

## Kentsel Alanlardaki Taşkın Duyarlılığına Karşı Ekolojik Peyzaj Tasarım Önerilerinin Geliştirilmesi: Antalya, Kemer Örneği

Onur Aksoy<sup>1,\*</sup>, Elif Altaş<sup>1</sup>, Kamil Erken<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, 16310, Bursa.

### Özet

Küresel iklim değişikliğinin, kentsel ve kırsal alanlarda vejetasyon kaybı, tarım deseni bozulma, ısı adası etkisi gibi birçok olası etkisi mevcuttur. Bu etkilerden biri de yağış rejiminin bozulmasıyla meydana gelen taşkınlardır. Taşkınlar kentsel ve kırsal alanlardaki ekosistemleri ve insan hayatını birçok yönden tehdit etmektedir. Bu kapsamda son yüzyılda taşkın riski ile mücadelede birçok yöntem geliştirilmiştir. Peyzaj mimarlığı disiplini de, almış olduğu yapısal ve bitkisel önlemler ile oluşacak taşkınların etkisinin azaltılmasında etkin rol oynamaktadır. 20. yüzyılda gündeme gelen ekolojik peyzaj tasarımı yaklaşımıyla taşkın olası etkileri azaltılabilir. Bu çalışma Antalya'nın ilçesi olan Kemer merkez ve yakın mahallelerini kapsamaktadır. Kemer ilçesi yılın farklı zamanlarında taşkın felaketiyle karşı karşıya kaldığı için çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Çalışma 3 aşamadan oluşmuştur. İlk aşamada literatür araştırması yapılmıştır. İkinci aşamada incelenen veriler doğrultusunda belirlenen alanda; eğim, baki, arazi kullanımı, toprak, yağış ve akarsuyu olan uzaklık haritaları Coğrafi Bilgi Sistemleri platformunda çok kriterli karar verme yöntemine göre derecelendirilmiş, daha sonra ArcGIS ortamında taşkın duyarlılık analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre olası bir taşkında 893 ha tarım alanının ve çalışma alanındaki yerleşim alanlarının 2/3'ünün taşkından etkileneceği sonucuna varılmıştır. Çalışma sonucunda taşkın duyarlılığı yüksek alanlarda ekolojik peyzaj tasarımı önerileri geliştirilmiştir. Önerilerin uygulanması durumunda ekolojik faydanın yanında ekonomik ve sosyal fayda da sağlanacağı beklenmektedir. Bu çalışmanın amacı taşkın duyarlılığının yüksek çıktığı alanlarda, yapısal mühendislik ağırlıklı uygulamalara göre daha az maliyetli ve çevreye daha az zarar veren ekolojik peyzaj tasarımı uygulamalarının geliştirilmesidir. Önerilen ekolojik peyzaj tasarımı yaklaşımlarıyla bitkisel ağırlıklı uygulamalar ile su akışı düzenlenirken, açık yeşil alanlar ve geçirimli alanların artırılmasıyla yeraltı suyunun beslenimi sağlanacaktır.

### Anahtar Sözcükler

Çok Kriterli Karar Verme, Ekolojik Tasarım, İklim Değişikliği, Kemer, Taşkın Duyarlılığı

## Developing Ecological Landscape Design Proposals Against Flood Susceptibility in Urban Areas: Antalya, Kemer Example

### Abstract

There are many possible impacts of global climate change such as loss of vegetation in urban and rural areas, deterioration in agricultural patterns, heat island effects. One of these effects is floods due to the deterioration of the precipitation regime. Floods threaten ecosystems and human life in urban and rural areas in many ways. In this context, many methods have been developed in the last century to combat flood risk. Landscape architecture discipline with the structural and vegetative measures it has taken also plays an active role in reducing the impact of the floods that will occur. With the ecological landscape design approach that came to the fore in the 20th century, the possible effects of flood can be decreased. This study covers the center of Kemer, which is the district of Antalya, and its nearby neighborhoods. Kemer district was selected as the study area because it faces with flood disasters at different times of the year. The study mainly consisted of 3 stages. In the first stage, literature research was made. In the area determined in line with the data examined in the second stage; the slope, aspect, land use, soil, precipitation and distance to stream maps were graded according to the multi-criteria decision making method on the Geographical Information Systems platform and then flood susceptibility analysis was performed in the ArcGIS environment. According to the results of the analysis, in a possible flood event, it was concluded that 893 ha of agricultural land and 2/3 of the residential areas in the study area will be affected by the flood. As a result of the study, ecological landscape design proposals have been developed in areas with high flood susceptibility. In case of suggestions are implemented, it is expected that besides economic and social benefits, ecological benefits will be gained as well as. The aim of this study is to develop ecological landscape design applications that are less costly and less harmful to the environment than structural engineering-based applications in areas where flood susceptibility is high. With the proposed ecological landscape design approaches, the water flow will be regulated with plant-based applications, while the groundwater will be fed by increasing open green areas and permeable areas.

### Keywords

Multi-Criteria Decision Making, Ecological Design, Climate Change, Kemer, Flood Susceptibility

## 1. Giriş

Küresel iklim değişikliğinin kırsal ve kentsel alanlarda birçok olası etkisi mevcuttur. Ancak kentsel alanlar, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinin en fazla görüldüğü alanların başında gelmektedir (Macháč ve Louda 2019; Wang vd. 2020; Fowdar vd. 2022). Bu etkilerden biri de yağış deseninin bozulması ile meydana gelen taşkınlardır. Taşkın; sellerin birleşmesiyle akarsu vadileri boyunca meydana gelen su kabarmaları ve akarsuyun normal yatağını aşarak taşkın yatağına ve çevresindeki yayvan araziye yayılması olayıdır (Görcelioğlu 1996). Demir ve Keskin (2022)'e göre taşkın, suyla kaplı olmayan yüzeylerin su ile geçici olarak kaplanması veya yoğun yağışların normal sınırları aşması sonucu arazinin suyla kaplanması olayıdır. Taşkın felaketini meteorolojik sebeplerin yanında birçok beşeri faktör de etkilemektedir (Özcan 2008; Palazzo 2019; Pallathadka vd. 2022). Örneğin insanların akarsu havzalarına müdahale etmeleri sonucu mevcut bitki örtüsünün kaybedilmesi, arazi yapısını değiştirerek su döngüsünde değişikliklere yol açmakta (Goonetilleke vd. 2005; Özcan 2008; Özkoca ve Keskin 2022), bu da taşkınlara sebep olmaktadır (Rauch vd. 2012). Taşkınların meydana gelmesinde havza eğimi, havza alanı, havza şekli, bitki örtüsü, toprak yapısı ve yağış-akış ilişkisi önemli parametrelerdir (Demir ve Keskin 2022). Bu duruma ek olarak insanlar yapılaşma ile geçirimsiz yüzey miktarını artırmakta, bunun bir sonucu olarak yer altına sızmadan akışa geçen su, taşkınlara sebep olmaktadır (Cutter vd. 2018). Bu geçirimsiz yüzeylere yürüyüş yolları, araç yolları, otoparklar ve beton yüzeyler örnek olarak verilebilir. Tüm bu müdahaleler de sürdürülebilir bir yaklaşım benimsenmediği sürece, su döngüsünde olumsuz değişimlerin meydana gelmesi kaçınılmazdır (Pallathadka vd. 2022). Ancak çeşitli yapısal ve bitkisel planlama ve tasarım yaklaşımları ile oluşabilecek etkilerin en aza indirilmesi mümkündür. Özellikle son yıllarda taşkın felaketinin artmasıyla peyzaj mimarları, inşaat mühendisleri, şehir planları vd. meslek gurupları taşkın azaltmada duyarlılık haritaları üretmekte ve bu haritalar afet öncesi ve sonrası planlama çalışmalarına altlık oluşturmaktadır (Selçuk vd. 2016; Sözer vd. 2019; Pham vd. 2020; Swain vd. 2020; Akın Tüzgen ve Karaca 2021). Taşkın duyarlılığı yüksek olan alanlarda, bentler, barajlar ve kanal açma yoluyla taşkınlara direnmek, insan-doğa ilişkilerinden kaynaklanan doğal belirsizlikleri ihmal etmesinden dolayı uzun vadeli taşkın için güvenilir bir yaklaşım değildir (Liao 2012; Lennon vd. 2014; Restemeyer 2015; Galderisi ve Treccozi 2017). Peyzaj mimarlığı disiplini bu aşamada önermiş olduğu, tasarım ve uygulamadaki çözüm önerileriyle, taşkın felaketinin önlenmesinde önemli bir role sahip olmuştur. Kentleşmiş bölgelerdeki taşkınları yönetmek için doğanın dinamiklerinden yararlanan peyzaj mimarları, tasarım ve planlamalarını taşkına adapte edebilen çözüm önerileri geliştirmişlerdir (Palazzo ve Wang 2022). Bu öneriler kapsamında alanlarının korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından doğayı referans alarak oluşturulacak tasarım yaklaşımları önem arz etmektedir (Acar ve Acar 2020). Ekolojik tasarım, kendisini canlı süreçlerle bütünleştirerek çevresel olarak yıkıcı etkileri en aza indiren tasarım biçimidir (Makhzoumi ve Pungetti 2003; Higgs 2003). Peyzaj mimarlarının 1990'lardan itibaren benimsediği yaklaşımlara bakıldığında, artan taşkın duyarlılığına karşı doğanın işlevini eskisi gibi yerine getirmesini destekledikleri ekolojik temelli yaklaşımların mevcut olduğu görülmektedir (Palazzo 2019; Palazzo ve Wang 2022). Taşkınların ekosistem ve biyolojik çeşitlilikte oluşturduğu tahribat ile (Aksay vd. 2005) insan hayatında oluşturduğu tehditler (Zahran vd. 2008) ile mücadele konusunda günümüze kadar uygulanmış ve uygulanmakta olan birçok yapısal ve bitkisel tasarım önerileri bulunmaktadır. Tasarlanmış sulak alanlar, su basabilir parklar gibi inşa edilmiş ekosistemler ve mavi yeşil altyapıyı destekleyecek diğer doğa temelli çözümler ekolojik temelli bazı yaklaşımlara örnek olarak verilebilir (Palazzo ve Wang 2022). Bu çözümlerde, yağmur suyu kentsel alanlardan uzaklaştırılması gereken atık su olarak nitelendirilmek yerine kontrollü bir şekilde toplanarak olası bir felaketi önlemekte, böylece ekosisteme ve hidrolojik döngüye katkı sağlamaktadır. Yeşil altyapı yaklaşımlarına dayanan, dere ve nehir kenarlarının restore edilerek taşkın anında, etkileri en aza indirmeyi amaçlayan bazı bitkisel uygulamalara bakıldığında, bitkisel olarak çok sayıda yerli bitkinin kullanıldığı görülmektedir. Aynı zamanda yapılacak olan teraslama, taşkın yatağının genişletilmesi ve geçirimli döşeme malzemesi kullanımı gibi ekolojik yapısal öneriler de mevcuttur. Örneğin Singapur'da bulunan ve Kallang Nehri'nin de içinde yer aldığı Bishan-Ang Mo Kio park, kentteki beton kanalın yeniden düzenlenmesi ile, taşkın önleme adına oluşturulmuş bir projedir. Öncesinde kenti muson yağmurları esnasında sele karşı korumak amacıyla oluşturulmuş 24 m genişliğindeki beton kanal, yeniden düzenleme ile kentin hidrolojik, ekolojik ve sosyal altyapısına destek verecek bir park projesi ile geliştirilmiştir. Yeniden düzenleme sonrasında, 100 m genişliğe ulaşan suyu ekolojik yaklaşımlarla kontrol altına alabilecek bir tasarım düzenlenmiştir (An vd. 2020). Nehrin her iki tarafı eğimli çim alanlardan oluşan parkta ayrıca su seviyesinin yükselme durumunda devreye giren erken uyarı sistemi mevcuttur. Kullanılan flora ve fauna, biyoçeşitliliği %30 oranında artmıştır. Nehir, restorasyon sonrası biyoçeşitliliğin yanında mikrohabitatlar ile de desteklenmiştir (An vd. 2020). Su tutma kapasitesi yüksek olan bu tasarım yaklaşımları, önemli bir taşkın anında kanallardaki su seviyesinin yükselmesine karşı tampon görevi görerek suyu tutmaktadır (Brasch 2019). Bu tampon bölgeler Hoag ve Fripp (2002) tarafından yapılan bir çalışmada topuk zonu, şev zonu, şev üstü zonu, geçiş zonu ve yüksek arazi zonu olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 1).

**Topuk zonu:** Bu zon, akarsu akım seviyesinde yer almaktadır. Bu zon uzun süre su altında kaldığı için, odunsu bitki türleri nadiren yer almaktadır (Hoag ve Fripp 2002; Meral 2015). Ancak suya toleransı yüksek olan bazı bitki türleri bu zonda kullanılabilir.

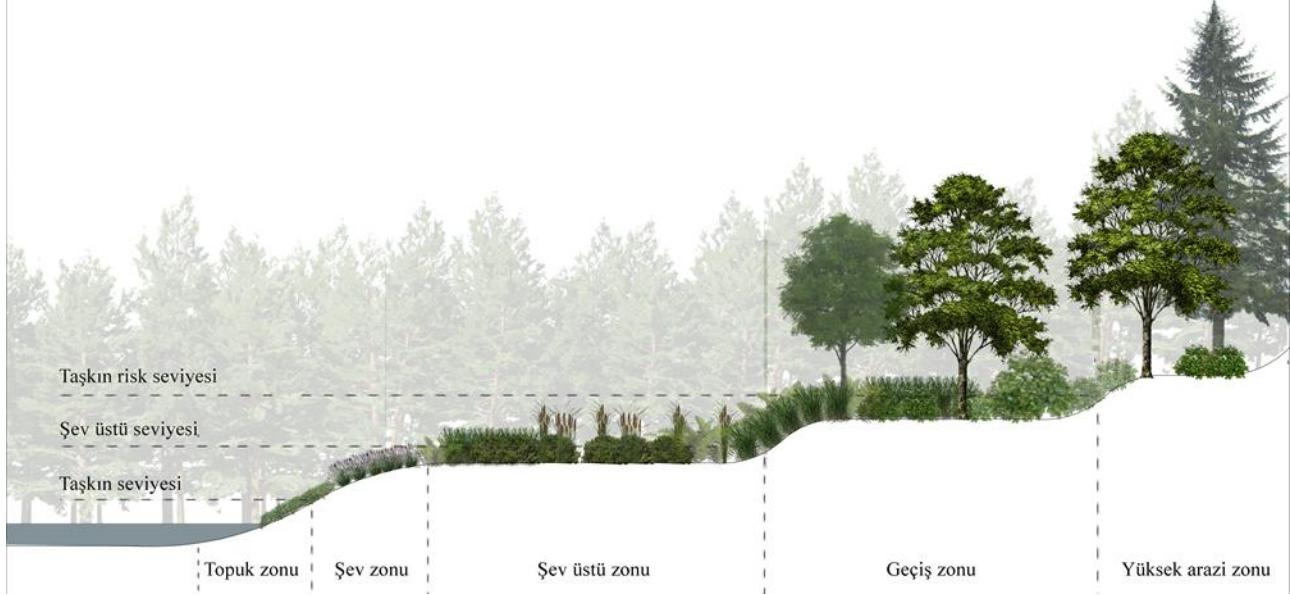
**Şev zonu:** Bu zon, şev üstü bölgesi ile topuk zonu arasında yer almaktadır. Genellikle otsu bitki türleri ve seyrek olarak çalılar ile kaplanmaktadır (Hoag ve Fripp 2002; Meral 2015).

**Şev üstü zonu:** Taşkın seviyesi ile geçiş bölgesi arasında yer almaktadır. Bu zon bazen sediment birikimi sonucu oluşmuş katmanlı topraklardan oluşabilir. Bitki örtüsü genellikle suya toleransı yüksek olan sucul bitkilerden

oluşmaktadır. Ayrıca bu zonda seyrek çalı formundaki söğüt sapsarı, kızılıçıklar, kızılbaş, huş gibi bitki türleri bulunabilir (Hoag ve Fripp 2002; Meral 2015).

**Geçiş zonu:** Geçiş zonu, şev üstü zonu ile taşkın seviyesi arasındaki bölgedir. Genellikle sucul bitki türleri yer almaktadır. Ayrıca bu bölgede ağaç türleri de kullanılabilir (Hoag ve Fripp 2002).

**Yüksek arazi zonu:** Bu zon geçiş zonunun üst kısmında yer almaktadır. Geniş yapraklı, ibreli ve çalı türleri kullanılabilir (Hoag ve Fripp 2002).

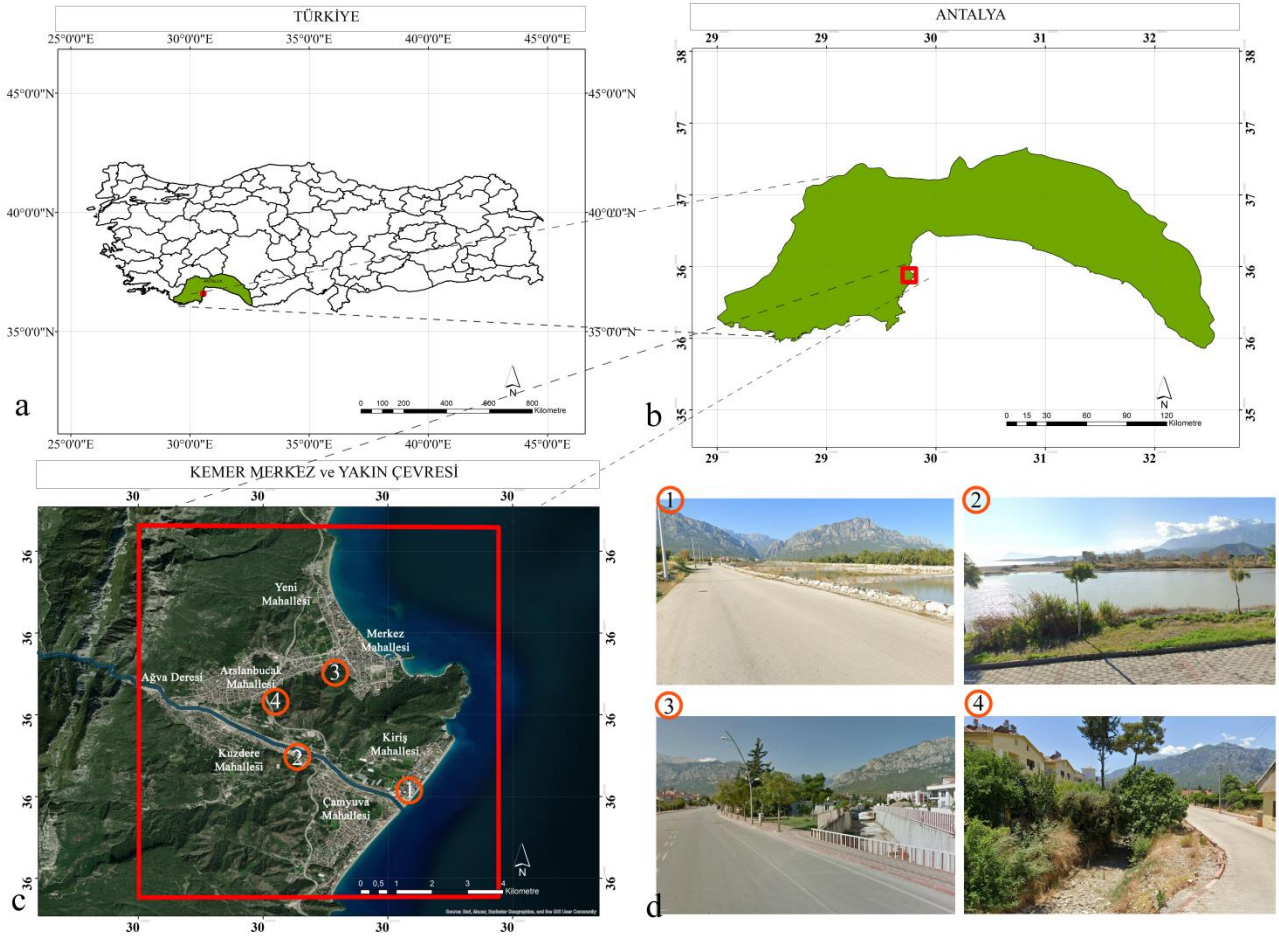


Şekil 1: Akarsu bitki dikim zonları (Hoag ve Fripp 2002'den uyarlanmıştır)

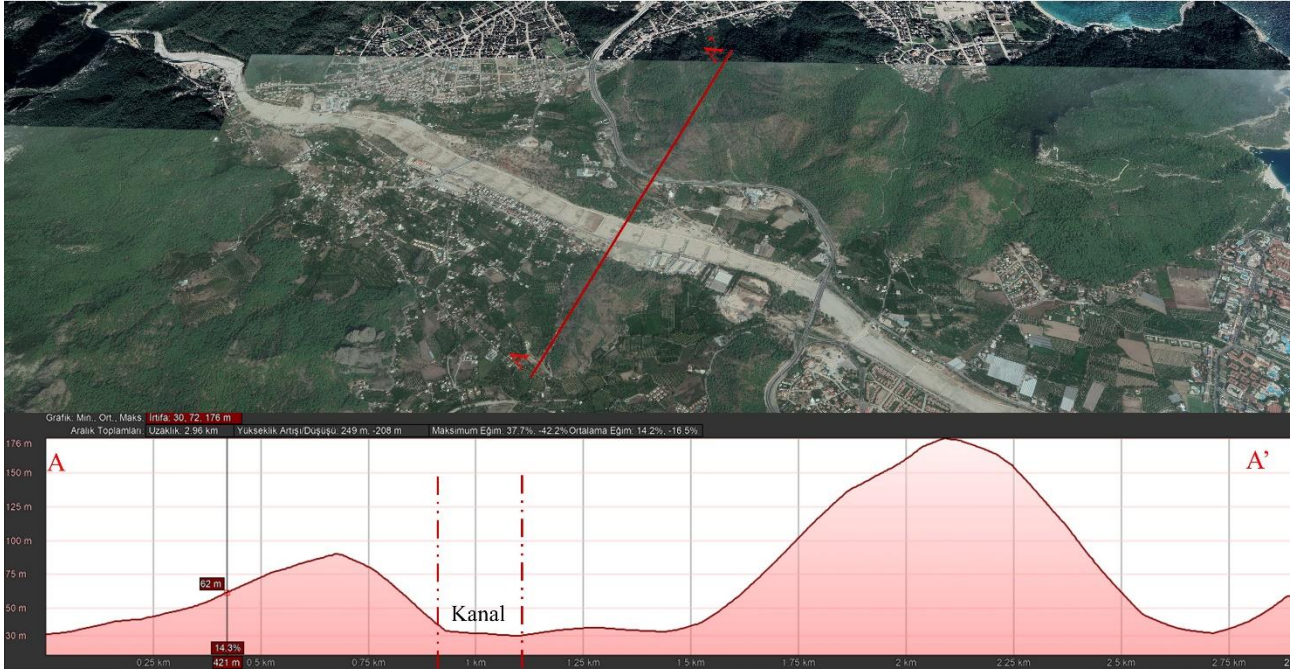
## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Materyal

Çalışma alanı, Antalya'nın Kemer ilçesinin yakın çevresinde yer alan Kemer merkez, Arslanbucak, Çamyuva, Kiriş, Kuzdere ve Yeni Mahalleleri'dir (Şekil 2). Kemer ilçesi 36° 06' ve 37° 07' kuzey enlemleri ile 29° 14' ve 32° 27' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Dönmez ve Açiksöz 2010). Alanın denizden yüksekliği 0-50 m aralığındadır. Türkiye DEM (Digital Elevation Model) verisi, 30 x 30 m çözünürlüklü Landsat uydu görüntüsünden elde edilmiş ve bu veri sayesinde eğim ve bakı analizleri yapılmıştır. Eğim analizine göre, yerleşimin olduğu alanların eğimi %0-10 arasında değişmektedir. Ancak bazı yerleşim alanlarında, eğim değerlerinin arttığı görülmüştür. Alandaki büyük toprak grupları incelenmiş ve alanın toprak yapısının; Alüvyal toprak, Kireçsiz kahverengi orman toprağı, Kırmızı Akdeniz toprağı ve Kolüvyal topraklardan oluştuğu (URL-1 2022) görülmüştür. Çalışma alanındaki hidrolojik yapı incelendiğinde Sumakseniri ve Sapan dereleri birleşerek Ağva deresini oluşturmaktadır. Kemer'in içinden geçerek Akdeniz'e dökülen Ağva deresi yıllar içinde Kemer ve yakın çevresini taşkın riski ile karşı karşıya bırakmaktadır (İşler vd. 2016). Ağva Deresinde yapısal olarak kanal içinde kademelendirme ve kanal çevresinde kayalarla şev uygulaması yapılmıştır. Alanda derenin yer aldığı kanal kesiti ve arazi kesiti (Şekil 3) Google Earth programı vasıtasıyla oluşturulmuştur. Akdeniz iklimi etkisinde olan Kemer ilçesinde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlıdır. Bölgede yağış miktarı çok az olmamakla birlikte, en sık ilkbahar mevsiminde taşkınlar görülmektedir. Bunun sebebi ise uzun süreli yağışlardan çok, sağanak yağışların görülmesinden kaynaklanmaktadır (Dönmez ve Açiksöz 2010). Kemer ilçesinin yıllık ortalama yağış miktarı 980 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklığın 16.7 °C olduğu Kemer ilçesinde, en yüksek sıcaklık ortalaması 26.7 °C ile Ağustos ayında ölçülmüştür (URL-2 2022). İlçe Akdeniz iklim tipinin özelliği gereği, çeşitli vejetasyon tiplerine ve zengin bitki örtüsüne sahiptir. İlçe sınırları içerisinde yer alan milli park alanı, çok yıllık ve tek yıllık kültür bitkileri üretim ortamları ve turizm tesisleri ile birlikte son derece kıymetli kıyı ekosistemlerini bir arada barındırmaktadır (Sönmez vd. 2009). Deniz seviyesinden başlayarak, alpin kuşağa kadar zengin bir doğal yapı sergileyen Kemer ilçesinde toplam 865 değişik takson tanımlanmış ve bu türlerden 154'ünün Türkiye, 25'inin ise sadece bölge endemiği olduğu tespit edilmiştir (Atik ve Altan 2004). Çalışma alanı olarak Kemer ilçesinin seçilmesinin sebebi yılın farklı zamanlarında alanın taşkın felaketiyle karşı karşıya kalmış olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 2: Kemer merkez ve yakın çevresinin Türkiye'deki konumu (a, b), görüntülerin alındığı noktalar (c), çalışma alanından görüntüler (d)



Şekil 3: Ağva deresinin yatak kesiti

## 2.2. Yöntem

Çalışma 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada farklı kitap, makale, tez çalışmaları vd. kaynaklardan elde edilen veriler incelenmiştir. Bu veriler incelenirken taşkın duyarlılık analizinin CBS ortamında yapıldığı çalışmalara çok fazla rastlanılmıştır (Hammami vd. 2019; Lin vd. 2019; Pham vd. 2020; Swain vd. 2020; Akın Tüzgen ve Karaca 2021). Bu çalışmalar genellikle taşkın duyarlılığını ortaya koymak ya da taşkın duyarlılığı yüksek olarak belirlenen alanlarda yapılacak olan yapısal çözüm önerilerinin geliştirilmesi ile sonuçlanmıştır. Bu çalışma, taşkın duyarlılığı yüksek olan alanlarda yapılacak olan ekolojik tasarım yaklaşımlarıyla taşkın duyarlılığını hafifletilmesi yönüyle diğer çalışmalardan farklılaşmaktadır. Bu kapsamda ikinci aşamada, incelenen veriler doğrultusunda çalışmanın yapılacağı alan belirlenmiş ve belirlenen alanda taşkın duyarlılık analizi yapılmıştır. Bu aşamada alanın eğim, bakı, arazi kullanımı, toprak, yağış ve akarsuya olan uzaklık haritaları ArcGIS programında, Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden biri olan, AHP (Analitik hiyerarşi süreci) göre değerlendirilmiştir. AHP, Saaty (1977) tarafından geliştirilen, Çok kriterli bir karar verme yöntemidir. Yöntem, göreceli öneme sahip bir ölçüğe ulaşmak için incelenen parametreler arasında ikili karşılaştırma matrisi oluşturur. Parametrelerin göreceli önemi 1'den 9'a kadar ölçeklendirilir (Pathan vd. 2022; Senan vd. 2022). Daha sonra ArcGIS ortamında taşkına duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan eğim ve bakı haritaları Türkiye DEM verisi dikkate alınarak oluşturulmuştur. Arazi kullanımı için, Corine 2018 verisi (Şekil 4d) (URL-3 2022) kullanılırken, toprak verisi için Türkiye toprak haritası kullanılmıştır (URL-1 2022). Yerleşim alanlarındaki mahalle nüfus sayıları ise Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (URL-4 2022) verilerinden elde edilmiştir. Son aşamada ise taşkın açısından duyarlı alanlarda ekolojik planlama ve peyzaj tasarım çalışmaları yapılmıştır.

### 2.2.1. Eğim

Çalışmada ilk olarak eğim parametresi incelenmiştir. Eğim, su akışının hızını ve yüzey akışının sızmasını doğrudan etkilediği için taşkına duyarlılık analizinde önemli bir parametredir (Rahmati vd. 2016; Souissi vd. 2020). Eğimin yüksek olduğu alanlarda toprağın suyu tutma kabiliyeti azalmaktadır. Bu da yağışla birlikte akışa geçen su miktarının eğimin yüksek olduğu alanlarda daha fazla olacağı anlamına gelmektedir. Eğimin az olduğu yerlerde ise, suyun akış hızının yavaşlaması ve suyun daha hızlı birikmesi sebebiyle taşkın duyarlılığı daha yüksektir (Ghorbani Nejad vd. 2017; Mangukiya ve Sharma 2022). Çalışma alanındaki eğim değerleri incelendiğinde eğim yüzdesi düşük alanlar 'riskli' alanlar olarak değerlendirilirken, yüksek eğim değerine sahip olan alanlar risksiz' (Tablo 1) olarak değerlendirilmiştir.

### 2.2.2. Arazi kullanımı

Arazi kullanımı, insanların doğal şartlardan faydalanma durumunu ifade etmektedir (Işık vd. 2020). Arazi kullanımı, taşkına duyarlılık analizinde hassasiyet gösteren bölgeleri belirlemek için önemli bir faktördür. Taşkın ve bitki yoğunluğu arasında ters yönlü bir ilişki vardır. Yani bir alanda bitki örtüsü mevcut ise daha düşük taşkın riski vardır (Rahmati vd. 2016). Çünkü bitki örtüsü akışa geçen suyu tutmakta, suyun hızını yavaşlatmakta ve toprağa sızmasını sağlamaktadır. Bitki örtüsünden yoksun olan yollar, çıplak araziler, nehirler ve binalar gibi geçirimsiz yüzeylerde ise akış hızı yüksektir (Shaban vd. 2006; Souissi vd. 2020). Yani kentsel alanlar, tarım alanları ve çorak araziler daha yüksek bir yüzey akışına sahipken, yoğun bitki örtüsü ile kaplı alanlar ve orman arazileri daha az yüzey akışına sahiptirler (Mangukiya ve Sharma 2022). Bu bilgilere bakılarak çalışma alanı olan Kemer ve yakın çevresinin büyük bir çoğunluğunu oluşturan yerleşim ve tarım arazileri 'riskli' alanlar olarak değerlendirilirken, bitki örtüsü ile kaplı alanlar 'risksiz' (Tablo 1) olarak değerlendirilmiştir.

### 2.2.3. Toprak

Toprak geçirgenliği taşkına duyarlılık analizinde dikkate alınan diğer bir parametredir. Geçirgen topraklar daha fazla sızma kapasitesine sahiptir. Bu sebeple bu topraklarda yüzey akışı daha yavaştır (Karmakar vd. 2010; Wang vd. 2020). Toprak içerisinde kil oranı yüksek olan topraklar geçirimsiz, yüzey akışı daha fazla ve hızlıdır (Gratchev vd. 2018; Işık vd. 2020; Iqbal vd. 2022). Topraktaki humus tabakası, topraktan sızan su miktarını artırır ve aynı zamanda suyun kendisini tutar (Çelik vd. 2012). Toprak türüne göre değişen porozite nedeniyle sızdırma ve havalandırma kapasitesi de değişmektedir. Bu durum taşkınların şiddet ve etkisini nispeten azaltıp çoğaltabilmektedir. Bu kapsamda Alüvyal, Kestane rengi kırmızı kahverengi Akdeniz toprakları ve Kolüvyal topraklar en fazla risk barındıran toprak gruplarıdır (Tokgözlü ve Özkan 2018). Çalışma alanında geçirimli topraklar 'risksiz' olarak değerlendirilirken geçirimsiz topraklar 'riskli' (Tablo 1) olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan toprak verilerinin ağırlık değerleri verilirken, Tokgözlü ve Özkan (2018) tarafından yapılan çalışma dikkate alınmıştır.

### 2.2.4. Bakı

Bakı durumu toprak ve bitki örtüsünü etkilemesi yönü ile taşkına duyarlılık analizindeki diğer bir parametredir. Türkiye'de kuzey bakılı yamaçlar, güney bakılı yamaçlara göre daha fazla yağış almaktadır. Bu durum yağın yağmurun aniden yüzeyel akışa geçmesi ile taşkın riskinin artmasına sebep olmaktadır (Oğuz vd. 2016; Işık vd. 2020; Oğuz vd. 2022).

Aynı zamanda doğu bakılı yamaçlar sabah saatlerinde, batıya bakan yamaçlar ise akşam saatlerinde daha fazla güneş almaktadır (Oğuz vd. 2016; Oğuz vd. 2022). Bu bilgiler doğrultusunda kuzey bakılı alanlar taşkın açısından 'riskli' olarak değerlendirilirken, doğu ve batı bakılılar 'risksiz' (Tablo 1) kategorisinde değerlendirilmiştir.

### 2.2.5. Yağış

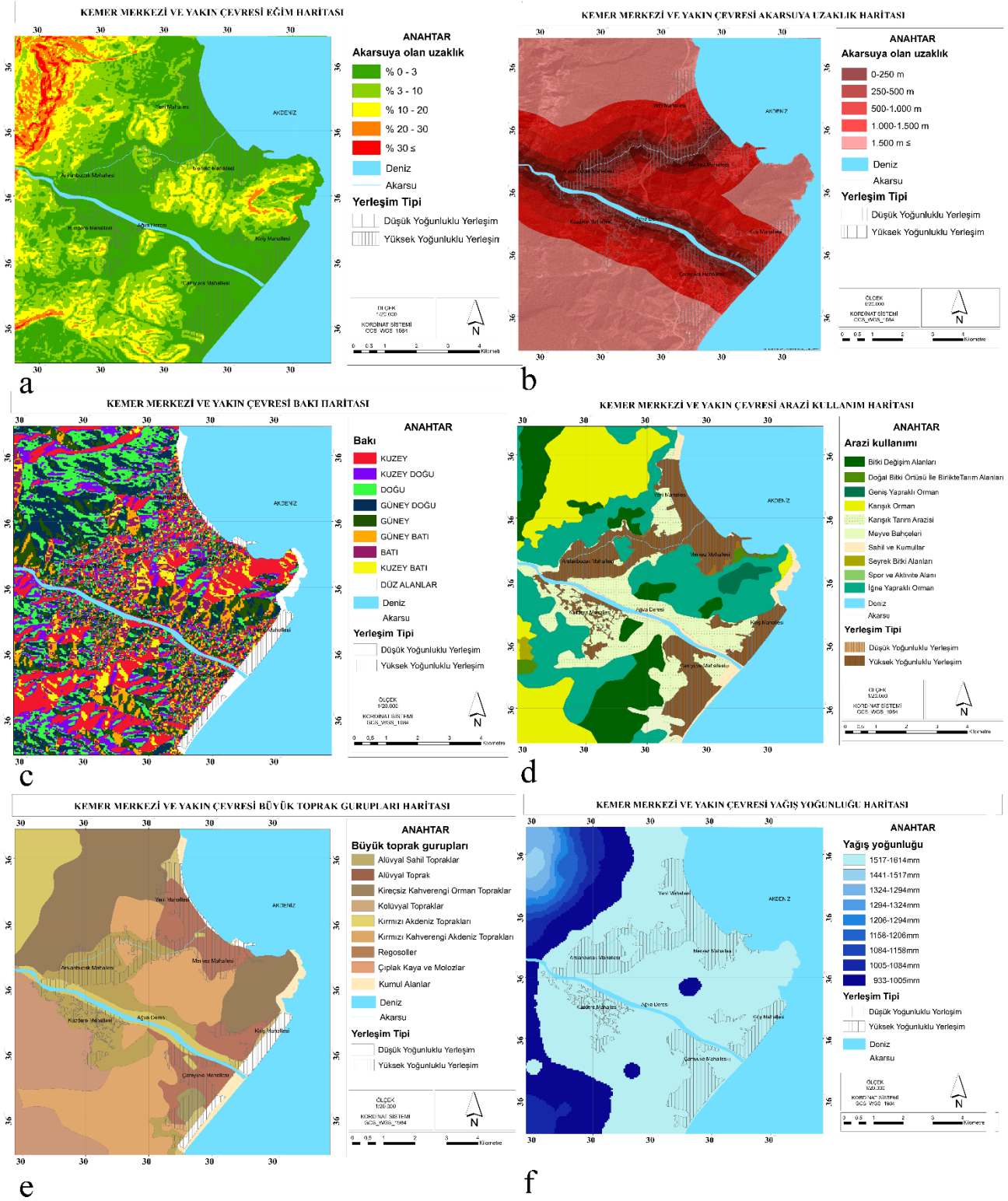
Yağış miktarı, taşkını etkileyen önemli bir parametredir (Çelik vd. 2012; Souissi vd. 2020; Oğuz vd. 2022). Kemer ilçesinde yağış dağılım haritası oluşturulurken, 17953 istasyon numaralı yağış gözlem istasyonu dikkate alınmış ve Schreiber metodu kullanılarak yağış değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler ise ArcGIS'de, 'Mekansal Analist araç kutusu'nun 'IDW' aracı kullanılarak ters mesafe ağırlıklandırma yöntemi ile hesaplanmış ve Kemer ilçesindeki yağış dağılımı ortaya koyulmuştur. IDW, en çok tercih edilen jeostatistiksel olmayan yöntemlerden bir tanesidir. Yöntem, bilinen numune noktalarının değerlerini kullanarak bilinmeyen noktaların hücre değerlerini belirlemek amacıyla kullanılan bir enterpolasyon tekniğidir (Yenipinar vd. 2021; Yılmaz vd. 2023). Bu yağış dağılımına göre alandaki en düşük yıllık yağış miktarı 933 mm'dir. Genel kural olarak belirli bir yüksekliğe kadar yükseklik arttıkça yağış miktarı da artar (Aydınöz 2008). Yağış değeri bilinmeyen noktaların değerlerini tespit etmek için Schreiber formülünden (Denklem 1) (Aydınöz 2008) yararlanılmıştır. Schreiber formülü:

$$Yağış + ((Yükseklik - İstasyon Yükseltisi) \times 54) / 100 \quad (1)$$

### 2.2.6. Akarsuya uzaklık

Çalışmada kullanılan bir diğer parametre ise akarsuya olan uzaklıktır. Akarsu kenarlarında kurulan yerleşim yerleri taşkın anında etkilenecek ilk yerlerdir (Işık vd. 2020; Bayazıt 2021). Çalışma alanı olan Kemer merkez ve çevresinde, akarsuya yakın olan alanlar 'Riskli' olarak değerlendirilmiştir.

Tüm bu parametreler (Şekil 4) taşkın alanlarını belirlemek amacı ile 1-5 skalasına (Tablo 1) göre değerlendirilmiştir. Ağırlık değerleri verilirken; Özşahin (2013), Oğuz vd. (2016) ve Tokgözlü ve Özkan (2018) tarafından yapılan çalışmalarda değerler dikkate alınmıştır. Çalışma kapsamında bu ağırlık değerlerinin kullanılmasının nedeni, yapılan bu çalışmaların benzer iklim koşullarında yürütülmesinden kaynaklanmaktadır. Örneğin Özşahin (2013) tarafından Arnavutluk'ta yapılan çalışmadaki alanının iklim özellikleri ile Kemer'in iklim özellikleri aynıdır. İki alan da Akdeniz ikliminin özelliklerini yansıtmaktadır.



Şekil 4: Taşkına duyarlılık analizi kapsamında değerlendirmeye alınan haritalar. Kemer merkezi ve yakın çevresi eğim haritası (a), akarsuya uzaklık haritası (b), baki haritası (c), arazi kullanım haritası (d), büyük toprak grupları haritası (e) ve yıllık yağış haritası (f)

Kullanılan parametreler Tablo 1’de verilmiştir. Taşkına duyarlılık için kullanılan sayısal haritaların tümü raster formatına dönüştürülerek ArcGIS programında ‘Weighted Overlay’ analizi (ağırlıklı çakıştırma) yapılmıştır. Weighted Overlay’de kullanılan ağırlık oranları Tablo 1’de gösterilmiştir. Weighted Overlay sonucunda taşkına duyarlılık potansiyelleri; Risksiz (1), Az Riskli (2), Orta Riskli (3), Yüksek Riskli (4), Çok Yüksek Riskli (5) olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 1: Taşkına duyarlılık analizi kapsamında değerlendirmeye alınan parametreler (Oğuz vd. 2016; Tokgözlü ve Özkan 2018; Souissi vd. 2020, Işık vd. 2020; Bayazit 2021)

	5 Puan	4 Puan	3 Puan	2 Puan	1 Puan
<b>EĞİM</b>					
<b>Ağırlık değeri (%25)</b>	%0-3	%3-10	%10-20	%20-30	%30≤
<b>ARAZİ KULLANIMI</b>					
<b>Ağırlık değeri (%15)</b>	Sürekli Kentsel Doku, Süreksiz Kentsel Doku	-	Karışık Tarım Arazisi, Bitki Değişim Alanları, Seyrek Bitki Alanı	Doğal Bitki Örtüsü İle Birlikte Tarım Alanları	Geniş Yapraklı Orman, İğne Yapraklı Orman, Karışık Orman, Sahil ve Kumullar, Deniz
<b>TOPRAK</b>					
<b>Ağırlık değeri (%10)</b>	Alüvyal Sahil Topraklar, Alüvyal Toprak, Kırmızı Akdeniz Toprakları, Kırmızı Kahverengi Akdeniz Toprağı, Kolüvyal Toprak	Yerleşim, Çıplak Kaya ve Molozlar	-	Regosoller	Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı
<b>BAKİ</b>					
<b>Ağırlık değeri (%10)</b>	Düz alanlar	Kuzey, Kuzey Doğu, Kuzey Batı	-	Güney, Güney Doğu, Güney Batı	Doğu, Batı
<b>YAĞIŞ</b>					
<b>Ağırlık değeri (%20)</b>	1517-1614mm	1324-1517mm	1206-1324mm	1084-1206mm	933-1084mm
<b>AKARSUYA OLAN UZAKLIK</b>					
<b>Ağırlık değeri (%20)</b>	0-250m	250-500m	500-1000m	1000-1500m	1500m≤

### 3. Bulgular ve Tartışma

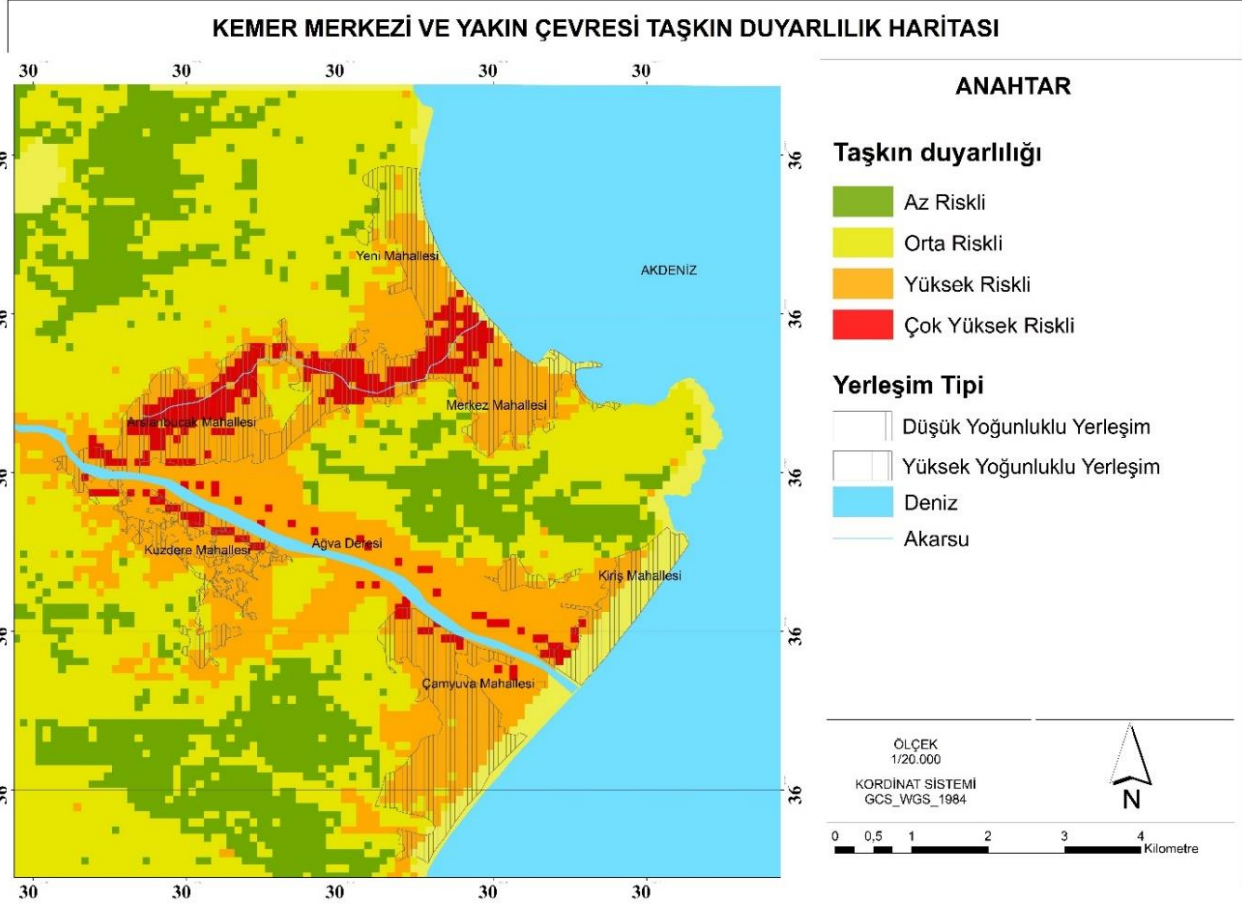
Yapılan ağırlıklandırma sonucunda taşkın duyarlılık haritası oluşturulmuş ve taşkın açısından riskli alanlar tespit edilmiştir (Şekil 5). Yapılan taşkın analizine göre Kemer merkezi ve yakın çevresinde ‘risksiz’ kategorisinde bir alan bulunmamaktadır. Bu haritaya bakıldığında Kemer ilçesinde akarsuya yakın mesafede birçok yerleşim alanının taşkına karşı duyarlı olduğu görülmektedir. Bu mahallerdeki nüfus verilerine bakılarak taşkınlardan etkilenecek mahallelerin nüfus tahminleri belirlenebilir. Canik-İlkadım merkez ilçelerinde yapılan bir çalışmada, nüfus bilgilerine göre taşkınlardan etkilenebilecek nüfus için tahminler yapılmıştır (Demir ve Keskin 2022). Özellikle Ağva deresinden gelen akarsuyun geniş bir alana yayıldığı ve yıllık ortalama debisi (5,96 m<sup>3</sup>/s) (Özkoca ve Keskin 2022), de incelendiğinde yakın çevresi için risk oluşturduğu tespit edilmiştir. 2003 ve 2018 yıllarında kuvvetli sağanak yağış ile birlikte Kuzdere ile Arslanbucak Mahallelerinin taşkın sebebi ile sular altında kaldığı literatür verileri incelenirken ortaya konulmuştur (Saliş 2020). Taşkına duyarlılık analizinde de Kuzdere, Arslanbucak, Çamyuva, Merkez ve Yeni Mahalleleri taşkın riski ile karşı karşıyadır. Taşkın duyarlılık haritası incelendiğinde, taşkınımın Ağva deresine yakın ve yerleşimin olduğu düz alanlarda olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında taşkın duyarlılığının yüksek çıktığı alanlar genellikle eğimin düşük olduğu alanlardır. Bu alanlara örnek olarak yerleşim alanları gösterilebilir. Rahmati vd. (2016) yaptığı çalışmada, eğimin düşük olduğu alanlarda su akışının yavaşlamasından kaynaklı taşkın riskinin daha yüksek olduğundan bahsetmiştir. Ayrıca yerleşim alanlarında taşkın duyarlılığının daha yüksek çıkmasının sebebi, bu alanların genellikle geçirimsiz yüzeylerden oluşmasıdır. Ghorbani Nejad vd. (2017) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, yerleşim alanlarında bitki örtüsünün az olmasından kaynaklı su tutma kapasitesinin daha düşük olduğu görülmüştür. Kemer’de yapılan bu çalışma incelendiğinde, taşkın riskinin düşük olduğu alanlar genellikle bitki örtüsü ile kaplı alanlar olarak gözlemlenmiştir. Rahmati vd. (2016) tarafından yapılan bir çalışmada, bitki örtüsünün akışa geçen suyu tutarak taşkın riskini azaltabileceğinden bahsedilmiştir. Geçmiş yıllarda Kuzdere ve Arslanbucak mahallelerinde meydana gelen taşkın genellikle alüvyal topraklar üzerinde meydana gelmiştir. Yapılan taşkına duyarlılık analizine bakıldığında da bu alanların taşkın açısından da riskli alanlar olduğu gözlenmiştir. Tokgözlü ve Özkan (2018) tarafından yapılan bir çalışmaya göre, alüvyal topraklar taşkın riski açısından ‘riskli’ toprak grubunda yer almaktadır.

Alanda ‘Schreiber Metodu’ baz alınarak oluşturulan yağış dağılım haritasında yağış miktarı fazla olan alanlarda taşkın duyarlılığı düşük çıkmıştır. Bunun sebebi ise bu alanlarda eğimin yüksek olmasına rağmen, arazinin bitki örtüsünün korunmuş olmasıdır. Arazinin bitki örtüsü ağırlıklı olarak ibrelili ve geniş yapraklı ağaçlardan meydana gelmiştir.



Böylece yağmur suyunun bir kısmı akışa geçerken, bir kısmı ise mevcut bitkiler sayesinde tutulmaktadır. Bu da bu alanlarda taşkın duyarlılığının düşük olmasını açıklamaktadır. Yapılan taşkın risk haritası incelendiğinde taşkın duyarlılığının akarsuya yakın olan kısımlarda yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. [Mangukiya ve Sharma \(2022\)](#) taşkın riskinin akarsuya yakın olan yerlerde daha yüksek olduğundan bahsetmişlerdir. Ayrıca [Bayazıt \(2021\)](#) ve [Işık vd. \(2020\)](#) tarafından yapılan çalışmalarda da akarsuya yakın alanların taşkın duyarlılığı açısından riskli alanlar olduğundan bahsedilmiştir.

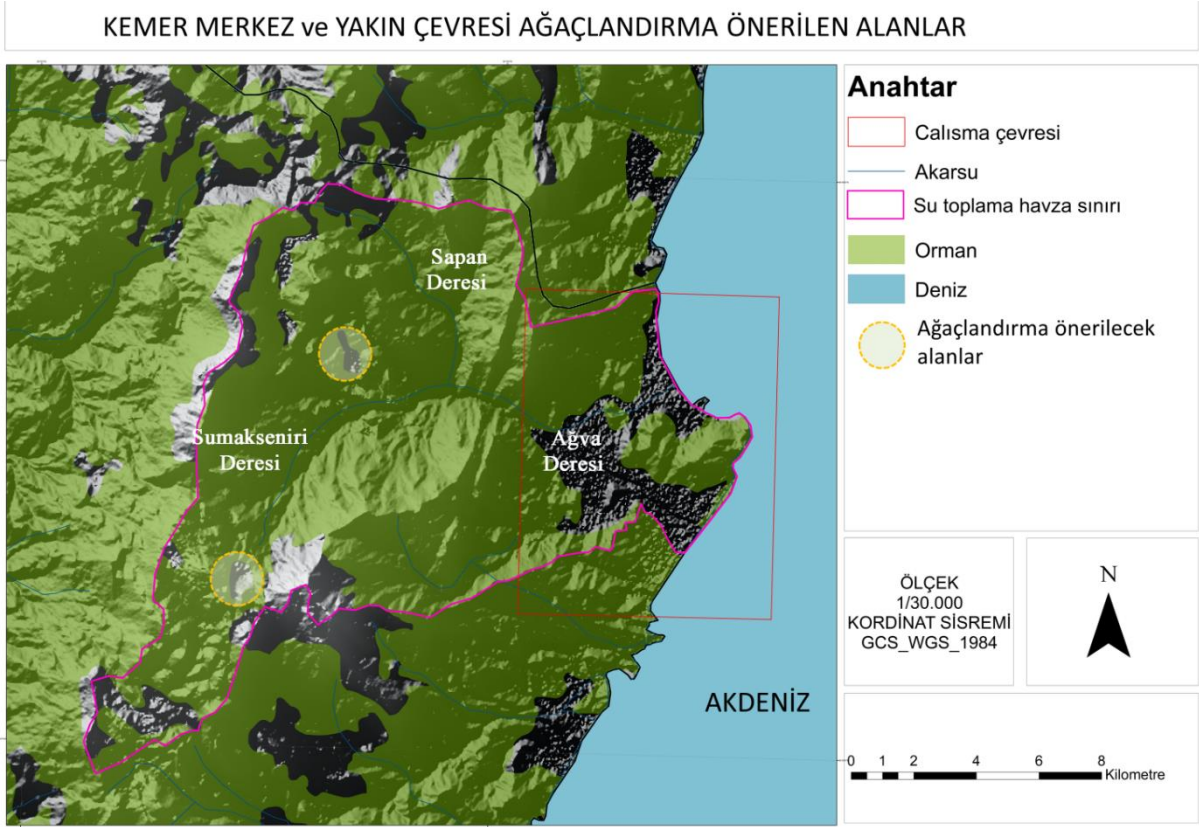


Şekil 5: Kemer merkezi ve yakın çevresi taşkın duyarlılık haritası

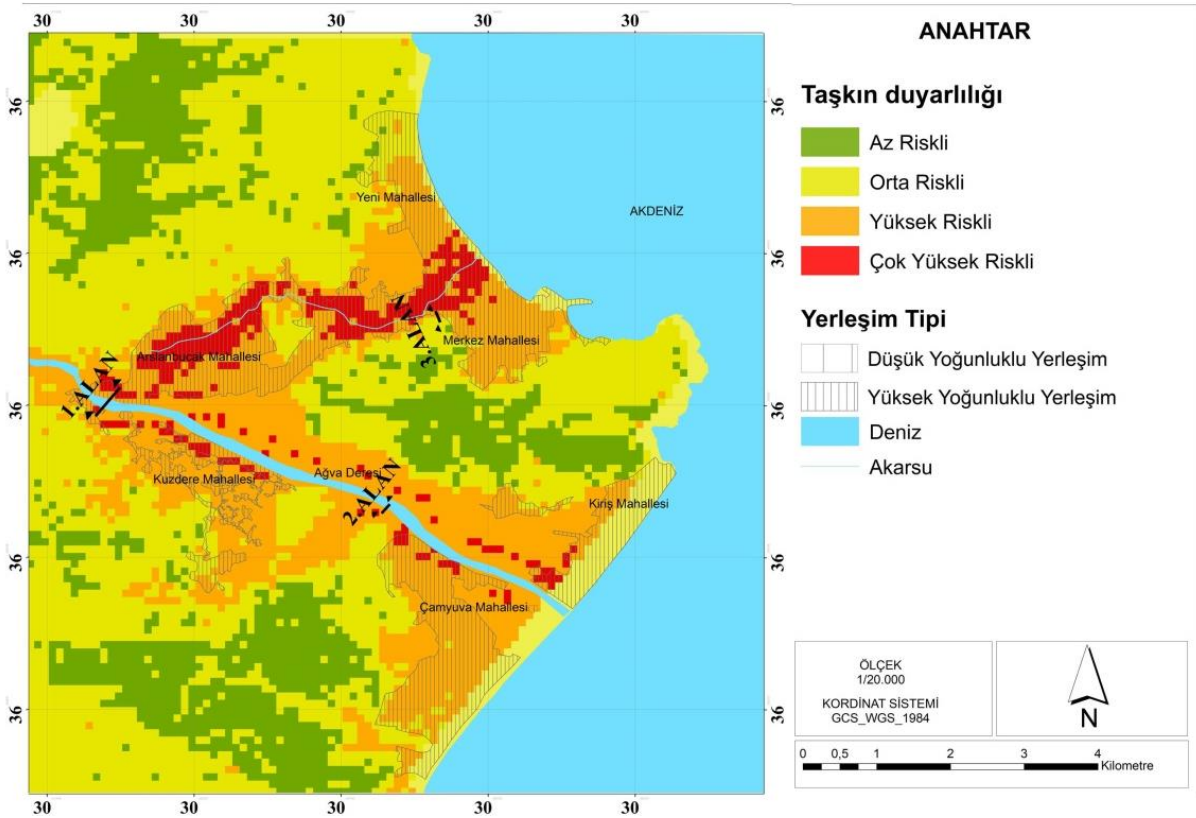
#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

Analiz sonuçlarına göre olası bir taşkında 893 ha'lık tarım alanı ve çalışma alanındaki yerleşim alanlarının 2/3'nün sular altında kalacağı sonucuna varılmıştır. Ayrıca 71.555 m<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip Kuzdere Mahallesi (5.593 kişi) ve 15.081 m<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip Arslanbucak Mahallesi (11.263 kişi) ([URL-5 2022](#)) taşkın duyarlılığı en fazla olan iki mahalledir. Tüm bu veriler doğrultusunda taşkın duyarlı alanlarda yapılacak olan ekolojik peyzaj çalışmaları ile taşkın felaketinin olası etkileri azaltılabilir. Bu çalışma kapsamında taşkın felaketini önlemek için 1/30.000 ölçekte ağaçlandırılacak alan önerisi (Şekil 6) ve 3 farklı bölge için (Şekil 7) tasarım ölçeğinde ekolojik peyzaj tasarım önerisi geliştirilmiştir. Çalışmada 1. bölge, Ağva Deresinin kent ile bulunduğu ilk nokta olması ve buradan akışa geçen suyun yapısal ve bitkisel materyal ile düzenlenme potansiyelinden dolayı seçilmiştir. 2. bölgenin yakın çevresinde kompost işleme ve sanayi tesisleri bulunmaktadır.. Bu bölgenin seçilme sebebi, atıkların dere vasıtasıyla deniz ile buluşmadan, bünyesinde ağır metalleri tutabilen bitkisel materyal önerileri ile tutulmak istenmesinden kaynaklanmaktadır. 3. bölge Kemer merkezde açık yeşil alan oluşturmak, aynı zamanda herhangi bir taşkın anında yapısal ve bitkisel öneriler ile suyun kontrollü bir şekilde deniz ile buluşmasını sağlamak amacıyla seçilmiştir.

1/30.000 ölçekte önerilen ağaçlandırma çalışmasında, alanın ekolojisine uygun olan *Pinus brutia* ve *Pinus pinea* türlerinin kullanımı önerilmiştir. Çalışma alanının su toplama havzası sınırları içerisinde kalan ve bu alanlara önerilmiş olan bitkilendirme çalışması ile bitki, toprak ve su arasındaki doğal denge sağlanmış ve bozulmuş havzalardaki dengenin yeniden kurularak, dere akışın düzenlenmesi hedeflenmiştir.



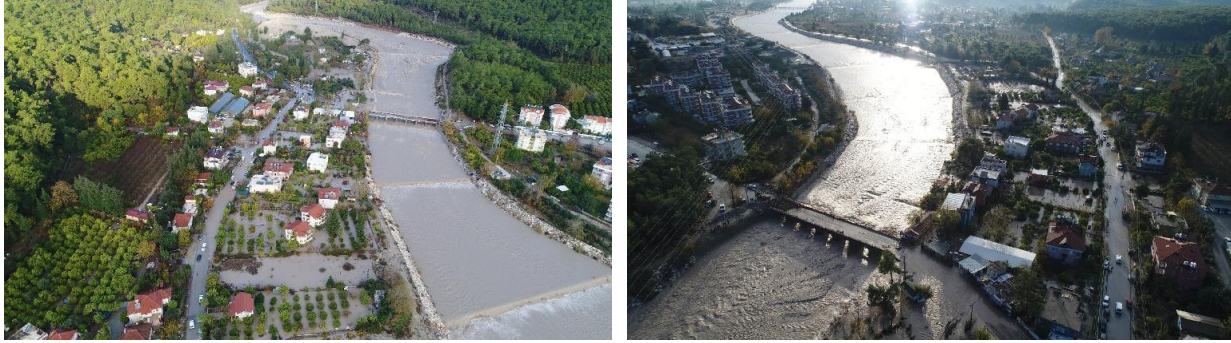
Şekil 6: Çalışma alanında taşkına sebep olan Ağva Deresi kolları olan Sumakseniri ve Sapan Dereleri su toplama havzalarında ağaçlandırma çalışması için önerilen alanlar



Şekil 7: Kemer merkez ve yakın çevresinde taşkına duyarlı alanlarda, ekolojik peyzaj tasarım önerilerinin geliştirildiği yerler

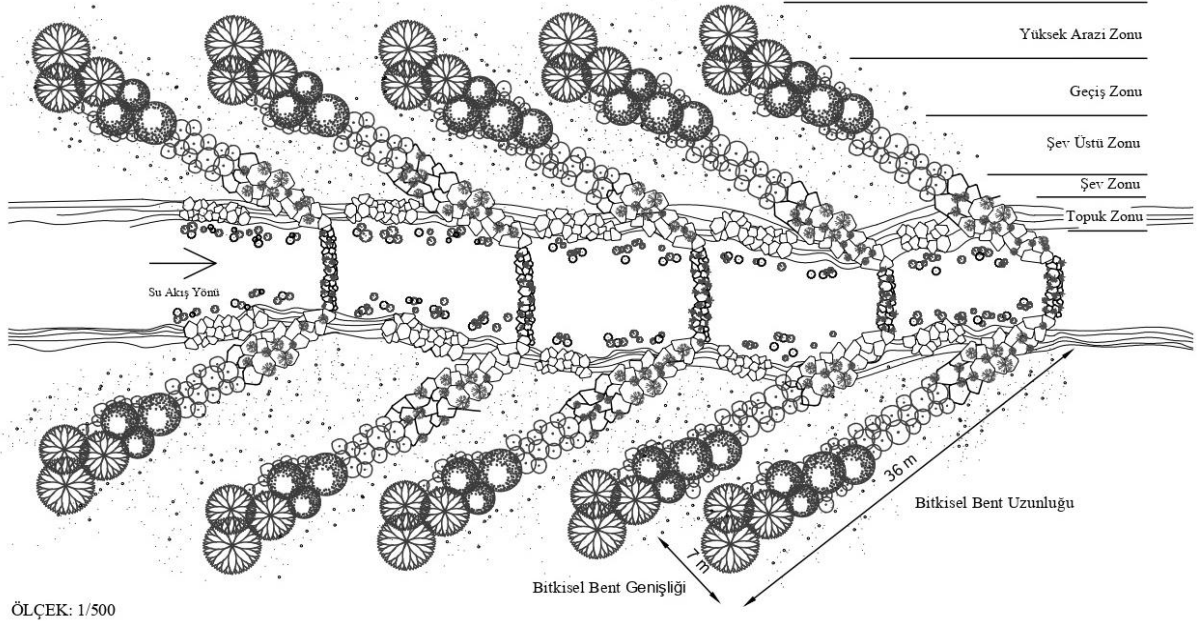
Taşkınlar için kritik nokta olarak belirlenen 3 farklı alanda (Şekil 7) ekolojik peyzaj tasarım önerisi geliştirilmiştir. Birinci alanda yapılan ekolojik peyzaj tasarım uygulamaları şu şekildedir;

- Bu alan (yollarla birlikte) 160 m'lik bir genişliği kapsamaktadır. Kuzdere ve Arslanbucak Mahalleleri (Şekil 8) arasında bulunan, 2003 ve 2018 yıllarında taşkın meydana gelmiş bu alanda çok sayıda mal kaybı meydana gelmiştir. Bu alanda yapılan öncelikli müdahale, alanda kazı çalışması yapılarak yatak kenarlarının akışa paralel bir şekilde kademelendirilmesidir. Bu çözüm önerisi Çin'in pirinç teraslarına benzemektedir. Şiddetli yağmur olayları esnasında teraslarda bulunan bitkisel materyal akışa geçen yağmur suyunun akışını düzenlemektedir.



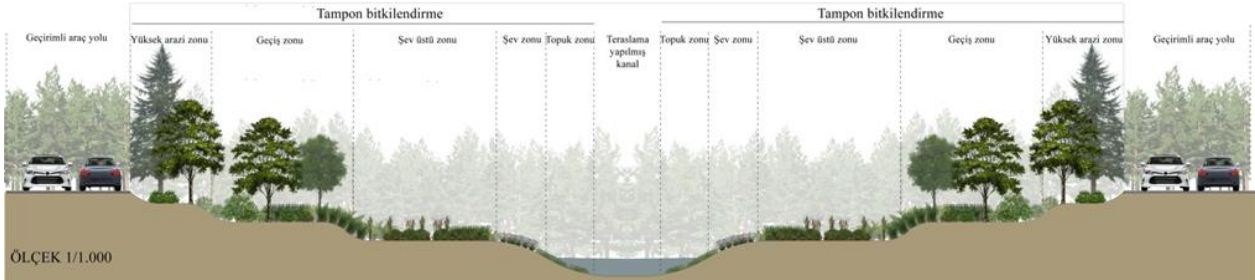
Şekil 8: 2018 yılında Ağva Deresinin taşması sonucu sular altında kalan Kuzdere ve Arslanbucak Mahalleleri (URL-6 2022)

- Alanda bitkisel tasarım yapılırken topuk zonundan, yüksek arazi zonuna kadar bitkilerin boy hiyerarşisi dikkate alınmıştır. Topuk zonunda yer örtücü bitki türleri kullanılırken, yüksek arazi zonunda ibrelili, geniş yapraklı ve ağaç altı kısımlarda çalı kullanımı önerilmiştir.
- Bu alana alanın doğal bitki örtüsünden türler kullanılarak bitkisel perdeleme ve yönlendirme yapılmış tampon bir bölge (Şekil 9 ve Şekil 10) önerilmiştir. Bu tampon bitkilendirme sayesinde dere yatağından dış zonlara doğru yönlenen suyun tekrar dere yatağına yönlendirilmesi hedeflenmiştir.
- Bitkisel tasarım yapılırken topuk zonuna, stolonlu ve rizomlu bitki türleri önerilmiştir. Ayrıca su akışının olmadığı yaz aylarında, kanalın içerisinde estetik görünmesi için, bitki kullanımı önerilmiştir. Burada kullanılan bitkisel materyale, toprak tutuculuğu çok yüksek olan *Juncus acutus* türü örnek gösterilebilir.
- Alandaki su akışının düzenlenmesi için dere yatağının içerisine teraslama önerilmiş; bu terasların kenarlarına su akışını düzenleyen ve toprak erozyonunu önleyici yüksek pürüzlü tekstüre sahip bitki örtüsü önerilmiştir. Çünkü yüksek pürüzlü bitki örtüsünün su akışı yavaşlatmada etkili bir çözüm olduğu bilinmektedir (Vojinovic 2020). Bu çalışmada kullanılan *Echinochloa crus-galli* bitki türü alanda doğal olarak bulunan ve pürüzlü yüzey oluşturan bir bitki türüdür (Atik ve Altan 2004).
- Yapısal olarak bu alanda yapılan çalışma ise yatağın teraslama ile kademelendirilmesidir. Bu kademelendirme yapılırken kullanılan taş malzemenin arasına stolonlu ve rizomlu bitki türleri önerilmiştir. Böylece alanın yalnızca yapısal değil aynı zamanda estetik açıdan da dikkat çekici olması sağlanmıştır. Ayrıca bu alanda su akışını düzenlemek için bitkisel bent önerilmiştir. Akarsu çevresindeki suyun ve bitkilerin kontrolü, kıyıda kullanılan bitki türleri ve bitkilerin akarsuya göre konumları ile de doğrudan ilişkili olmasından dolayı (Hoag ve Fripp 2002), akarsu çevresindeki bitkisel materyallerin de çengel bent şeklinde kullanılması önerisi (Şekil 9) geliştirilmiştir.
- Alanın üst kısmında yer alan araç yolunun malzemesi, geçirimli bir malzeme olan geçirgen asfalt beton (Guan vd. 2021) malzemedir.



Şekil 9: Birinci ve ikinci alan için önerilen bitkisel bent plan görünüşü (Meral 2015'ten uyarlanmıştır)

Çalışma kapsamında 1. alana önerilecek olan bitki türleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu bitki türleri seçilirken Atik ve Altan (2004) tarafından Kemer ilçesinde yapılan çalışma ve Antalya’nın doğal bitki örtüsü dikkate alınmıştır (Davis 1965-85; TÜBİVES 2004).



Şekil 10: Birinci alanda uygulanması düşünülen ekolojik peyzaj tasarım önerisi kesiti

Tablo 2: Çalışma kapsamında birinci alanda kullanılan bitki türleri

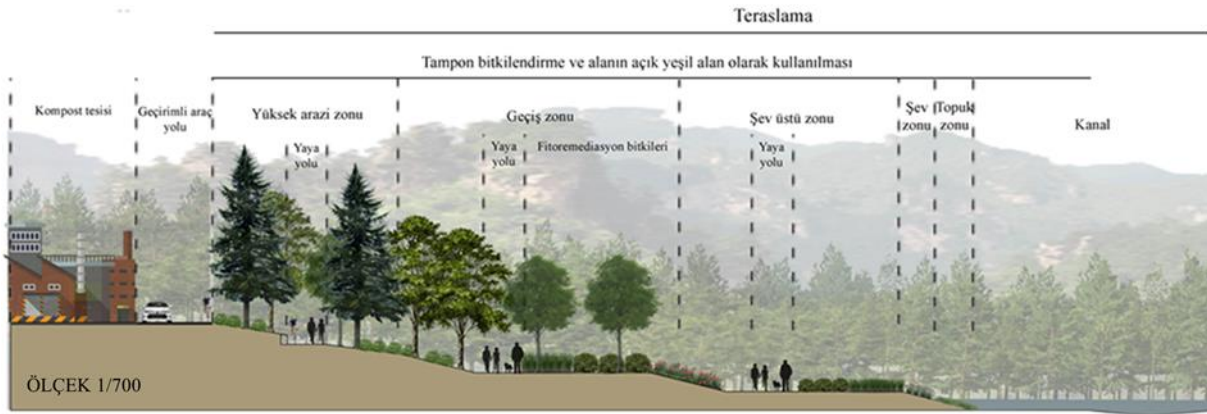
Topuk zonu	Şev zonu	Şev üstü zonu	Geçiş zonu	Yüksek arazi zonu
<i>Agropyron repens</i>	<i>Alisma plantago-aquatica</i>	<i>Canna variabilis</i>	<i>Acanthus spinosus</i>	<i>Acacia cyanophylla</i>
<i>Butomus umbellatus</i>	<i>Carex diandra</i>	<i>Cortaderia selowiana</i>	<i>Arbutus andrachne</i>	<i>Acer tataricum</i>
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>Capparis spinosa</i>	<i>Cephalaria leucantha</i>	<i>Arundo donax</i>	<i>Casuarina equisetifolia</i>
<i>Elymus repens</i>	<i>Chrysopogon zizanioides</i> ,	<i>Dafne oleoides</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Cedrus libani</i>
<i>Juncus acutus</i>	<i>Cistus creticus</i>	<i>Echinochloa crus-galli</i>	<i>Phillyrea latifolia</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>
<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Epilobium hirsutum</i>	<i>Lavandula stoechas</i>	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Laurus nobilis</i>
<i>Mentha longifolia</i>	<i>Iris unguicularis</i>	<i>Nerium oleander</i>	<i>Pistacia terebinthus</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Plantago major</i>	<i>Euphorbia altissima</i>	<i>Ruscus aculeatus</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>	<i>Pinus pinaster</i>
<i>Pycneus flavidus</i>	<i>Origanum minutiflorum</i>	<i>Smilax aspera</i>	<i>Spartium junceum</i>	<i>Pistacia terebinthus</i>
<i>Veronica anagallis</i>	<i>Phyla nodiflora</i>	<i>Vitex agnus-castus</i>	<i>Tamarix parviflora</i>	<i>Quercus coccifera</i>

\*Bitki listeleri hazırlanırken topuk zonunda sürekli su olduğu varsayılarak listeler oluşturulmuştur.

İkinci alanda yapılan ekolojik peyzaj tasarım uygulamaları şu şekildedir;

- Bu alan (yollarla birlikte) 145 m’lik bir genişliği kapsamaktadır. Kuzdere ve Çamyuva Mahalleleri arasında yer alan bu alana, ekolojik peyzaj tasarım önerisinin geliştirilmesindeki temel amaç, yakın çevrede çok sayıda sanayi kuruluşunun yer almasıdır. Diğer bir önemli amaç ise, Kuzdere Mahallesinde yılın farklı zamanlarında taşkın felaketinin meydana gelmesidir.

- Taşkın ile birlikte yakın çevredeki sanayi kuruluşlarının atıklarının akarsu ve denizi kirletmesini önlemek amacıyla, bu alanın yakın çevresi açık yeşil alan olarak tasarlanmıştır. Bu amaçla alanda kazı çalışması yapılmış ve yatak kenarlarının akışa paralel bir şekilde kademelendirilmesi önerilmiştir.
- Alanda akışa geçen su yönlendirmek için teraslama önerilmiştir (Şekil 11). Bu teraslara yağmur bahçeleri ve fitoremediasyon bitkileri önerilmiştir. Çünkü bu alanda kompost tesisi ve sanayi kuruluşları bulunmaktadır. Önerilen fitoremediasyon bitkileri sayesinde toprakta bulunan ağır metallerin kısmen de olsa suya karışması önlenecektir. Örneğin *Cistus ladanifer*, *Lavandula stoechas* krom, mangan ve çinko; *Lobularia maritima* krom (Özay ve Mammadov 2013); *Urtica membranacea* kadmiyum, bakır, kurşun, nikel ve çinko (Aybar vd. 2015); *Sorghum bicolor*, *Arabidopsis thaliana* gibi bitkiler ise diğer ağır metalleri bünyelerinde tutabilmektedir (Yurdakul 2015). Çalışma kapsamında kullanılacak bu bitki türleri bünyelerinde ağır metalleri taşıdığı için insan ve hayvan etkileşimleri sonucunda zararlı etkiler oluşturabilmektedir. Bu zararlanmanın önüne geçmek amacıyla belli aralıklarla bitki türleri yenileriyle değiştirilecektir. Aynı zamanda sanayileşmiş alanlarda yağmur bahçeleri, kirlenmeleri ve sel sularını hapsederek, doğal yaşam habitatları oluşturmaktadır (Uncapher ve Erskine 2012; Song 2022).
  - Alana bitkisel tampon bölgesi önerilmiştir. Bu tampon bölgede kullanılan bitkiler doğal bitki türlerinden seçilmiştir. Çünkü yerli türlerin aşına olmadığı değiştirilmiş taşkın alanları, nehir ekosistemlerinin direncini etkileyerek sistemin çökmesine sebep olmaktadır. Yapılan çalışmalar, bitki örtüsünün sulak alanlar boyunca akan suyun hızını ve dolayısıyla taşkın oluşumunu etkileyebileceğini göstermiştir.
  - Alanda kanalın üst kısmındaki araç yolu ve yeşil alan içerisinde yer alan yaya yollarının malzemesi geçirimsiz malzeme ile değiştirilmiştir. Bu malzeme Sponge City (Sünger Şehir) yaklaşımında da yaygın olarak kullanılan geçirgen asfalt beton, geçirgen çimento betonu, geçirgen tuğla ve geçirgen poliüretan beton (Guan vd. 2021) malzemelerinden seçilmiştir. Böylece yer altı suyu beslenimi ve yüzey akışına geçen su miktarının azaltılması sağlanmıştır.



Şekil 11: İkinci alanda uygulanması düşünülen ekolojik peyzaj tasarım yaklaşımı ve önerilen bitkisel materyal

Çalışma kapsamında ikinci alana önerilecek olan bitki türleri Tablo 3'te verilmiştir. Bu bitki türleri seçilirken Atik ve Altan (2004) tarafından Kemer ilçesinde yapılan çalışma ve Antalya'nın doğal bitki örtüsü dikkate alınmıştır (Davis 1965-85; TÜBİVES 2004).

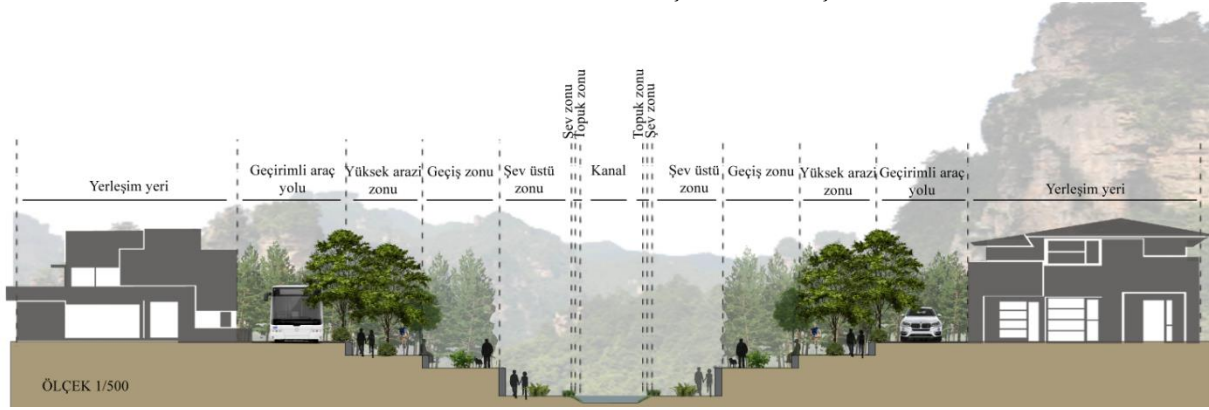
Tablo 3: Çalışma kapsamında ikinci alanda kullanılan bitki türleri

Topuk zonu	Şev zonu	Şev üstü zonu	Geçiş zonu	Yüksek arazi zonu
<i>Agropyron cristatum</i>	<i>Ajuga reptans</i>	<i>Arundo donax</i>	<i>Acacia cyanophylla</i>	<i>Alnus orientalis</i>
<i>Butomus umbellatus</i>	<i>Alisma plantago</i>	<i>Cortaderia selloviana</i>	<i>Arbutus andrachne</i>	<i>Cercis siliquastrum</i>
<i>Calla palustris</i>	<i>Carex buchananii</i>	<i>Equisetum arvense</i>	<i>Ceratonia siliqua</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>
<i>Carex flacca</i>	<i>Chrysopogon</i>	<i>Lavandula officinalis</i>	<i>Cercis siliquastrum</i>	<i>Cupressus arizonica</i>
<i>Cyperus rotundus</i>	<i>zizanioides</i>	<i>Lobularia maritima</i>	<i>Cotinus coggyria</i>	<i>Daphne sericea</i>
<i>Eleocharis palustris</i>	<i>Cistus salviifolius</i>	<i>Lysimachia punctata</i>	<i>Crataegus monogyna</i>	<i>Eucaliptus camaldulensis</i>
<i>Fuirena pubescens</i>	<i>Epilobium hirsutum</i>	<i>Nerium oleander</i>	<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Nerium oleander</i>
<i>Gliserya maksimum</i>	<i>Mentha longifolia</i>	<i>Pennisetum alopecuroides</i>	<i>Hedera helix</i>	<i>Pinus brutia</i>
<i>Juncus inflexus</i>	<i>Paspalum paspaloides</i>	<i>Phillyrea latifolia</i>	<i>Laurus nobilis</i>	<i>Salix alba</i>
<i>Mentha pulegium</i>	<i>Satureja hortensis</i>	<i>Vitex agnus-castus</i>	<i>Tamarix tetrandra</i>	<i>Tamarix smyrensis</i>
	<i>Stipa tenuissima</i>			
	<i>Thymus cilicicus</i>			

\*Bitki listeleri hazırlanırken topuk zonunda sürekli su olduğu varsayılarak listeler oluşturulmuştur.

Üçüncü alanda yapılan ekolojik peyzaj tasarım uygulamaları şu şekildedir;

- Bu alan (yollarla birlikte) 50 m'lik bir genişliği kapsamaktadır. Arslanbucak ve Kemer merkez Mahalleleri arasında yer alan bu alanda Arslanbucak Mahallesi, 2018 yılında taşkın felaketi meydana gelmiştir. Bu kapsamda bu alanın yakın çevresi açık yeşil alan olarak tasarlanarak halkın rekreasyonel kullanımına ayrılmıştır.
- Alandaki su akışını düzenlemek için dere yatağının içerisine yüksek pürüzlü tekstüre sahip bitki örtüsü önerilmiştir (Tablo 4). Böylece su akışının düzenlenmesinde etkili bir çözüm önerisi geliştirilmiştir.
- Alana önerilen bitkisel materyal bölgenin doğal bitki örtüsündeki türlerden oluşmaktadır.
- Alanın yerleşim alanı içerisinde yer alması sebebiyle, kanal çevresindeki teraslama diğer tasarım önerilerine göre daha dar ve yapısal ağırlıklı (Şekil 12) yapılmıştır.
- Alanda kanalın iç kısmında yer alan yaya yolları ve üst kısmında yer alan yolun malzemesi, geçirimli malzeme ile değiştirilmiştir. Böylece yer altı suyu beslenimi sağlanmıştır. Araç yolunda geçirgen asfalt beton kullanılırken, yaya yollarında ise geçirgen tuğla malzeme kullanılmıştır. Aynı zamanda kanalın içinde yer alan yaya yolunun orta kısmına yağmur bahçesi önerilerek kirleticilerin meydana getirdiği zararlar hafifletilmeye çalışılmıştır.
- Alanda balıkların çoğalabileceği ve insanların giremeyeceği doğal mekânlar oluşturulmuştur.
- Alanda kanala alınan dere üzerinde bentler kurularak su akışı düzenlenmiştir.



Şekil 12: Üçüncü alanda uygulanması düşünülen ekolojik peyzaj tasarım yaklaşımı

Tablo 4: Çalışma kapsamında üçüncü alanda kullanılan bitki türleri

Topuk zonu	Şev zonu	Şev üstü zonu	Geçirimli araç yolu	Yüksek arazi zonu
<i>Agropiron repens</i>	<i>Carex lupulina</i>	<i>Arundo donax</i>	<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Acacia cyanophylla</i>
<i>Butomus umbellatus</i>	<i>Cistus creticus</i>	<i>Cotoneaster franchetti</i>	<i>Hedera helix</i>	<i>Arbutus unedo</i>
<i>Caltha palustris</i>	<i>Deschampsia cespitosa</i>	<i>Daphne sericea</i>	<i>Limonium gmelinii</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Caltha palustris</i>	<i>Isolepis cernua</i>	<i>Imperata cylindrica</i>	<i>Myrtus communis</i>	<i>Casuarina equisetifolia</i>
<i>Cyperus capitatus</i>	<i>Juniperus communis</i>	<i>Iris unguicularis</i>	<i>Nerium oleander</i>	<i>Cupressus sempervirens</i>
<i>Hippuris vulgaris</i>	<i>Linum maritimum</i>	<i>Lichrysum italicum</i>	<i>Olea europea</i>	<i>Hedera helix</i>
<i>Juncus capitatus</i>	<i>Origanum minutiflorum</i>	<i>Lythrum salicaria</i>	<i>Phillyrea latifolia</i>	<i>Juniperus horizontalis</i>
<i>Miscanthus sinensis</i>	<i>Pseudoroegneria spicata</i>	<i>Mentha longifolia</i>	<i>Quercus coccifera</i>	<i>Pinus pinea</i>
<i>Potamogeton sp.</i>	<i>Phragmites australis</i>	<i>Pennisetum setacum</i>	<i>Rhus typhina</i>	<i>Platanus orientalis</i>
<i>Plantago major</i>	<i>Phyla nodiflora</i>	<i>Rosmarin officinalis</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Ruscus aculeatus</i>

\*Bitki listeleri hazırlanırken topuk zonunda sürekli su olduğu varsayılarak listeler oluşturulmuştur.

Sonuç olarak taşkına duyarlı alanlarda yapılacak ekolojik peyzaj tasarımları ile taşkın riski azaltılarak taşkın meydana getireceği ekonomik ve sosyal zararlar azaltılabilirken, kentte yaşayan insanların rekreasyonel alan ihtiyaçları karşılanabilmektedir.

## Kaynaklar

- Acar C., Acar H., (2020), *Kentsel mekanlarda biyofilik peyzaj yaklaşımları ve yeşil altyapı: Singapur örneği*, Peyzaj, 2(1), 33-45.
- Akın Tüzgen G., Karaca Ö., (2021), *Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) taşkın duyarlılık alanlarının CBS ile çok kriterli karar verme analizi kullanılarak haritalanması*, Yerbilimleri, 42(1), 121-143.
- Aksay C.S., Ketenoğlu O., Kurt L., (2005), *Küresel ısınma ve iklim değişikliği*, Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi, 1(25), 29-42.
- An Z., Chen Q., Li J., (2020), *Ecological strategies of urban ecological parks a case of Bishan Ang Mo Kio park and Kallang river in Singapore*, E3S Web of Conferences, 194, 05060. doi: 10.1051/e3sconf/202019405060.
- Atik M., Altan T., (2004), *Güney Antalya Bölgesindeki ekolojik açıdan önemli biyotoplar ve Avrupa Birliği NATURA 2000 habitatları ile karşılaştırılması*, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17(2), 225-236.

- Aybar M., Bilgin A., Sağlam B., (2015), *Fitoremediasyon yöntemi ile topraktaki ağır metallerin giderimi*, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 1(1-2), 59-65.
- Aydınözü D., (2008), *Yükseldikçe bölgelerimize göre her 100 m.deki yağış artışı üzerine bir deneme*, Marmara coğrafya dergisi, 17, 174-186.
- Bayazıt Y., (2021), *Bilecik ilindeki şehirleşmenin taşkın riski üzerindeki etkilerinin araştırılması*, Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(1), 217-227.
- Brasch J., (2019), *Floodable urban landscapes for a resilient city: potential for the city of Seattle*, Doktora Tezi, Washington Üniversitesi, USA.
- Cutter S.L., Emrich C.T., Gall M., Reeves R., (2018), *Flash flood risk and the paradox of urban development*, Natural Hazards Review, 19(1), 05017005. doi: 10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000268.
- Çelik H.E., Coskun G., Cigizoglu H.K., Ağralioğlu N., Aydın A., Esin A.I., (2012), *The analysis of 2004 flood on Kozdere Stream in Istanbul*, Natural hazards, 63(2), 461-477.
- Davis P.H., (1965-1985), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands, Volume 1-9*, Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Demir V., Keskin A.Ü., (2022), *Taşkınların Ekonomik Zararlarının Değerlendirilmesi (Samsun-Mert Irmağı Havzası)*, International Journal of Engineering Research and Development, 14(2), 663-678.
- Demir V., Keskin A.Ü., (2022), *Taşkın Tehlike Haritalarının Oluşturulması (Samsun, Mert Irmağı Örneği)*, Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi, 4(1), 47-54.
- Dönmez S., Aciksöz S., (2010), *Landscape planning and design principles of holiday village: Antalya Kemer Ulusoy holiday village*, African Journal of Agricultural Research, 5(12), 1448-1455.
- Fowdar H., Payne E., Deletic A., Zhang K., McCarthy D., (2022), *Advancing the Sponge City Agenda: Evaluation of 22 plant species across a broad range of life forms for stormwater management*, Ecological Engineering, 175, 106501. doi: 10.1016/j.ecoleng.2021.106501.
- Galderisi A., Trecozzi E., (2017), *Green strategies for flood resilient cities: The Benevento case study*, Procedia Environmental Sciences, 37, 655-666.
- Ghorbani Nejad S., Falah F., Daneshfar M., Haghizadeh A., Rahmati O., (2017), *Delineation of groundwater potential zones using remote sensing and GIS-based data-driven models*, Geocarto International, 32(2), 167-187.
- Goonetilleke A., Thomas E., Ginn S., Gilbert D., (2005), *Understanding the role of land use in urban stormwater quality management*, Journal of Environmental Management, 74(1), 31-42.
- Görçelioğlu E., (1996), *Ormanların sel ve taşkınlar üzerine etkileri*, Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 46(1-2-3-4), 15-26.
- Gratchev I., Jeng D.S., Oh E., (2018), *Soil mechanics through project based learning*, CRC Press, London, UK, 164ss.
- Guan X., Wang J., Xiao F., (2021), *Sponge city strategy and application of pavement materials in sponge city*, Journal of Cleaner Production, 303, 127022. doi: 10.3390/ma14175089.
- Hammami S., Zouhri L., Souissi D., Souei A., Zghibi A., Marzougui A., Dlala M., (2019), *Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia)*, Arabian Journal of Geosciences, 12, 653. doi: 10.1007/s12517-019-4754-9.
- Higgs E., (2003), *Nature by design: people, natural process, and ecological restoration*, MIT Press, London, 358ss.
- Hoag C., Fripp J., (2002), *Streambank soil bioengineering field guide for low precipitation areas*, USDA - NRCS Plant Material Center, Aberdeen, ID, 64ss.
- Iqbal A., Rahman M.M., Beecham S., (2022), *Permeable pavements for flood control in Australia: Spatial analysis of pavement design considering rainfall and soil data*, Sustainability, 14(9), 4970. doi: 10.3390/su14094970.
- Işık F., Bahadır M., Zeybek H.İ., Çağlak Ş., (2020), *Karadere Çayı taşkını (Araklı-Trabzon)*, Mavi Atlas, 8(2), 526-547.
- İşler S., Oğuz E., Durmuş O., (2016), *Antalya Kemer İlçesi İçin Sentetik Yöntemlerle Taşkın Analizi*, 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 21-24 Kasım, Rize, Türkiye.
- Karmakar S., Simonovic S.P., Peck A., Black J., (2010), *An information system for risk vulnerability assessment to flood*, Journal of Geographic Information System, 2(03), 129. doi: 10.4236/jgis.2010.23020.
- Lennon M., Scott M., O'Neill E., (2014), *Urban design and adapting to flood risk: the role of green infrastructure*, Journal of Urban Design, 19(5), 745-758.
- Liao K.H., (2012), *A theory on urban resilience to floods—a basis for alternative planning practices*, Ecology and Society, 17(4), 48. doi: 10.5751/ES-05231-170448.
- Lin L., Wu Z., Liang Q., (2019), *Urban flood susceptibility analysis using a GIS-based multi-criteria analysis framework*, Natural Hazards, 97(2), 455-475.
- Macháč J., Louda J., (2019), *Urban wetlands restoration in floodplains: a case of the city of pilsen, Czech Republic*, Nature-Based Flood Risk Management on Private Land'in İçinde (Hartmann T., Slavíková L., McCarthy. S., Ed.) Springer Cham, ss.111-126.
- Makhzoumi J., Pungetti G., (2003), *Ecological landscape design and planning*, Taylor & Francis, London, UK, 352ss.
- Mangukiya N.K., Sharma A., (2022), *Flood risk mapping for the lower Narmada basin in India: a machine learning and IoT-based framework*, Natural Hazards, 113, 1285–1304.
- Meral M., (2015), *Akarsu kıyı şevleri rehabilitasyon yöntemlerinde yapısal, bitkisel ve biyoteknik (karma) yaklaşımlar*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Edirne.
- Oğuz E., Oğuz K., Öztürk K., (2022), *Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi*, Geomatik, 7(3), 220-234.
- Oğuz K., Oğuz E., Coşkun M., (2016), *Coğrafi bilgi sistemleri ile taşkın risk alanlarının belirlenmesi: Artvin ili örneği*, 4. Ulusal Taşkın Sempozyumu, 21-24 Kasım, Rize, ss.1-12.
- Özay C., Mammadov R., (2013), *Ağır metaller ve süs bitkilerinin fitoremediasyonda kullanılabilirliği*, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15(1), 68-77.
- Özcan O., (2008), *Sakarya Nehri alt havzası'nın taşkın riski analizinin uzaktan algılama ve CBS ile belirlenmesi*, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

- Özkoca T., Keskin A.Ü., (2022), *Analysis of the Effect of Climate Change on Flood Flows of Kemer Ağva River, Antalya*, Journal of Nature, 1, 6576. doi: 10.36937/janset.2022.6576.
- Özşahin E., (2013), *Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi*, International Journal of Eurasia Social Sciences, 2013(12), 91-109.
- Palazzo E., (2019), *From water sensitive to floodable: Defining adaptive urban design for water resilient cities*, Journal of Urban Design, 24(1), 137-157.
- Palazzo E., Wang S., (2022), *Landscape design for flood adaptation from 20 years of constructed ecologies in China*, Sustainability, 14(8), 4511. doi: 10.3390/su14084511.
- Pallathadka A., Sauer J., Chang H., Grimm N.B., (2022), *Urban flood risk and green infrastructure: Who is exposed to risk and who benefits from investment? A case study of three US cities*, Landscape and Urban Planning, 223, 104417. doi: 10.1016/j.landurbplan.2022.104417.
- Pathan A.I., Girish Agnihotri P., Said S., Patel D., (2022), *AHP and TOPSIS based flood risk assessment-a case study of the Navsari City, Gujarat, India*, Environmental Monitoring and Assessment, 194(7), 509. doi: 10.1007/s10661-022-10111-x.
- Pham B.T., Avand M., Janizadeh S., Phong T.V., Al-Ansari N., Ho L.S., Prakash I., (2020), *GIS based hybrid computational approaches for flash flood susceptibility assessment*, Water, 12(3), 683. doi: 10.3390/w12030683.
- Rahmati O., Zeinivand H., Besharat M., (2016), *Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multicriteria decision analysis*. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7(3), 1000-1017.
- Rauch W., Ledin A., Eriksson E., Deletic A., Hunt III W.F.B., (2012), *Stormwater in urban areas*, Water Research, 46(20), 6588-6588.
- Restemeyer B., Woltjer J., van den Brink M., (2015), *A strategy-based framework for assessing the flood resilience of cities—A Hamburg case study*, Planning Theory & Practice, 16(1), 45-62.
- Saliş O.B., (2020), *Antalya Boğaçayı havzasında arazi kullanımında meydana gelen değişimler ve yarattığı sorunlar*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa, İstanbul.
- Selçuk L., Selçuk A.S., Kakapoğlu D., (2016), *Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (ÇKKA) kullanılarak Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi*, Van/Türkiye, Yerbilimleri, 37(1), 1-18.
- Senan C.P., Ajin R.S., Danumah J.H., Costache R., Arabameri A., Rajaneesh A., Kuriakose S.L., (2022), *Flood vulnerability of a few areas in the foothills of the Western Ghats: a comparison of AHP and F-AHP models*, Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, doi: 10.1007/s00477-022-02267-2.
- Saaty T.L., (1977), *A scaling method for priorities in hierarchical structures*, Journal of mathematical psychology, 15(3), 234-281. doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.
- Shaban A., Khawlie M., Abdallah C., (2006), *Use of remote sensing and GIS to determine recharge potential zones: the case of Occidental Lebanon*, Hydrogeology Journal, 14(4), 433-443.
- Song C., (2022), *Application of nature-based measures in China's sponge city initiative: Current trends and perspectives*, Nature-Based Solutions, 2, 100010. doi: 10.1016/j.nbsj.2022.100010.
- Souissi D., Zouhri L., Hammami S., Msaddek M.H., Zhibi A., Dlala M., (2020), *GIS-based MCDM-AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia*, Geocarto International, 35(9), 991-1017.
- Sönmez N., Onur I., Sari M., Maktav D., (2009), *Monitoring changes in land cover/use by CORINE methodology using aerial photographs and IKONOS satellite images: a case study for Kemer, Antalya, Turkey*, International Journal of Remote Sensing, 30(7), 1771-1778.
- Sözer B., Kocaman S., Nefeslioğlu H.A., Fırat O., Gökçeoğlu C., (2019), *Değiştirilmiş AHP (M-AHP) yöntemi kullanılarak Ankara için taşkın duyarlılık haritası üretimi*, Harita Dergisi, 162, 12-24.
- Swain K.C., Singha C., Nayak L., (2020), *Flood susceptibility mapping through the GIS-AHP technique using the cloud*, ISPRS International Journal of Geo-Information, 9(12), 720. doi: 10.3390/ijgi9120720.
- Tokgözlü A., Özkan E., (2018), *Taşkın risk haritalarında AHP yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği*, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, (44), 151-176.
- TÜBİVES, (2004), *Turkish Plants Data Service*, <http://194.27.225.161/yasin/tubives>, [Erişim 10 Haziran 2022].
- Uncapher A., Erskine C., (2012), *Creating rain gardens: capturing the rain for your own water-efficient garden*, Timber Press, London, UK, 208ss.
- URL-1, (2022), *Antalya İl Çevre Durum Raporu 2011*, Antalya Valiliği Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, <https://docplayer.biz.tr/7429357-Antalya-valiligi-cevre-ve-sehircilik-il-mudurlugu.html> [Erişim 19 Ocak 2022].
- URL-2, (2022), *Dünya geneli şehirlerde iklim verileri*, <https://tr.climate-data.org/> [Erişim 9 Haziran 2022].
- URL-3, (2022), *Corine Land Cover General Description*, <https://land.copernicus.eu/local/urban-atlas> [Erişim 19 Ocak 2023].
- URL-4, (2022), *Türkiye İstatistik Kurumu*, <https://www.tuik.gov.tr/>, [Erişim 28 Ekim 2022].
- URL-5, (2022), *Maps and Statistics of the World and Regions*, <https://www.atlasbig.com/>, [Erişim 15 Haziran 2022].
- URL-6, (2022), *Cumhuriyet Gazetesi, Antalya Kemer'de kuvvetli sağanak sele neden oldu*, <https://www.cumhuriyet.com.tr/galeri/antalya-kemerde-kuvvetli-saganak-sele-neden-oldu-1172747>, [Erişim 28 Ekim 2022].
- Vojinovic Z., (2020), *Nature-based solutions for flood mitigation and coastal resilience: analysis of EU-funded projects*, Publications Office of the European Union, <https://data.europa.eu/doi/10.2777/374113>, [Erişim 9 Haziran 2022].
- Wang G., Liu Y., Hu Z., Lyu Y., Zhang G., Liu J., Liu L., (2020), *Flood risk assessment based on fuzzy synthetic evaluation method in the Beijing-Tianjin-Hebei metropolitan area, China*, Sustainability, 12(4), 1451. doi: 10.3390/su12041451.
- Yenipinar E., Kayhan M.M., Çubukçu E.A., Demir V., Sevimli M.F., (2021), *Türkiye'nin Uzun Dönem Yağış Miktarının IDW ve Kriging Yöntemleri ile Tahmin Edilmesi*, Türkiye Uzaktan Algılama Dergisi, 3(2), 47-52.
- Yılmaz C.B., Bodu H., Yüce E.S., Demir V., Sevimli M.F., (2023), *Türkiye'nin uzun dönem ortalama sıcaklık (°C) değerlerinin üç farklı enterpolasyon yöntemi ile tahmini*, Geomatik, 8(1), 9-17.
- Yurdakul İ., (2015), *Kirletilmiş topraklarda ve sularda bitkisel iyileştirme teknikleri ve önemi*, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2(1), 55-62.
- Zahran S., Brody S.D., Peacock W.G., Vedlitz A., Grover H., (2008), *Social vulnerability and the natural and built environment: a model of flood casualties in Texas*, Disasters, 32(4), 537-560.