arnell, N. W., Lowe, J. A., Challinor, A. J., & Osborn, T. J. (2019). Global and regional impacts of climate change at different levels of global temperature increase. *Climatic Change*, 155, 377-391.
- Bilgiç, E., & Baba, A. (2023). Effect of Urbanization on Water Resources: Challenges and Prospects. *Groundwater in Arid and Semi-Arid Areas: Monitoring, Assessment, Modelling, and Management*, 81-108.
- Sundas, A., Contreras, I., Mujahid, O., Beneyto, A., & Vehi, J. (2024). The Effects of Environmental Factors on General Human Health: A Scoping Review. In *Healthcare* (Vol. 12, No. 21, p. 2123). MDPI.
- Ataç, Ü., İkiel, C., & Ustaoglu, B. (2024). Spatiotemporal variations in land surface temperature within an urban ecosystem: A comprehensive assessment of land cover change in Düzce, Türkiye. *GeoJournal*, 89(6), 239.
- Zou, J., Ding, J., Huang, S., & Liu, B. (2023). Ecosystem Resistance and Resilience after Dry and Wet Events across Central Asia Based on Remote Sensing Data. *Remote Sensing*, 15(12), 3165.
- Wen, J., Wan, C., Ye, Q., Yan, J., & Li, W. (2023). Disaster risk reduction, climate change adaptation and their linkages with sustainable development over the past 30 years: A review. *International Journal of Disaster Risk Science*, 14(1), 1-13.
- Keskiner, A. D., & Simsek, O. (2024). Evaluation of the sensitivity of meteorological drought in the Mediterranean region to different data record lengths. *Environmental Monitoring and Assessment*, 196(7), 1-29.

Değermenci, A. S. (2023). Spatio-temporal change analysis and prediction of land use and land cover changes using CA-ANN model. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(10), 1229.