



## **Sürdürülebilir Kentler için Kentsel Sulak Alanların Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Yönden Değerlendirilmesi: İzmir Kenti Örneği**

### **Hydrogeological and Hydrogeochemical Evaluation of Urban Wetlands for Sustainable Cities: A case study from İzmir**

**Melis Somay-Altaş<sup>1\*</sup>** 

<sup>1</sup> Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tınaztepe Kampüsü, Buca, İzmir, TÜRKİYE

Sorumlu Yazar / Corresponding Author \*: [melis.somay@deu.edu.tr](mailto:melis.somay@deu.edu.tr)

Geliş Tarihi / Received: 22.02.2022

Kabul Tarihi / Accepted: 25.05.2022

Atıf şekli/ How to cite: SOMAY-ALTAŞ, M.(2022). Sürdürülebilir Kentler için Kentsel Sulak Alanların Hidrojeolojik ve Hidrojeokimyasal Yönden Değerlendirilmesi: İzmir Kenti Örneği DEÜ FMD 24(72), 959-971.

Araştırma Makalesi/Research Article

DOI: 10.21205/deufmd.2022247224

#### **Öz**

Yeşil süngerler olarak isimlendirilen kentsel sulak alanlar, iklim değişikliğine adaptasyona katkıda bulunan sürdürülebilir mavi-yeşil altyapının temel öğeleridir. Akıllı kentlerdeki en önemli basamak olan akıllı su yönetimi içerisinde doğal veya yapay kentsel sulak alanlar buldukları bölgenin su rejimini düzenler, doğal arıtma işlevi ile su kalitesini artırır, bünyesindeki sulak alan bitkileri ile fazla olan yüzey suyu ve sel sularının hızlarını kesip bünyelerine hapsederler. Tüm bu özellikleri ile kentlerde sürdürülebilirlik ve geri dönüşüm sağlayan canlı bir mekanizmadırlar. İzmir ili, Türkiye'nin 3. büyük kenti olup bünyesinde iki adet doğal kentsel sulak alan barındıran dünyadaki nadir kentlerden biridir. İzmir Kuş Cenneti (İKC) ve İnciraltı-Çakalburnu sulak alanı (İÇS), İzmir Körfezi'nin kuzey ve güneyinde bulunan iki adet doğal kentsel sulak alandır. İKC, Gediz Nehrinin deltası olup Ramsar Sözleşmesi kapsamında korunmaktadır. Hem tatlı su ekosistemi (maksimum elektriksel iletkenlik (EC) 4490 µS/cm) hem de tuzlu su ekosistemi (maksimum EC 129400 µS/cm) bünyesinde barındırır. Tatlı su ekosistemi genellikle "karışık su" tipinde olup tuzlu su ekosistemi ise Na-Cl su tipindedir. İÇS'de Çakalburnu lagünü ve İzmir Kent Orman'ından oluşan bir sulak alandır. Lagün, körfez ile etkileşim halinde olduğu için tuzlu su ekosistemi barındırır. Lagünde sular Na-Cl su tipinde olup maksimum EC 56700 µS/cm olarak ölçülmüştür. Lagünü besleyen yeraltı suları ise Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl su tipindedir. Her iki sulak alan da kontrolsüz kentleşmenin yıpratıcı süreçlerinin tehdidi altında olup koruma alanları içerisinde korunmaları gerekmektedir. Eğer korunmazlarsa konut, tarım ve sanayi için arazi arayışında kurutulur, kirlenir ve bozulurlar. Sırf doğal yaşam alanları oldukları için değil, kentleri sel baskınlarından, ısı adalarından ve kirlilik yükü ile gelen yüzey sularının doğal olarak arıtılmasından ötürü de çok kıymetli alanlardır.

**Anahtar Kelimeler:** Kentsel Sulak Alanlar, Hidrojeoloji, Hidrojeokimya, İzmir, Gediz, İnciraltı

#### **Abstract**

Urban wetlands, called green sponges, are key elements of sustainable blue-green infrastructure that contribute to climate change adaptation. In smart water management, which is the most important step in smart cities, natural or artificial urban wetlands regulate the water regime of the region where

they are located, increase the water quality with their natural purification function, cut off the velocity of excess surface water and flood waters with the wetland plants in their body and imprison them. With all these features, they are a living mechanism that provides sustainability and recycling in cities. İzmir province is the 3rd largest city in Turkey and is one of the rare cities in the world that contains two natural urban wetlands. İzmir Bird Paradise (İBP) and İnciraltı-Çakalburnu wetland (İCW) are two natural urban wetlands located in the north and south of İzmir Bay. The İBP is the delta of the Gediz River and is protected under Ramsar Convention. It includes both freshwater ecosystem (maximum electrical conductivity (EC) 4490 $\mu$ S/cm) and saltwater ecosystem (maximum EC 129400 $\mu$ S/cm). The freshwater ecosystem is generally of the "mixed water" type, while the saltwater ecosystem is of the Na-Cl water type. It is a wetland consisting of Çakalburnu lagoon and İzmir Urban Forest in the İCW. As the lagoon interacts with the gulf, it hosts a saltwater ecosystem. The waters in the lagoon are of Na-Cl water type and the maximum EC was measured as 56700 $\mu$ S/cm. Groundwater feeding the lagoon is of Ca-Na-HCO<sub>3</sub>-Cl water type. Both wetlands are under the threat of the wearisome processes of uncontrolled urbanization and must be protected within protected areas. If they are not protected, they become dried up, polluted and spoiled in search of land for housing, agriculture and industry. Not only because they are natural habitats, but also because their cities are flooded, heat islands and the natural purification of surface waters that come with pollution load are very valuable areas.

**Keywords:** Urban Wetlands, Hydrogeology, Hydrogeochemistry, İzmir, Gediz, İnciraltı

## 1. Giriş

İklim değişikliği ve kuraklık konuları göz önüne alındığında, özellikle büyük kentlerdeki su temini ve kullanımı, su kaynaklarının akılcı kullanımı ile mümkündür. Akılcı kullanım ise "Sürdürülebilirlik" ve "Geri Kullanım" ile sağlanabilmektedir. Günümüzde, kentlerde "akıllı su yönetim sistemleri", atık su arıtma tesisleri ve su temini ağı altında işlemektedir. Güvenli su kaynaklarının bulunması, güvenilir ve aksaklıklara dayanıklı su temininin sağlanması bu sistemler için vazgeçilmez konulardır. Bunları sağlayabilmek için arıtma tesisinden sağlanan net su oranını iyileştirmek, sürdürülebilir su kaynakları temin etmek ve maliyeti düşürmek gerekmektedir.

Avrupa Parlamentosuna göre **Yeşil Altyapı**, doğayı ve doğal süreçleri koruma ve geliştirme ilkesine ve insan toplumunun doğadan aldığı birçok faydanın, bilinçli olarak mekânsal planlama ve bölgesel kalkınmaya entegre edilmesi ilkesine dayanmaktadır [1]. Yeşil altyapı, yüzey suyunun kalitesinin iyileştirilmesinde ve yağmur suyunun depolanmasında, dolayısıyla taşkınların azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda da sulak alanlar kentler için büyük bir öneme sahiptir. İnsanoğlunun yaşamını sürdürebilmesi için gerekli su ve besin maddelerini sağlaması, bünyesinde çok çeşitli bitki ve hayvan türlerinin bulunması, insanlık

tarihi boyunca sulak alanları her zaman önemli kılmıştır [2]. Sulak alanlar, buldukları bölgenin yeraltı ve yerüstü su rejimlerini düzenleyen, yeraltı ve yüzey sularının beslenmesini sağlayan, doğal bir arıtma görevi görüp bu suların kalitelerini arttıran, sel ve kıyı erozyonu kontrolü yapan hassas ekosistemlerdir. Bünyesindeki canlılara ve insanlara pirinç, balık olmak üzere besin zincirine ve ekonomiye büyük katkılar sağlayan çok geniş bir biyoçeşitliliğe sahip alanlardır. Sulak alanlar yüzey suyunu, yağmuru, eriyen karları ve sel sularını hapseden ve yavaşça serbest bırakan doğal süngerler olarak işlev görebilir. Bu özelliklerinden dolayı günümüzde "Yeşil Süngerler" olarak adlandırılırlar. Sulak alan bitkileri sel sularının hızını azaltır ve bunları taşkın yatağına daha yavaş dağıtır. Bu kombine su depolama ve frenleme eylemi sel yüksekliklerini düşürür ve erozyonu azaltır [3]. Sulak alanların taşkın azaltmadaki etkinliği, alanın büyüklüğüne, bitki örtüsünün türüne ve durumuna, eğime, sulak alanın taşkın yolundaki konumuna ve selden önce sulak alan topraklarının doymuluk derecesine bağlı olarak değişebilir. Bir dönümlük sulak alan, tipik olarak yaklaşık 4400 m<sup>3</sup> su depolayabilir [4]. Su depolamayla birleştirilen bu eylem, aslında özellikle büyük kentlerdeki sel yüksekliklerini düşürebilir ve suyun yıkıcı potansiyelini azaltabilir.

“Kentsel Sulak Alan” kavramı, özellikle 2018 yılından sonra büyük önem kazanmış, kentlerdeki nehirleri ve taşkın ovalarını, göllerini, tatlı su ve tuzlu su bataklıklarını, tuz tavalarını, tatlı-tuzlu su bataklıklarını ve mercan resiflerini içermektedir. Kentsel ve kent çevresindeki sulak alanlar, şehirlerde ve banliyölerinde bulunur. Hızlı kentleşmenin kentsel sulak alanlar üzerinde büyük stres yarattığını ve bu durumun gelişmekte olan ülkelerde en belirgin olduğunu gözlemlemişlerdir. Uygun altyapı planlarının ve planlama haritalarının yokluğu, gelişmekte olan ülkelerin çoğunda çok parçalı ve kaotik bir kentleşme yaratmıştır. Tarihi ve mevcut sulak alanlar için en büyük tehdit, sürekli genişleyen antropojenik peyzajın bir sonucu olarak arazi örtüsü değişikliğidir ve 20. yüzyılın başından bu yana dünyadaki toplam sulak alanların tahmini olarak %54-%70’inin kaybedilmesine neden olmuştur [5, 6].

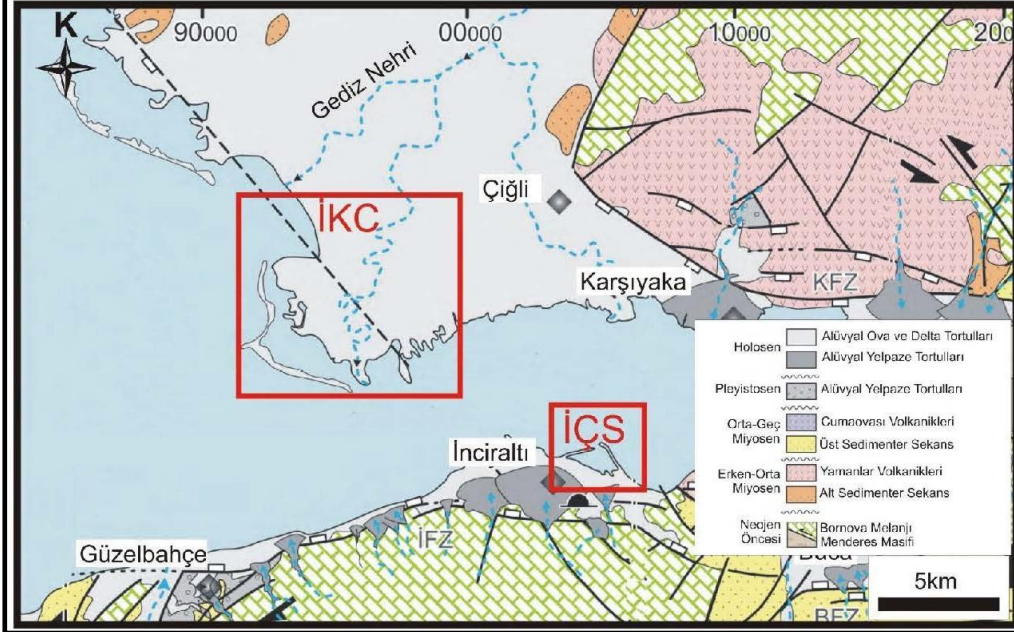
Kentsel sulak alanların faydaları şu şekilde sıralanabilir:

1. Kentsel sulak alanlar, yüzey suyunun kalitesinin iyileştirilmesinde yüzeyden akan yağışların arıtılmasında önemli bir işlevi yerine getirebilir. Kentsel sulak alanlarda kentsel yağış akıntısının ve yüzey suyunun işlenmesi fosfatların, nitratların, katı maddelerin ve ağır metallerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olur. Kentsel sulak alanlar, yüzey suyunun kalitesini korumak veya iyileştirmek için kullanılabilir.
2. Kentsel sulak alanlarda bulunan bol bitki örtüsü, evsel ve endüstriyel atıklar için filtre görevi görür ve su kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunur.
3. Sulak alanlar, doğaları gereği nehirler için taşma alanlarıdır ve bu nedenle doğal yağmur suyu tamponlarıdır. Sulak alanlar, yağışlardan kaynaklanan akışın bir kısmını tamponlamak ve drenaj hızını yavaşlatmak için oluşturulur. Bu, hendek ve boru kullanan hızlı drenaj sistemlerine kıyasla yeni bir yaklaşımdır.
4. Kentsel sulak alanların kentsel ısı adalarını (KIA) azaltmak için soğutma etkisi de vardır. Örneğin, Sri Lanka’nın Colombo kentinde, kentsel sulak alanlar KIA etkisini günün en sıcak anında 10 ° C azaltmaktadır [7].

5. Kentsel sulak alanlar özellikle bünyelerindeki bitkiler sayesinde karbon depolaması sağlayıp, o bölgedeki iklim düzenlemesine yardımcı olurlar.

Sulak alanlara ilişkin Ramsar Sözleşmesi akit taraflar konferansı 13. Toplantısı (COP13)’nda kentsel sulak alanlarını korumak için istisnai adımlar atıldı ve 18 şehri tanıyan “Sulak Alan Şehir Akreditasyonu” tanıtıldı [8]. Bu öncü şehirler, örnek olarak hizmet verecek ve diğer şehirler için sürdürülebilir kentleşmeye yönelik bilinçli eylemlere ilham vereceklerdir. Bunlar: Çin’den Changde, Changshu, Dongying, Haerbin, Haikou, Yinchuan; Fransa’dan Amiens, Courteranges, Pont Audemer, Saint Omer; Macaristan’dan Tata Gölü, Güney Kore’den Changnyeong, Inje, Jeju, Suncheon; Madagaskar’dan Mitsinjo; Sri Lanka’dan Colombo ve Tunus’tan Ghar el Melh’dir. Sulak alanlar sıradan su kütleleri değildir. En küçük mikroorganizmayı, besin zincirinin en üst halkasını oluşturan balık ve kuşları, sistemden yararlanan ve ona bağlı olarak yaşayan insan topluluklarını içeren ortak bir yaşam birliğidir [2]. COP 13 akreditasyon programı ile kentsel çevredeki sulak alanların korunmasını, akıllıca kullanımını ve yerel halk için sürdürülebilir sosyo-ekonomik faydaları daha da teşvik edilecektir.

İzmir ili bütünü ile ele alındığında özellikle kıyı sulak alanları açısından çok zengin bir ildir. İl sınırlarında İzmir Kuş Cenneti (Gediz Deltası) [9, 10], İnciraltı-Çakalburnu sulak alanı, Küçük Menderes Deltası (Selçuk) [11, 12, 13], Aliağa Kuş Cenneti, Bakırçay Deltası (Çandarlı) [14], Alaçatı kıyı ekosistemleri gibi uluslararası öneme sahip RAMSAR sulak alanı da dâhil olmak üzere çok önemli sulak alanlar bulunmaktadır [15]. İzmir kent merkezi de doğal kentsel sulak alanlar bakımından zengindir. İzmir Körfezi’nin kuzeyinde, uluslararası Ramsar sözleşmesi kapsamında korunan Gediz nehri deltasındaki İzmir Kuş Cenneti (İKC); güneyinde ise Çakalburnu Lagünü olarak bilinen İnciraltı sulak alanı (İÇS) yer almaktadır (Şekil 1). Dünya çapında çok nadir görülen bu durum, İzmir kenti için çok büyük ve önemli bir özelliktir.



Şekil 1. Yer bulduru ve jeoloji haritası [38].

İzmir Kuş Cenneti, İzmir ilinin yaklaşık 30 km kuzeybatısındaki Menemen Ovası'nda, Gediz Nehri ile İzmir Çamaltı Tuzlası arasında yer alır. İzmir Kuş Cenneti'nin oluşumu Gediz Nehri'nin

deltası olan Menemen Ovası'nın oluşumuyla birlikte başlamıştır ve Menemen Ovası'nın henüz Ege Denizi'nin bir parçası olduğu dönemlerde, Gediz Nehri'nin taşıdığı alüvyonlarla Menemen

Ovası İzmir Körfezi'nin girişine doğru yayılarak bir gelişme göstermiştir [16]. 1800lü yıllarda Gediz Nehri İKC'nde sazlıkların olduğu yerden denize dökülürken, körfezi doldurma tehlikesi arz ettiğinden, boşalım yeri büyük bir derivasyon işlemi ile şimdiki Maltepe köyü civarına çevrilmiştir [9]. Güncel verilere göre 289 kuş türüne ve 308 bitki türüne sahiptir [17]. Bu sulak alan, RAMSAR sözleşmesi kapsamında uluslararası öneme sahip sulak alanlar kapsamında koruma altına alınmıştır. İKC bünyesinde hem tatlı su hem tuzlu su ekosistemini barındırmaktadır [9]. Tatlı su ekosistemini bataklık ve sazlıklar oluştururken tuzlu su ekosistemini ise tuz tavası ve deniz suyu katkısı oluşturur [10]. Çamaltı tuzlası, yaklaşık 150 yıldır işletilen ve en büyük tuz üretimi yapılan deniz tuzlasıdır. Yıllık üretimi yaklaşık 600.000 tondur. [18], Gediz Deltası'nda yapmış olduğu arazi kullanım alanlarının 1984-2019 yılları arasındaki değişimi ile ilgili çalışmada; ormanlar, ekilebilir alanlar ve sulak alanların alan kaybederken; yapay bölgeler, sürekli ürünler, maki ve otsu bitkiler, karışık tarımsal alanlar ve denizin alan kazanmış olduğunu göstermiştir.

İÇS ise İKC'nin güneyinde yer alan ve 121 kuş türüne [19] ev sahipliği yapan bir sulak alandır (Şekil 1). Çakalburnu Lagünü, sulak alanın en önemli ögesini oluşturur. Lagün sistemleri, dünyanın doğal biyolojik kaynakları olmalarının yanı sıra, bilimsel araştırmalar için doğal birer laboratuvar olarak, biyolojik çeşitliliğin korunması ve sürdürülmesinde büyük öneme sahip hassas ve kırılgan ekosistemlerdir [20]. Günümüz kıyı şeridinin %13'ünü sınırlayan bu alanlar, tipik olarak Holosen deniz seviyesinin yükselmesi sırasında, kıyı düzlüklerinin sular altında kalmasından kaynaklanan yaygın kıyı ekosistemleridir [21]. Bir lagündeki su miktarı ve kalitesi, lagündeki buharlaşma, yağış, yeraltı suyu girişi, yüzey akışı ve deniz suyu giriş-çıkışından etkilenir [22]. Çakalburnu Lagünü yaklaşık 64 ha'lık bir alan kaplar ve 0,5-1 m'lik sığ bir derinliğe sahiptir. [23]'ün İnciraltı bölgesinde yapmış olduğu "arazi kullanımındaki değişimler" konusundaki araştırmaya göre, 1996 ve 2018 yılları arasında alan büyüklüğü açısından en önemli artış spor ve eğlence tesislerinde (%100), yeşil kentsel alanlarda (%83,92), karayolu ve demiryolu ağlarında ve ilgili arazilerde (%70,58) olmuştur. En önemli düşüş çöplüklerde (%369.01), inşaat alanlarında

(%275,67) ve iç bataklıklarda (%167,41) gerçekleşmiştir. Çakalburnu lagünü 22 yılda %5,6lık bir arazi kullanım alanı kaybetmiştir. Yine bu çalışmaya göre şehir, yeşil kentsel alanların %8.22'si, sürekli sulanan arazilerin %5,99'u, sulanmayan ekilebilir arazilerin %3.16'sı ve meyve ağaçları ve meyve ağaçlarının %1.07'si üzerinde gelişmiştir. Birçok kıyı ekosistemi, kısmen kıyı sularına artan besin girdileri nedeniyle su kalitesini düşüren ve ötrofikasyona yol açabilen önemli bir baskı altındadır. Besinlerin, özellikle azot ve fosforun güçlü konsantrasyonları, antropojenik faaliyetlerle yakından ilişkilidir [24, 25]. Bu faaliyetler, nüfus artışının ardından atık su arıtma tesislerinden artan atık deşarjı, tarımsal ve kentsel akış girdilerini ve arazi ıslahının neden olduğu kıyı körfezlerinin dolmasını içerir. İÇS'nda özellikle yaz aylarında görülen deniz marulları ve benzer organizmaların aşırı derecede üremesi, çevrede bulunan işletmelerden yüzey akışla ve/veya yeraltı suyu taşınımı ile gelen fosfor ve azotça zengin atık sulardan kaynaklanmaktadır. Toplam azot ve toplam fosforun, gübrelerden, pestisitlerden ve hayvansal atıklardan ortama salındığı çeşitli araştırmalarla belirlenmiştir [26, 27]. [28]'e göre yıl boyunca aylık ölçülen çözünmüş oksijen, 1,03-21,4mg/l aralığında değişmektedir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine göre [29] çözünmüş oksijen 3 mg/l nin altında tespit edilmesi, oksijen yetmezliğine yani balık ölümlerine sebebiyet vermektedir. Çözünmüş oksijen genellikle artan sıcaklığa bağlı kimyasal reaksiyonlar, alglerin hızlı üremesi ve besin maddelerinin artışı ile ötrofikasyona sebep olur ve oksijen doygunluğuna ulaşan bitkilerin ölümleri ile ani olarak düşüş yaşar [30]. Aynı çalışmada, dalyanda yıllık ortalama tuzluluk değeri 37,14±3,09 psu olarak ölçülmüştür. [31]'e göre, besin tuzları; azot formları nitrat-nitrit azotu ((NO<sub>3</sub>+NO<sub>2</sub>)-N) 0,06 ile 339,5 µM; fosfat (oPO<sub>4</sub>-P) 0,07 ile 7,86 µM; amonyum azotu (NH<sub>4</sub>-N) 0,08 ile 87,63 µM ve silisik asit (Si (OH)<sub>4</sub>) 2,54 ile 77,3 µM arasında ölçülmüştür. Lagünün en kuzey ucuna 1999 yılına kadar moloz dökümü yapılmakta idi. Ancak 2004-2006 yılları arasında lagünün ince set kolu doldurulup yaklaşık 20bin ağaç dikilerek 200 ha'lık "İzmir-İnciraltı Kent Ormanı" oluşturuldu. Bu orman da sulak alanın bir ögesi olarak çalışmaktadır. [32]'ye göre, bu kent ormanındaki ağaçların 622.835,59 ton karbon tutumundan sorumlu olduğu ve yıllık

hava kirleticilerinin uzaklaştırılmasının yaklaşık 189.100 gr olduğu ortaya çıkmıştır.

Bu çalışma, kentsel sulak alanların önemini vurgulayan ve sürdürülebilir kentler için hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal değerlendirmesini yapan Türkiye'de yapılmış ilk çalışmadır. Bu çalışma ile İzmir kentsel sulak alanlarının hidrojeolojik ve hidrojeokimyasal özelliklerini ortaya koyup kentin iklim değişikliği sürecindeki kuraklık, taşkın ve su kirliliğine dair çözümlenmeleri ortaya koyabilmek amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

İKC için, hidrolojik havza sınırında kalan alan içerisinde 2000 yılında tatlı su ekosisteminden 9 yeraltı ve yüzey suyu, tuzlu su ekosisteminden ise 4 adet yüzey suyu örnekleme yapılmıştır. Aynı zamanda, İKC'ni besleyen Gediz Nehrinden de 6 adet nehir örneği alınmıştır. İÇS için ise, hem [33]'ten faydalanılmış hem de 2015 yılında 1 adet lagün örneği ve 6 adet yeraltı su örneği alınmıştır. pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri, arazide örnek alımı sırasında WTW marka pH-EC ölçer ile yerinde yapılmıştır.

Kimyasal bileşenler Dokuz Eylül Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Jeokimya Laboratuvarında Apha (1989) standart metotlarında [34] yapılmıştır. Sodyum(Na<sup>+</sup>) ve potasyum(K<sup>+</sup>) Atomik Absorpsiyon Spektrometresi ile klorür (Cl<sup>-</sup>), alkalinite (HCO<sub>3</sub><sup>-2</sup>), kalsiyum (Ca<sup>+2</sup>) ve magnezyum (Mg<sup>+2</sup>) titrasyon yöntemi ile ve sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) gravimetrik yöntem ile tespit edilmiştir. Su örneklerinin jeokimyasal özellikleri Aquachem [35] bilgisayar programı yardımı ile yorumlanmıştır.

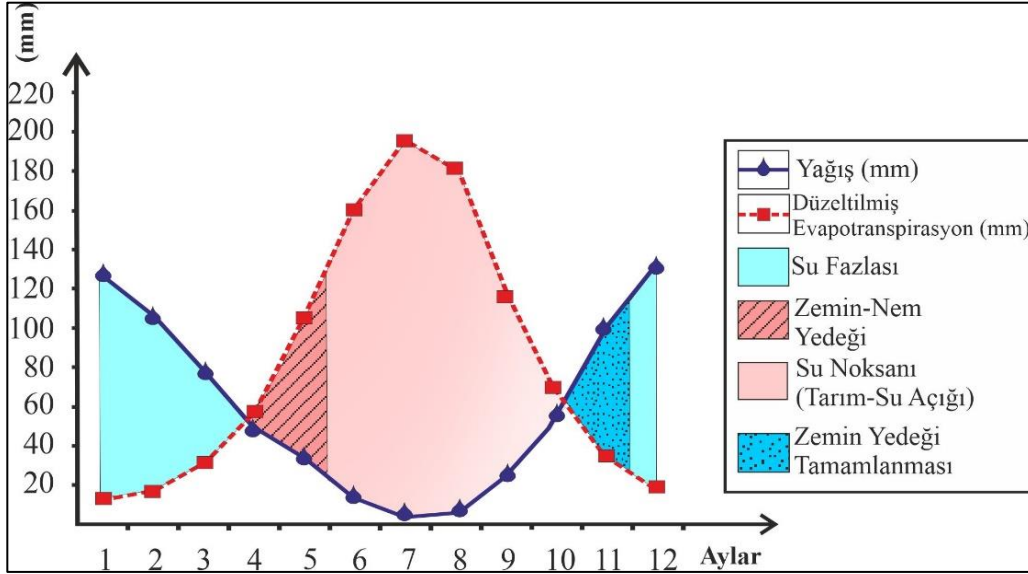
## 3. Bulgular

### 3.1. İzmir Kenti Meteoroloji Verileri

T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün 1938-2020 İzmir ili yağış ve sıcaklık verilerine [36] göre, en düşük aylık ortalama sıcaklık 9 °C ile Ocak ayında, en yüksek ortalama aylık sıcaklık ise 28,6 °C ile Temmuz ayında ölçülmüştür (Tablo 1). Toplam yıllık yağış ortalaması İzmir kenti için 730,5 mm olarak kaydedilmiştir. 82 yıllık ortalama sıcaklık ve yağış verileri kullanılarak Thorntwaite yöntemi ile İzmir kentine ait su bütçesi hesaplanmıştır (Tablo 1, Şekil 2).

**Tablo 1.** Thorntwaite Su Bütçesi (T: sıcaklık-°C; TI: enleme bağlı sıcaklık indisi; PE: potansiyel evapotranspirasyon-mm; CF: düzeltme faktörü; CPE: düzeltilmiş PE-mm; P: yağış-mm; SC: biriken sudaki değişim; S: biriken su; ETR: gerçek evapotranspirasyon (mm); WD: eksik su; EW: fazla su; RO: yüzey akış-mm).

Yıllar 1938- 2020	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
T	9,0	9,9	12,4	16,2	21,1	26	28,6	28,5	24,2	19,5	14,4	10,5	18,4
TI	2,4	2,8	3,9	5,9	8,8	12,1	14,0	13,9	10,9	7,9	5,0	3,1	
PE	15,71	19,00	29,72	50,59	85,60	129,70	156,79	155,70	112,44	73,17	40,02	21,34	889,76
CF	0,85	0,84	1,03	1,10	1,23	1,24	1,25	1,17	1,04	0,96	0,84	0,83	
CPE	13,35	15,95	30,61	55,65	105,28	160,83	195,99	182,17	116,94	70,24	33,62	17,72	991,00
P	127,5	107,2	77,8	50,1	32,9	14,4	3,00	6,70	23,50	56,50	99,60	131,30	730,50
SC	0	0	0	5,55	72,38	22,07	0	0	0	0	65,99	34,02	
S	100	100	100	94,45	22,07	0	0	0	0	0	65,99	100	
ETR	13,35	15,95	30,61	55,65	105,28	36,47	3,00	6,70	23,50	56,50	33,62	17,72	392,00
WD	0	0	0	0	0	124,36	192,99	175,47	93,44	13,74	0	0	597,00
EW	114,15	91,25	47,19	0	0	0	0	0	0	0	0	113,58	366,18
RO	57,08	102,70	69,22	23,60	0	0	0	0	0	0	0	56,79	309,39



Şekil 2. İzmir ili Thorntwaite Grafiği.

İzmir kenti Thorntwaite iklim sınıflamasına göre, "yarı kurak- az nemli", 3. derece mezotermal, su fazlası kış mevsiminde çok kuvvetli olan ve yaz buharlaşma oranı %53,4 e karşılık gelen sınıftadır. Thorntwaite yöntemi sınırsız su kaynağı ile bitkilerin su kullanımını öngörerek Potansiyel Evapotranspirasyon (ETP) kavramına dayanmaktadır.

Potansiyel evapotranspirasyon, sıcaklık arttıkça artan, nem arttıkça azalan teorik bir değerdir. Buna karşılık, gerçek evapotranspirasyon bitkiler tarafından kullanılan gerçek su tüketimini yansıtır [37].

Tablo 1'deki PE potansiyel evapotranspirasyonu, CPE düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyonu ve ETR ise gerçek evapotranspirasyonu göstermektedir. Bu hesaplamalarda zemin-nem rezervi (faydalı su rezervi) kavramsal olarak 100 mm olarak alınmıştır. Sonuçlara göre, ETP'nin ETR'ye eşdeğer olduğu Ocak, Şubat ve Mart aylarında yağış ETP'den daha fazla görünür. Fazla yağışın bir kısmı nehirleri beslerken bir kısmı da yeraltı suyunu besler. Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında yağışın ETP'den az olması nedeniyle oluşan su sıkıntısı, kavramsal olarak 100 mm olduğu varsayılan zemin-nem rezervi ile telafi edilmektedir. Böylece Haziran'dan Ekim'e kadar tarımsal su açığı oluşur (Şekil 2).

Temmuz-Ekim ayları arasında ETR değeri, bölge için ortalama aylık yağış değerleri olarak yazılır. Kasım ve Aralık aylarında yağış yine ETP'den daha fazla olduğundan ETR'ye eşittir. Burada fazla yağış, tüketilen zemin-nem rezervini yeniden doldurur. Kalan yağış fazlası yüzey ve yeraltı sularını besler.

### 3.2. İzmir Kentsel Sulak Alanlarının Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası

İzmir kentsel sulak alanları kuzeyde, Gediz deltasında ve güneyde İzmir Fayı'na dik olarak gelişen Kuvaterner yaşlı alüvyon yelpazesi çökellerinde yer almaktadırlar. İÇS ve çevresinde görülen alüvyon yelpazesi çökelleri, konsolide olmayan çamur akıntısı ile karakterize edilir [38]. Kuzey'de, Gediz Nehri'nin ilerlemesi ile gelişen Gediz Deltası bulunur. Gediz Deltası, İzmir Körfezi'nin yönüne göre verev bir alüvyon ovası oluşturmaktadır [38] (Şekil 5).

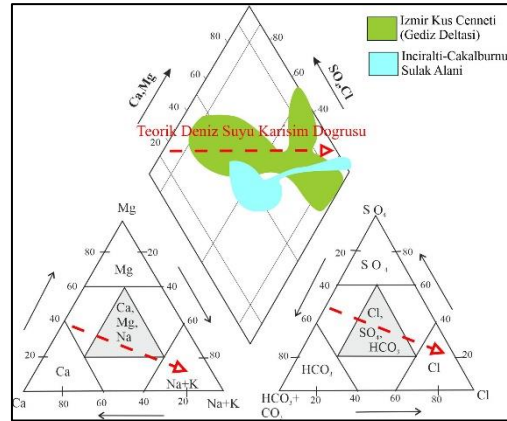
İzmir'in kentsel sulak alanları olan İKC ve İÇS bölgelerindeki hidrojeokimyasal veriler aşağıdaki tabloda verilmiştir (Tablo 2).

İKC'de tatlı ve tuzlu olmak üzere iki adet ekosistem bulunmaktadır. Tuzlu su ekosistemi tuz tavaları ve dalyanlardan oluşur. Ortalama elektriksel iletkenlik (EC) değeri 73450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  olup özellikle tuz üretiminde kullanılan tuz tavalarda bu değer 129400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'e ulaşır. Bu ekosistemde sular nötrden hafif alkaliye doğru değişim sunarlar.

**Tablo2.** Suların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin ortalamaları (Veriler: [9];[10]; [33] ve bu çalışmadan derlenmiştir).

n=20			EC	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
			(µS/cm)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
İzmir Kıs Cenneti	Tatlı Su	Min	420	6,50	12	1	41	4	33	112	37
		Max	4490	7,80	1656	38	112	54	515	591	202
		Ortalama	2455	7,15	834	19,5	76,5	29	274	351,5	119,5
		SS	2877,9	0,9	1162,5	26,2	50,2	35,4	340,8	338,7	116,7
	Tuzlu Su	Min	17500	7,44	4600	208	710	1205	8000	124	780
		Max	129400	8,3	18450	1199	3292	8230	56800	237	7000
		Ortalama	73450	7,87	11525	703,5	2001	4717,5	32400	180,5	3890
		SS	79125,2	0,6	9793,4	700,7	1825,7	4967,4	34506,8	79,9	4398,2
	Gediz Nehri	Min	651	7,89	43	10	59	31	43	262	99
		Max	930	8,8	107	24	65	46	85	325	217
		Ortalama	790,50	8,35	75,00	17,00	62,00	38,50	64,00	293,50	158,00
		SS	197,3	0,6	45,3	9,9	4,2	10,6	29,7	44,5	83,4
n=20			EC	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
			(µS/cm)		(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)
İnciraltı-Çakalburnu Sulak Alanı	Lagün	Min	6070	7,24	13429	347	524	294	22500	102,5	2397
		Max	56700	8,05	16217	466	536	1755	25796	329,8	2656
		Ortalama	31385	7,645	14823	406,5	530	1024,5	24148	216,15	2526,5
		SS	35800,8	0,6	1971,4	84,1	8,5	1033,1	2330,6	160,7	183,1
	Yeraltı Suyu	Min	825	6,55	87	11	79	3	78	278,2	72
		Max	1375	6,91	164	21	128	18	127	531,9	132
		Ortalama	1100,00	6,73	125,50	16,00	103,50	10,50	102,50	405,05	102,00
		SS	388,9	0,3	54,4	7,1	34,6	10,6	34,6	179,4	42,4

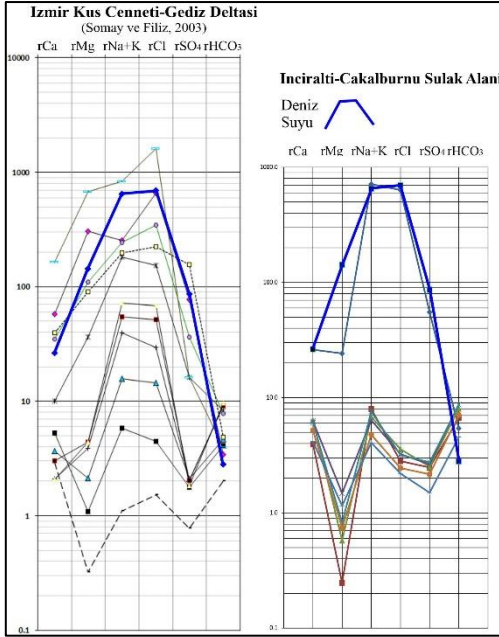
Baskın katyon, ortalama 11525 mg/l değeri ile Na<sup>+</sup> iken baskın anyon ise ortalama 32400 mg/l değeri ile Cl<sup>-</sup> dir. Tatlı su ekosistemi uçak tavası olarak bilinen sazlıklardan, Neojen yaşlı Üç Tepelerden, Gediz Nehri ve 2000lerin başında Seyrek tarafında açılıp İKC'ne ulaştırılan yeraltı suyundan oluşur. Gediz Nehri 790 µS/cm EC'ye sahip olup tatlı su niteliğindedir. Hafif alkali-alkali su özelliğindedir. Piper Üçgen Diyagramına (Şekil 3) bakıldığında Ca-Mg ve HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub> baskın alandan Na-Cl yani deniz suyu alanına bir ilerleme görülmektedir. Denize yaklaştıkça tuzluluk miktarının arttığı da görülür. Gediz Nehri dışındaki tatlı su kaynaklarının EC değeri ortalama 2455 µS/cm iken pH değerleri nötre yakındır. Genellikle baskın katyon Ca<sup>+2</sup> ve Na<sup>+</sup> iken baskın anyon HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> ve Cl<sup>-</sup>'dür. Schoeller yarı logaritmik diyagramına (Şekil 4) baktığımızda, İKC'deki tatlı su sağlayan kaynakların da tuzlanmadan etkilendiği, deniz suyuna benzer pikler vermesi ile görülmektedir.

**Şekil 3.** İzmir Kentsel Sulak Alanlarındaki suların Piper diyagramındaki gösterimi.

İÇS, Çakalburnu lagünü ve onu besleyen yeraltı ve yerüstü sularından oluşur. Lagünün denizle bağlantısı olduğu için tuzlu su ekosistemini barındırır. Ortalama EC değeri 31385 µS/cm'dir.



Baskın katyon ortalama 14823 mg/l ile  $\text{Na}^+$  iyonu iken baskın anyon ise ortalama 24148 mg/l ile  $\text{Cl}^-$  iyonudur. Lagüne yakın yeraltı suyu örnekleri incelendiğinde bu suların ortalama EC değerleri 1100  $\mu\text{S}/\text{cm}'\text{dir}$ . Sular hafif asidik özellik göstermektedir. İyon yüzdelerine bakıldığında baskın bir katyon ve anyon bulunmaz. Bu sular "karışık su" tipindedir (Şekil 3).



**Şekil 4.** İzmir Kentsel Sulak Alanlarındaki suların Schoeller Yarı-Logaritmik diyagramındaki gösterimi.

Schoeller yarı logaritmik diyagramına baktığımızda ise lagünden farklı su tipi sunmaktadırlar (Şekil 4). İyon derişimleri lagün ve deniz suyundan çok daha az olup "tatlı su-hafif tuzlu su" sınırında yer alırlar.

#### 4. Sonuçlar

İzmir kent merkezinde yer alan İKC ve İÇS Holosen yaşlı delta ve alüvyon yelpazesi çökelleri üzerinde yer almaktadır. Her iki sulak alan da fay denetimli gelişen çökellerde [38] bulunur (Şekil 5). Geniş ova ve delta düzlükleri ile karakterize edilen İKC'de tatlı su  $\text{Ca-Na-Mg-HCO}_3\text{-SO}_4$  su tipinde olup "karışık su" sınıfına girmektedir.

Özellikle tatlı su girdisinin azalıp kuraklık arttığı zaman su tiplerinde bozulmalar görülüp Na ve

$\text{Cl}'\text{lü}$  su tipine yaklaşmaları olağandır. İKC'de tuzlu su ekosistemi özellikle ülke ekonomisinde büyük yer kaplayan tuz tavaları (tuz üretimi) ile temsil edilir. Burada tuz tavalarındaki suların EC değerleri 129400  $\mu\text{S}/\text{cm}'\text{e}$  erişir (Tablo 2). Bunlar "salamura su" tipi olarak sınıflandırılır. İÇS'nda ise Çakalburnu lagünü sulak alanın en önemli parçasını oluşturur. Burada EC değeri kısıtlı deniz suyu girdisi dolayısı ile deniz suyu değerinin üzerine çıkmamaktadır. İzmir kentsel sulak alanının sürdürülebilirliğinin sağlanması, koruma bölgelerinin belirlenmesi, bu koruma bölgesi içerisinde sulak alan su rejimini bozacak her türlü yapılaşmanın önlenmesi ile gerçekleşecektir.

Korunduğunda ve sürdürülebilir bir şekilde kullanıldığında, kentsel sulak alanlar şehirlere çok sayıda ekonomik, sosyal ve kültürel fayda sağlayabilir. Fırtınalar sırasında, kentsel sulak alanlar aşırı yağışları emer, bu da şehirlerdeki selleri azaltır ve felaketleri ve daha sonraki maliyetlerini önler.

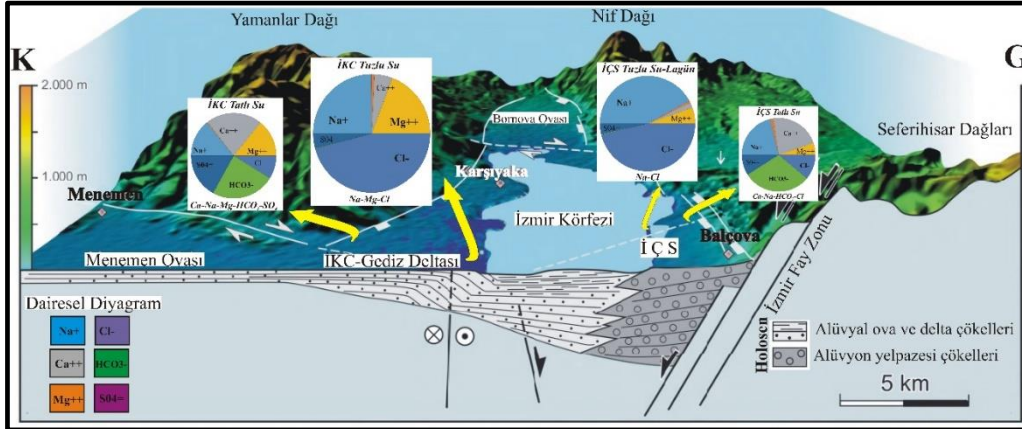
Kentsel sulak alanlar, kentlerdeki sellenmeleri önledikleri için "yeşil süngerler" olarak adlandırılırlar. Sulak alanlar, doğaları gereği nehirler için taşma alanlarıdır ve bu nedenle doğal yağmur suyu tamponlarıdır. Sulak alanlar, yağışlardan kaynaklanan akışın bir kısmını tamponlamak ve drenaj hızını yavaşlatmak için oluşturulur. Bu, hendek ve boru kullanan hızlı drenaj sistemlerine kıyasla yeni bir yaklaşımdır.

Ramsar Sözleşmesine göre [8], şehirlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için;

- Sulak alanları, kentsel arazi kullanım planlamasına entegre etmek,
- Kentsel sulak alanları korumak, eski haline getirmek ve onları koruyan politikaları benimsemek,
- Yerel halkı sulak alan yönetimine dâhil etmek ve sürdürülebilir kullanım uygulamalarını teşvik etmek,
- Su tüketimini yönetebilmek ve verimli su kullanımını teşvik etmek,
- Atık ve gübrelerin zararlı yüzey akışını azaltmak gerekmektedir.

Tüm bunlarla birlikte;

- Sulak alanların doldurulmaması ve inşaatına,
- Sulak alanlara çöp ve atık malzemelerin atılmasına,



Şekil 5. İzmir Kentsel Sulak Alanlarına ait Dairesel Diyagramlar ([38]'den değiştirilerek).

- Turbalık alanların drene edilip yakılmasına izin verilmemelidir.

Kontrol edilmediğinde kentleşme, kentsel sulak alanlar için bir tehdittir ve genellikle konut, tarım ve sanayi için arazi arayışında kurutulur, kirlenir ve bozulur. İklim değişikliğinden kaynaklanan daha yoğun yağışlar, yaygın sulak alan tahribatıyla birleştiğinde şehirlerde büyük çevre sorunlarına yol açmaktadır. Bir şehrin sürdürülebilir olması için kentsel sulak alanları restore etmek ve korumak çok büyük önem arz etmektedir. Ölmekte olan bir sulak alanı, sık sık sele neden olan yağmur suyunun toplayacak, süzecek, depolayacak ve akifere sızacak çok işlevli bir yağmur suyu parkına dönüştürmek kentlere olumlu bir çevresel katkı sağlayabilir.

## 5. Öneriler

a. Kentsel sulak alanlar "atık alanları" değil, değerli arazilerdir ve bu nedenle şehirlerin kalkınma ve yönetim planlarına entegre edilmelidir.

b. Doğal olan veya yapay olarak oluşturulacak kentsel sulak alanlar ile büyükşehirlerin sel problemleri uzun vadede çözüme ulaştırılacaktır. Kentlerdeki "Yeşil Süngerler" arttıkça sürdürülebilir şehir sayımız da artacaktır.

c. Lagünlerde su dolaşımını, nehir akışı ve deniz seviyesindeki değişimler sağlar. İyi etüt edilmiş mühendislik yapıları, kum elde edilmesi için dip taraması, arazi ıslahı, kentsel, tarımsal ve endüstriyel atık tahliyelerine bağlı olarak meydana gelebilecek ekolojik dengedeki değişimler bu hassas sistemin dengesinin

bozulmasına neden olur [39]. Çakalburnu Lagününde dolaşımı arttırıcı önlemler alınmalıdır.

d. Özellikle son yıllarda hem İKÇ hem de İÇS'nda gözlenen denizin, deniz marulu ile kaplanması, sisteme çok fazla azot ve fosfat (gübreleme, hayvancılık ve seracılık faaliyetleri sonucu) girdiği, bu bağlamda da aşırı alg büyümesi ve oksijenin tükenmesi ile oluşan ötrofikasyon olduğu gözlemlenmiştir. Bu olay, o bölgelerde kötü kokunun yanı sıra, balık ölümlerine de yol açar. Bunu önlemek için hem kirlilik yükü taşıyan kanal ve derelerin temizlenmesi ve düzensiz atık boşaltan işletmelerin denetlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, lagüne tatlı su katkısı sağlanmalıdır. Sulak alanları besleyen dere ve kanalların beton kaplamayla ıslahı/iyileştirilmesi yapılmamalıdır. Bunu da ya, Balçova Barajı'ndan Ilıca Deresi'ne verilen fazla suyu bu bölgeye bir kanal yardımı ile ulaştırarak ya da geçirgen asfaltlar ile yağışla sağlanacak tatlı suyu yeraltından lagüne ulaştırarak sağlayabiliriz (Şekil 6). Çakalburnu lagünün boydan boya kat eden ve yüzeyden su akışını engelleyen Haydar Aliyev Caddesi, geçirgen asfalt ve/veya beton ile yeniden yapılmalıdır. Sürdürülebilirlik açısından bu yenileme işlemi önem arz etmektedir.

e. Kentsel sulak alanları iklim değişikliğine uyum ve dayanıklılık stratejilerinin yanı sıra su altyapısı geliştirmeye dahil etmek, şehirlerin iklime daha dirençli hale gelmesini sağlayacaktır.

f. Covid-19 gibi salgınlarla, rekreasyonel açık alan ihtiyacı vurgulanırken, kentsel sulak alanlar da dahil olmak üzere ekosistem restorasyonu ve



Şekil 6. İzmir İnciraltı Sulak Alanı Drenaj Haritası.

yönetimi yeşil iyileşmenin önemli bir parçası olabilir. Kentsel sulak alanların restorasyonu ve korunması eylemi istihdam yaratabilir ve sulak alan parkları, kentsel sulak alan yakınlığı nedeniyle turizmde, artan mülk değerinden ve ilgili vergilerden gelir elde edebilir.

g. Kentsel sulak alanları izlemek için yapılabilecek en uygun yöntem uzaktan algılama yöntemleridir [40]. Bu yöntemler hem uygun maliyetlidir hem de doğruluk derecesi çok iyidir. Amerika, Kanada ve birçok Avrupa kentsel sulak alanlarında uzaktan algılama yöntemleri akıllı şehirler konseptine entegre edilmiştir.

#### Teşekkür

Katkılarından dolayı dergi editörü başta olmak üzere, değerli hakemlere teşekkürü borç bilirim. İnciraltı-Çakalburnu Sulak Alanındaki bir kısım çalışmalarda emeği geçen Selen Özdemir ve İsmail Suyabatmaz'a ve baskı versiyonundaki yardımlarından ötürü Dr. Mustafa Çiçek'e de teşekkür ederim.

#### Kaynakça

- [1] EU, 2013. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS Green Infrastructure (GI) — Enhancing Europe's Natural Capital. /\* COM/2013/0249 final \*/
- [2] Somay-Altas, M., 2021. Importance of Hydrological and Hydrogeological Studies in Wetlands: Examples from Turkey. In: Jawad L.A. (eds) Southern Iraq's Marshes. Coastal Research Library, vol 36. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-66238-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-66238-7_8)
- [3] Uluocha, N.O. ve Okeke, I.C. 2004 Implications of Wetland Degradation for Resource Management: Lesson from Nigeria. Geo Journal, 61, 151-154. <http://dx.doi.org/10.1007/s10708-004-2868-3>
- [4] USEPA (2006) Environmental Protection Agency of Ground Water and Drinking Water Standards and Risk Management Division. Distribution System Indicators of Drinking Water Quality. Pennsylvania Ave., NW Washington DC.
- [5] Davidson, N.C., 2014. How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global

- wetland area. *Mar. Freshw. Res.*, 65 (2014), p. 934, 10.1071/MF14173
- [6] Kingsford, R.T., Basset, A., Jackson, L. 2016. Wetlands: conservation's poor cousins: wetland Conservation Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst., 26 (2016), pp. 892-916, 10.1002/doi: aqc.2709
- [7] World Bank. 2018. The World Bank Annual Report 2018. Washington, DC: World Bank. © World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30326> License: CC BY-NC-ND 3.0 IGO.
- [8] COP-13, 2018. 13th Meeting of the Conference of the Parties Report. <https://www.ramsar.org/document/cop13-conference-report> (Erişim tarihi: 16.02.2022).
- [9] Somay, M. 2001. İzmir Kus Cenneti'nin Hidrolojisi, Hidrojeolojisi ve Hidrojeokimyası Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 126s, İzmir.
- [10] Somay, M.A., Filiz, S., 2003. Hydrology, hydrogeology and hydrogeochemistry of wetlands: a case study in İzmir Bird Paradise, Turkey. *Environ. Geol.* 43, 825e835. <http://dx.doi.org/10.1007/s00254-002-0697-6>.
- [11] Somay M.A. 2006. Hydrogeology of lower Küçük Menderes River coastal wetland. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 280s, İzmir.
- [12] Somay M.A, Gemici, U, Filiz, S., 2008. Hydrogeochemical investigation of küçük menderes river coastal wetland, selçuk-İzmir, Turkey. *Environ Geol* 55:149-164. <https://doi.org/10.1007/s00254-007-0972-7>
- [13] Somay, M.A, Gemici, U., 2009. Assessment of the salinization process at the coastal area with hydrogeochemical tools and geographical information systems (GIS): selçuk plain, İzmir, Turkey. *Water Air Soil Pollut* 201:55e74. <https://doi.org/10.1007/s11270-008-9927-1>
- [14] Somay, M.A, Gemici, U., 2015. Aşağı Bakırçay Havzası'nın Hidrojeokimyasal Yönden İrdelenmesi. 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı. Özet Bildiri. Sf.176.
- [15] Somay, M., 2014. Bataklıklardan Sulak Alanlara. İzmir'in Suyu. Yeraltı Su Kaynakları Sempozyumu. Özet Bildiri, İzmir.
- [16] Atış, İ., 1999. İzmir Kus Cennetindeki Tatlı Su Yetersizliği Sorunu ve DSI Çalışmaları. İzmir Su Kongresi Bildiriler Kitabı, İzmir, sf: 289-295
- [17] İzmir Büyükşehir Belediyesi, 2022. <https://www.izmir.bel.tr/tr/Projeler/izmir-kus-cenneti/1297/4> (Erişim tarihi 24.01.2022)
- [18] Kaya, M., 2020. Gediz Deltası ve yakın çevresinde zamansal değişimin uzaktan algılama ve CBS ile değişimi: YL Tezi. Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- [19] Kaya, Z., 2017. Çakalburnu Dalyanı'ni koruyamadık, Kuslar susuz kalacak. <https://archive.md/20190817192330/https://www.haberekspres.com.tr/cevre/cakalburnu-dalyani-ni-koruyamadik-kuslar-susuz-kalacak-h100672.html> (Erişim tarihi 24.01.2022)
- [20] Yucel-Gier, G., Kacar, A., Gonul, L.T., Pazi, I., Kucuksezgin, F., Erarslanoglu, N. & Toker, S.K. (2018). Evaluation of the relationship of picoplankton and viruses to environmental variables in a lagoon system (Çakalburnu Lagoon, Turkey). *Chemistry and Ecology*, 34 (3), 211-228. DOI: 10.1080/02757540.2018.1427230.
- [21] Omuzbüken, B., Kaçar, A. 2021., Assessment of bacteria and archaea levels in Çakalburnu Lagoon (İzmir) sediments by real-time PCR *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 38(2), 147-154. DOI: 10.12714/egejfas.38.2.02
- [22] Somay-Altas, M.A., 2021. Hydrogeochemical Fingerprints of a mixohaline wetland in the Mediterranean: Güllük coastal wetland system-GCWS (Muğla-Turkey). *Turkish J Earth Sci* 30: 38-58. doi:10.3906/yer-2005-11
- [23] Kara, 2019. Agrarian and wetland areas under metropolitan threats: Learning from the case of inciralti, İzmir (Turkey). *Applied Ecology and Environmental Research*. Volume 17, Issue 6, Pages 15087-15102. Doi:10.15666/aeer/1706\_1508715102
- [24] Howarth, R.W., 2008. Coastal nitrogen pollution: a review of sources and trends globally and regionally. *Harmful Algae*, 8 (1), pp. 14-20
- [25] Howarth, R.W., Billen, G., Swaney, D., Townsend, A., Jaworski, N., Lajtha, K., Downing, J.A., Elmgren, R., Caraco, N., Jordan, T., 1996. Nitrogen Cycling in the North Atlantic Ocean and its Watersheds. Springer, pp. 75-139
- [26] Neumann, M., Dudgeon, D., 2002. The impact of agricultural runoff on stream benthos in Hong Kong, China. *Water Res.*, 36 (12) (2002), pp. 3103-3109.
- [27] Zhao, C., Zhang, S., Mao, X., 2014. Variations of annual load of TN and TP in the deep bay watershed Shenzhen. *Environ. Sci.*, 35 (11) (2014), pp. 4111-4117.
- [28] Yılmaz, U., Can, E., 2007. Çakalburnu Dalyanı'nın (İzmir Körfezi) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Türk Sucul Yaşam Dergisi*. Yıl: 3-5, Sayı: 5-8, Sf: 628-633.
- [29] SSKY (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği), 2008. Resmî Gazete Tarihi: 13.02.2008 Resmî Gazete Sayısı: 26786. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=7221&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (Erişim tarihi: 16.02.2022).
- [30] Hepsağ, E., 2003. Köyceğiz-Dalyan Lagün havzası su kaynaklarının su kalitesi: Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [31] Erarslanoğlu, N., 2016. Çakalburnu Dalyanı'nda (İzmir Körfezi) Pikoplanktonun Bolluk ve Biyokütlesindeki Aylık Değişimler: YL Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- [32] Hepcan, C., Hepcan, Ş., 2017. Assessing Ecosystem Services of the Inciralti Urban Forest. MEDCOAST2017, Mellieha, Malta.
- [33] Arık, V.E., 2005. Narlıdere (İzmir) Kıyı Kesiminin Hidrojeolojisi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, YL Tezi, 120s, İzmir.
- [34] APHA-AWWA-WPCF-3110, 1992. Standard methods for examination of water and waste water, 18th edn. APHA-AWWAWPCF, Washington, DC
- [35] Calmbach, L., 1997. AquaChem Computer Code Version 3.7.42, Waterloo Hydrogeologic, Waterloo, ON.
- [36] MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü), 2022. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve->

- ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=IZMIR (Erişim tarihi: 20.01.2022).
- [37] Bölük, E., 2016. Thorntwaite İklim sınıflamasına göre Türkiye iklimi. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [38] Uzel, B, Sözbilir, H, Özkaymak, Ç, 2009. Neotectonic Evolution of an Actively Growing Superimposed Basin in Western Anatolia: The Inner Bay of İzmir, Turkey. *Turkish J. Earth Sci.*, Vol. 21, 2012, pp. 439-471. Doi: 10.3906/yer-0910-11
- [39] Biçkici, B, 2011. Kıyı Lagünlerinde Suyun Değişim Süresinin Modellenmesi. YL Tezi: Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- [40] Mahdianpari, M., Granger, J.E., Mohammadimanesh, F., Warren, S., Puestow, T., Salehi, B., Brisco, B., 2021. Smart solutions for smart cities: Urban wetland mapping using very-high resolution satellite imagery and airborne LiDAR data in the City of St. John's, NL, Canada, *Journal of Environmental Management*, Volume 280, 111676, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111676>.