

Işık Kirliliğinin Tespiti: Uzay ve Yer Ölçüm Yöntemleri Üzerine Türkiye Perspektifinde Sistemik bir İnceleme

Abdulvahap Yılmaz¹  

¹ Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan, Türkiye

Accepted: October 12, 2024. Revised: October 5, 2024. Received: March 8, 2024.

Özet

Bu çalışma, ışık kirliliğinin ölçülmesi için literatürde kullanılan farklı ölçüm yöntemlerini kapsamlı bir şekilde incelemeyi ve Türkiye'ye odaklanarak Web of Science (WOS), Ulusal Tez Merkezi ve Dergi Park kaynaklarından ışık kirliliği ölçüm yöntemleri ile ilişkili yayınların analizini sunmaktadır. Üç veri dizininden elde edilen yayınlar kullanılarak yazarların ışık kirliliği ölçümü ile ilgili çalışmalarında hangi cihazları tercih ettiği sistemik bir şekilde incelenmiştir. İncelenen çalışmalarda yerden ölçüm teknikleri ağırlıklı kullanılmıştır. En popüler araç gökyüzü kalitesi ölçer SQM ve türevleridir (n=11), VIIRS-DNB uydu verileri (n=8), DMSP uydu verileri (n=6), Sky Quality Meter ve VIIRS/DNB'nin beraber (n=1), insansız hava araçları ile SQM beraber (n=1), Landsat uydu serileri ve VIIRS/DNB beraber (n=1) çalışmada kullanılmıştır. Çalışmamız, ALAN ölçüm yöntemlerini ele aldığından, gelecekteki araştırmalarda hedeflenen amaçlara uygun ölçüm cihazlarının seçilmesine katkıda bulunacağımıza inanıyoruz.

Abstract

This study provides a comprehensive review of various measurement methods used in the literature to measure light pollution and an analysis of publications on light pollution measurement methods from the Web of Science (WOS), the National Thesis Center, and Dergi Park sources, with a focus on Turkey. Publications from three data directories were used to systematically investigate which devices the authors preferred in their studies to measure light pollution. Ground measurement techniques were mainly used in the studies examined. The most popular instruments are sky quality meters SQM and their derivatives (n=11), VIIRS-DNB satellite data (n=8), DMSP satellite data (n=6), sky quality meters and VIIRS/DNB together (n=1), unmanned aerial vehicles and SQM (n=1) and Landsat satellite series and VIIRS/DNB (n=1) were used for the study. As our study comprehensively covers ALAN measurement methods, we believe that it will contribute to the selection of suitable measurement devices for the intended purposes in future research.

Anahtar Kelimeler: Light Pollution – ALAN – ALAN Measurements

1 Giriş

Gece yapay ışık (ALAN), gece ortamının insan yapımı ışık kaynakları ile aydınlatılmasını ifade eder. ALAN, doğal dünyanın işleyişinde birçok olayı etkileyen önemli ve küresel çapta yaygın olarak hissedilen antropojenik bir rahatsızlık olarak kabul edilmektedir. Araştırmalar, ALAN'ın insanların doğal ışık ve karanlık döngülerini bozduğunu, hücrelerden ekosistemin tamamına kadar farklı organizasyon seviyelerindeki biyolojik süreçleri etkilediğini ortaya çıkarmıştır (Hölker ve diğ. 2010; Tidau ve diğ. 2022). ALAN'ın etkileri; fenolojinin değişmesi, yiyecek arama modellerinin bozulması, yırtıcı-av dinamiklerindeki değişiklikler ve üreme başarısı üzerindeki etkiler gibi sonuçlarla birlikte bitkiler, kuşlar, böcekler ve amfibilerinde dahil olduğu çeşitli organizmalara uzanır (Nelson ve diğ. 2021; Fobert ve diğ. 2019; McGlade ve diğ. 2023). Ayrıca ALAN, sirkadiyen döngüde bozulmalar, davranış değişiklikleri ve çevresel atıklara maruz kalmanın etkisiyle ilişkili olarak insan sağlığı ve yaban hayatı için potansiyel riskler oluşturmaktadır (Deprato ve diğ. 2022; Rund ve diğ. 2020; La Sorte ve diğ. 2022; Chepesiuk 2009).

ALAN insanların karanlık gökyüzüne ulaşmasını

engellemenin yanı sıra astronomik gözlemleri olumsuz etkileyen en önemli etkidir. ALAN'daki sürekli artış astronomik, ekolojik ve evrimsel süreçler üzerindeki etkilerine ilişkin endişeleri arttırmış ve yapay gece aydınlatmalarının yarattığı olumsuzlukların tespit edilmesi ve azaltılması için daha fazla araştırma yapılması ihtiyacı doğurmuştur (Amichai & Kronfeld-Schor 2019; Yılmaz & Özdemir 2021; La Sorte ve diğ. 2022).

ALAN ölçümünde $cd\ m^{-2}$, lx ve nt birimleri kullanılır. İlki, bir yüzeyin ışık şiddetinin yoğunluğunu ölçerken, ikincisi, bir yüzeyin aydınlatma şiddetini ölçer. Üçüncüsü ise parlamak anlamına gelen Latince "nitere" kelimesinden köken alır ve yüzeyin parlaklığını ifade etmek için kullanılabilir. Işık kirliliğinin en belirgin ölçütü gökyüzünün doğal fon parlaklığında meydana getirdiği değişimdir. Gökyüzü parlaklığı için, gökbilimciler geleneksel olarak $mag\ arcsec^{-2}$ kullanırlar.

Uzay sensörleri, ALAN ölçümlerinde önemli bir rol oynamaktadır. ALAN, haritalanmasında uzay sensörlerinden elde edilen veriler kullanılır, ancak bunların çoğu pankromatik ve bu nedenle renge duyarlı değildir (Aubé ve diğ. 2014). ALAN kaynaklı ışık kirliliği ölçümlerinde farklı uydu ve sensörlerden elde edilen veriler kullanılmaktadır. Başlıca VIIRS/DNB (Zhao ve diğ. 2019), DMSP/OLS (Elvidge ve diğ. 2013) verilerinden faydalanılsada EROS-B (Katz & Levin 2016), Luoja-1 (Li ve diğ. 2020), Landsat uydu serileri (Elvidge

* abdulvahap.yilmaz@erzincan.edu.tr

Çizelge 1. Literatür taraması için kullanılan seçim kriterleri. Taranan Dizinler: WOS: Web of Science; YÖK:YÖK Tez Merkezi; DP:Dergi Park.

Dizin	Aranan	Analiz	Bulunan	Seçilen
WOS	Turkey and light pollution	Işık kirliliği dışında farklı kirlilik türleri nedeniyle kullanılmayan n=462 ve dergi makalesi olmayan n=1	n=465	n=2
WOS	Turkey and night light	Işık kirliliği içermeyen ve farklı nedenlerle kullanılmayan n=50	n=54	n=4
WOS	Turkey and observatory and city light	Işık kirliliği içermeyen ve farklı nedenlerle kullanılmayan n=34	n=38	n=4
YÖK	Işık Kirliliği	Işık kirliliği ölçümünü konu almaması ve tezden çıkarılan yayınların WOS ve Dergipark dizinlerinde kullanılması nedeniyle çalışmamızda kullanılmayan n=11	n=16	n=5
YÖK	Gökyüzü parlaklığı	WOS ve Dergipark dizinlerinde kullanılması nedeniyle çalışmamızda kullanılmayan n=1	n=2	n=1
DP	Light Pollution veya Işık Kirliliği	Işık kirliliği ölçümünü konu almaması n=19, dergi makalesi olmayan n=2	n=31	n=10
DP	Gök parlaklığı veya Sky Glow	Işık kirliliği ölçümünü içermeyen n=2	n=2	n=0

ve diğ. 2007; Li ve diğ. 2020) ve Jilin-1-03B (Zhao ve diğ. 2019) gibi uydu sistemlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca ALAN ölçümünde uçak ve hava balonları, insansız hava araçları gibi hava araçlarına monte edilen sensörlerdende faydalanılmıştır. Gökyüzü kalitesi ölçüm cihazları (Yılmaz & Özdemir 2021), pankromatik taşınabilir akıllı cihaz uygulamaları, aydınlık ve parlaklık ölçerler (Hänel ve diğ. 2018) gibi yer tabanlı ölçüm cihazları uzaktan algılamayla tespit edilemeyen ayrıntıları algılayabilme yetenekleri (Bennie ve diğ. 2014) ile ALAN ölçümünde kullanılan alternatiflerdendir. Yer tabanlı görüntüleme sensörleri, dijital kameralar, spektrometreler ve hiperspektral kameralarda ALAN ölçümünde kullanılabilir (Jechow & Hölker 2020).

Bu çalışma, ışık kirliliğini ölçmek için literatürde kullanılan ölçüm yöntemlerini arşivlemeyi ve Dergi Park, YÖK Ulusal Tez Merkezi, Web of Science (WOS) Türkiye adresli alt yapılar taranarak ışık kirliliği ölçüm yöntemleri ile ilişkili yayınları analiz etmeyi amaçlamaktadır. Çalışmamız, ışık kirliliğini araç ve sensörler kullanarak ölçen, WOS ve Türkiye'deki akademik veri tabanlarından elde edilen yayınların sistematik incelemesini sağlayan ilk çalışmadır. Işık kirliliğini ölçmeye yönelik gelecekteki çalışmalara katkı sağlayacağını düşünüyorum.

2 Yöntem ve Analiz

ALAN ölçümünde kullanılan cihazlar detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Dergi Park, YÖK ve WOS alt yapılarında ışık kirliliği ölçümü ile ilgili çalışmalarda hangi cihazların tercih edildiği incelenmiştir. Veri setine tarih ve dil sınırlaması uygulanmamıştır. Çalışmamızda sadece dergi makaleleri ve tez çalışmaları kullanılmış, tarama yapılırken makale türlerine sınırlama uygulanmamıştır. Tüm veri tabanlarında tarama 10-15 Nisan 2024 tarihleri arasında yapılmıştır. Çalışmamızda kullanılan yayınlar Dergi Park veri tabanından başlık ve anahtar kelimeler taranarak Çizelge 1'de verilen arama terimleri kullanılarak tanımlanmıştır. Tanımlanan bu çalışmalar tam metin

olarak incelenmiş ölçüm araçları veya sensörlerden faydalanan toplam 20 dergi makalesi ve 8 tez çalışması kullanılmıştır. Kullanılan 20 dergi makalesine 16 farklı dergiden ulaşılmıştır. 8 Tez çalışması 7 farklı üniversite enstitüsü bünyesinde yürütülmüştür. Gökyüzü ışıması, zemin ışıması, karanlık kaybı arama terimleri kullanılarak tarama yapılmış fakat sonuç alınamamıştır.

3 Türkiye Tabanlı Çalışmalarda Işık Kirliliği Ölçümünde Kullanılan Cihazlar

Oluşturduğumuz metodolojiye uygun olarak ALAN ölçümünde uzay ve yer ölçüm yöntemlerini kullanan çalışmalar aşağıda analiz edilmiş ve Çizelge 2'de sunulmuştur. Metodolojimize uymayan ancak literatürde kullanıldığı görülen uydular ve sensörler Çizelge 3'de belirtilmiştir.

3.1 Uzay sensörleri

ALAN kaynaklı ışık kirliliği ölçümlerinde, farklı uydu ve sensörlerden elde edilen veriler kullanılmaktadır. Literatürde, VIIRS/DNB, DMSP/OLS, EROS-B, LuoJia-1, Landsat uydu serileri ve Jilin-1-03B gibi uydu sistemleri kullanılarak ışık kirliliği ölçümleri yapılmıştır. DergiPark, Ulusal Tez Merkezi ve WOS altyapıları taranarak ışık kirliliği ölçüm yöntemleri ile ilgili yayınlarda VIIRS/DNB, DMSP/OLS ve Landsat uydu serilerinin kullanıldığı tespit edilmiştir.

3.1.1 DMSP/OLS

Dergi Park ve Ulusal Tez Merkezi veri tabanından yapılan taramada DMSP-OLS verilerinden faydalanan iki çalışma tespit edilmiştir.

- Bu çalışmaların birinde 2000 ve 2010 yıllarına ait DMSP/OLS gece görüntüleri kullanılarak kentsel alanlar tespit edilip gelişmişlikleri ile ilgili analizler yapılmıştır (Yücer 2018).
- Diğer çalışmada ise 9 Şubat 1997 de elde edilen DMSP

Çizelge 2. Çalışmamıza dahil edilen ölçer/ölçüm araçlarının Özeti. SQM: "Sky Quality Meter". Çalışmaya dahil edilen yayınlar, çalışma konusunun yanında verilmiştir. Yayın Kısaltmaları: [1]:(Aslan & Isobe 2001), [2]:(Yücer 2018), [3]:(Aksaker ve diğ. 2015), [4]:(Yılmaz 2023b), [5]:(Koc-San ve diğ. 2013), [6]:(Uysal ve diğ. 2018), [7]:(Aksaker ve diğ. 2023), [8]:(Seyhan ve diğ. 2020), [9]:(Yerli ve diğ. 2021), [10]:(Aksaker ve diğ. 2020), [11]:(Levin 2023), [12]:(Yuan ve diğ. 2023), [13]:(Ustaoglu ve diğ. 2021), [14]:(Yılmaz 2023a), [15]:(Bagheri ve diğ. 2022), [16]:(Güney & Nasiroğlu 2021), [17]:(Solmaz ve diğ. 2021), [18]:(Ökten 2023), [19]:(Yazıcı ve diğ. 2022), [20]:(Yaşarsoy ve diğ. 2020), [21]:(Bingöl 2022), [22]:(Yetiş 2019), [23]:(Devlen 2018), [24]:(Küçük 2020), [25]:(Latifoğlu & Özdemir 2021), [26]:(Yılmaz & Özdemir 2021), [27]:(Özgür & Yavuz 2023), [28]:(Yeşiltaş ve diğ. 2023).

Ölçüm Aracı	Çalışmanın Konusu	Yayınlar
DMSP/OLS	Enerji kaybı hesabı Kentsel Planlama Gözlemevi yer seçimi Deprem	[1] [2] [3, 4, 5] [6]
VIIRS/DNB	Işık kirliliği Deprem Tarımsal Ekonomi Gözlemevi yer seçimi	[7, 8, 9, 10] [11, 12] [13] [14]
Landsat & VIIRS/DNB	Işık kirliliği Enerji kaybı hesabı	[15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24] [25, 26]
SQM & İHA	Enerji kaybı hesabı	[27]
SQM & VIIRS/DNB	Işık kirliliği	[28]

verileri kullanılarak Türkiye'nin büyük illeri için enerji kaybı kWh yıl⁻¹ km⁻² biriminde hesaplanmıştır (Aslan & Isobe 2001).

WOS veri tabanında yapılan taramada DMSP/OLS verilerinden faydalanan dört çalışma tespit edilmiştir. Bu çalışmaların üçü gözlemevi için ideal yer seçimi yaparken önemli antropojenik kriterlerden biri olan ışık kirliliğini uydu sensörlerinden faydalanarak belirlemiştir.

- Çalışmalardan biri çok kriterli karar analizi ve CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tekniklerini kullanarak, Türkiye'deki astronomi gözlemevleri için en uygun bölgeleri belirlediği çalışmada ışık kirliliği verilerini detaylı ve güncel yerleşim ışığı sunan DMSP/OLS'den (Savunma Meteorolojik Uydu Programının Operasyonel Hat Tarama Sistemi) elde edilen sabit antropojenik ışıkların gece görüntüleri kullanılmıştır (Aksaker ve diğ. 2015).
- Bir diğer çalışmada CBS ve uzaktan erişim yöntemleri kullanılarak Erzincan il sınırları içerisinde gözlemevi için en uygun konumları tespit eden çalışmanın kriterlerinden biri şehir ışıklarıdır (ışık kirliliği). Işık kirliliği verileri, DMSP/OLS veritabanından elde edilmiştir (Yılmaz 2023b).
- DMSP/OLS'den elde edilen sabit antropojenik ışıkların uydu gece görüntüleri kullanılan bir başka çalışmada ise MCDA ve GIS yöntemlerinden faydalanılarak Antalya ilinde astronomi gözlemevleri için uygun alanlar belirlenmiştir (Koc-San ve diğ. 2013).
- Çalışma alanının arazi kullanımındaki değişiklikleri

Çizelge 3. Tasarladığımız metodolojiye uymayan fakat literatürde kullanılan ölçer/ölçüm araçlarının özeti. Yayın kısaltmaları: [1]:(Li ve diğ. 2020), [2]:(Katz & Levin 2016), [3]:(Guk & Levin 2020), [4]:(Côté-Lussier ve diğ. 2020), [5]:(Kuechly ve diğ. 2012), [6]:(Bolliger ve diğ. 2020), [7]:(Argys ve diğ. 2021), [8]:(Ścieżor ve diğ. 2012), [9]:(Andreic ve diğ. 2012), [10]:(Puschign ve diğ. 2014), [11]:(Alamús ve diğ. 2017).

Ölçüm Aracı	Çalışmanın Konusu	Yayınlar
Luoja-1	Işık kirliliği haritalaması	[1]
EROS-B	SQM ve EROS-B ışık kirliliği ölçümü	[2]
Jilin-1	Jilin-1 verilerini, uzaktan algılama ve yer tabanlı ölçümler ile kıyaslamakta	[3]
ISS'den çekilen fotoğraflar	Işık kirliliği ve İnsan sağlığı ilişkisi	[4]
Uçak	Işık kirliliği haritalaması	[5]
Hava balonları	Ekoloji (ALAN'ın gece yaşayan organizmalar üzerindeki olumsuz etkileri)	[6]
Pankromatik taşınabilir akıllı cihaz uygulamaları	Işık kirliliğinin fetal sağlık üzerindeki etkisi	[7]
Aydınlık ve parlaklık ölçerler	Işık kirliliği haritalaması	[8]
Dijital kameralar	Gece gökyüzünün parlaklığı	[9]
Spektrometreler	Gece gökyüzünün parlaklığı	[10]
Hiperspektral kameralar	ALAN kaynaklı boşa harcanan enerjinin tespit edilmesi	[11]

haritalamak ve bu değişikliklerin KAF (Kuzey Anadolu Fay Hattı) ile ilişkilerini belirlemek için gerçekleştirilen bir diğer çalışmada DMSP gece ışıkları verileri kullanılmıştır (Uysal ve diğ. 2018).

3.1.2 VIIRS/DNB

SUOMI-NPP uydusu, VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) enstrümanı DNB (Day Night Band) verilerinden faydalanan çalışmalar Dergi Park ve Ulusal Tez Merkezi veri tabanında taranarak aşağıda özetlenmiştir.

- VIIRS/DNB verilerinin kullanıldığı çalışmada 2019 yılında Türkiye'de doğu ve güneydoğu kırsallarında ışık kirliliğinin stabil kaldığı ve Türkiye'de bulunan gözlemevleri etrafında ışık kirliliğinin analiz edilen zaman dilimi aralığında sürekli bir artış gösterdiği bulunmuştur (Aksaker ve diğ. 2023).
- VIIRS uydu verilerinin kullanıldığı bir başka çalışmada, 2012-2018 yıllarına ait Dünya geneli ışık kirliliği analizi yapılmış, ışık kirliliği en fazla olan ülkeler Singapur, Kuveyt ve Katar olduğu sonucuna varılmıştır (Seyhan ve diğ. 2020).
- Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsünde ışık kirliliğinin durumu 2022 yılı içinde Gökyüzü Kalitesi Ölçeri (Sky Quality Meter - SQM) ve VIIRS/DNB verileri kullanılarak araştırılmıştır Yeşiltaş ve diğ. (2023).

WOS veri tabanında yapılan taramada VIIRS/DNB veri setinden faydalanan altı çalışma tespit edilmiştir.

- Türkiye'de 2012-2019 yılları arasında yapay ışık kirliliğindeki değişimin incelendiği çalışmanın sonucunda %80 oranında artışın olduğu tespit edilmiştir (Yerli ve diğ. 2021).
- VIIRS/DNB cihazından elde edilen gece verileri kullanılarak 2012-2019 yılları arasında Fransa'nın ışık kirliliği değişimini inceleyen çalışma sonucunda Fransa'nın ışık kirliliğini

azaltmak için oluşturduğu mevzuatın, ışık kirliliğini yıllık %6 oranında azalttığı ve ışık kirliliği değerleri ile nüfus ve GSYİH arasında güçlü bir ilişki olduğu tespit edildi (Aksaker ve diğ. 2020).

- NASA'nın VIIRS/DNB sensöründen elde edilen gece ışıkları verilerindeki değişiklikleri kullanarak Türkiye'nin güneydoğusunda etkilenen alanlar tespit edilmiştir (Levin 2023).
- Türkiye-Suriye depreminde NOAA-20 VIIRS gece verileri kullanılarak hasar tespiti yapılan çalışmada, NTL yoğunluğuna sahip piksel sayıları ile yarı sayıları arasında yüksek korelasyon tespit edilmiştir (Yuan ve diğ. 2023).
- 2015 yılına ait VIIRS/NPP gece görüntülerini kullanan çalışma, piksel düzeyinde bir tarımsal ve tarım dışı GSYİH yoğunluk haritası oluşturarak, Türkiye'de sürdürülebilir bölgesel büyüme stratejilerinin formüle edilmesine yardımcı olacak bölgesel ekonomik dinamiklerin analizin için önemli bir veri tabanı sunmaktadır (Ustaoglu ve diğ. 2021).
- CBS ve çok kriterli karar analizi kullanan bu çalışma, VIIRS/DNB paketleri tarafından üretilen gece görüntüleri antropojenik kriterlerden biri olan ışık kirliliği veri seti olarak kullanılarak Malatya ilinde astronomi gözlemevleri için en uygun yerleri belirlemiştir (Yılmaz 2023a).

3.1.3 Landsat uyduları

Dergi Park ve Ulusal Tez Merkezi veri tabanından yapılan tarama sonucunda Landsat uydu serilerinden alınan verileri kullanan bir çalışma tespit edilmiştir.

Landsat 7 ve 8 görüntülerini ve NPP uydusu VIIRS sensörü 2012-2020 arasındaki ışık verilerini CBS teknikleri yardımıyla analiz eden çalışmada incelenen şehirlerdeki fiziksel büyümenin analizi, modellenmesi ve ışık kirliliği üzerine etkisine ilişkin çeşitli algoritma ve analizler gerçekleştirilmiştir (Bagheri ve diğ. 2022).

3.2 Hava araçlarına monte edilen sensörler

3.2.1 İnsansız Hava Araçları (İHA)

Dergi Park ve Ulusal Tez Merkezi dizin taramalarında ışık kirliliği ölçümünde İHA kullanımı bir çalışmada görülmüştür.

Bu çalışma, Samsun ili Atakum ilçesinde bulunan 81 km⁻² alan içinde yer alan 55 ölçüm noktasında gerçekleştirilmiştir. SQM cihazı monte edilmiş İHA ile 50 m yükseklikten veri toplanarak ışık kirliliği kaynaklı boşa harcanan 53.37×10⁶ lm yıl⁻¹ ışık akısı hesaplanmıştır (Özgür & Yavuz 2023).

3.3 Yer tabanlı pankromatik sensörler

3.3.1 SQM cihazları

Dergi Park ve Ulusal Tez Merkezi alt yapısında SQM ve türevlerini kullanan çalışmalar aşağıda özetlenmektedir.

- Atatürk Üniversitesi yerleşkesi ve bu yerleşkede yer alan ATA50 (Atatürk Üniversitesi Astrofizik Araştırma Teleskobu) teleskobunun çevresinde gerçekleştirilen bir çalışmada, gökyüzü kalitesi ve ışık kirliliği konusu ele alınmış SQM cihazı kullanılarak gece gökyüzü parlaklığı ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Güney & Nasıroğlu 2021).
- Çukurova Üniversitesi Uzay Bilimleri ve Güneş Enerjisi Araştırma ve Uygulama Merkezinin (UZAYMER) astronomik altyapısını sunan çalışmada, SQM-LE/LU 4580 seri numaralı aygıt UZAYMER'de yapılan ışık kirliliği ölçümlerinde kullanılmıştır (Solmaz ve diğ. 2021).

- İskenderun ilçe merkezi ve yakın çevresinde ışık kirliliği ölçümlerinin yapıldığı çalışmada, SQM-LU cihazı kullanılmıştır ve IDW yöntemi ile Bortle ölçeğine göre ışık kirliliği dağılım haritası oluşturulmuştur (Ökten 2023).
- Malatya il merkezi ve çevresinde ışık kirliliği ölçümleri SQM cihazı ile gerçekleştirilerek parselasyon ve haritalama yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada Zenit yönünde 84 noktada, açı bağımlılığının etkisini belirlemek amacıyla 7 bölgede zenit ile ufuk arasında 5° aralıklarla okumalar yapılmıştır. Çalışma ALAN kaynaklı enerji kaybının maddi karşılığı 3.6 milyon TL/yıl olarak hesaplanmıştır (Yılmaz & Özdemir 2021).
- Gaziantep ilinde SQM-LU-DL cihazı ile gerçekleştirilen ölçümler sonucu ışık kirliliği kaynaklı kaybolan enerji miktarı 89.8×10⁶ lm olarak tespit edilmiştir. Mali karşılığı yıllık yaklaşık 2.3 milyon TL olarak hesaplanmıştır (Latifoğlu & Özdemir 2021).
- Darksky model kullanılarak elde edilen veriler, aynı konumlardan SQM ölçümleri alınarak doğrulanmıştır. Doğrulan veriler kullanılarak İzmir ilinin ışık kirliliği haritası oluşturulmuştur. Elde edilen haritaya göre İzmir ilindeki gece gökyüzü parlaklık değerleri 13.53-20.50 kadir arcsec⁻² aralığında ölçülmüştür (Yazıcı ve diğ. 2022).
- Bursa ilinde Karanlık Gökyüzü Parkı ihtiyacının karşılanmasını amaçlayan çalışmada, SQM ölçümlerine göre Karanlık Gökyüzü Park (Dark Sky Parks) alanı belirlenmektedir. Karanlık Gökyüzü parkı alanı 21.60 mag arcsec⁻² ölçüm değerinde ölçülmüştür (Yaşarsoy ve diğ. 2020).
- Erzurum Merkez ve Atatürk Üniversitesi Kampüsü gökyüzü kalite ölçümü SQM cihazı kullanılarak yapılmıştır. Çalışma, Doğu Anadolu Gözlemevi projesi kapsamında kurulacak 4m sınıfı teleskoba ışık kirliliği etkisinin belirlenmesi ve azaltılması amacıyla alınacak önlemleri belirlemeyi amaçlamıştır (Bingöl 2022).
- Karaman ilinde SQM cihazı ile 56 noktadan alınan ölçümler sonucunda ışık kirliliği haritalaması yapılmıştır (Yetiş 2019).
- Ege Üniversitesi Gözlemevinde SQM-LU cihazı kullanılarak 2010-2017 yılları arasında farklı açılar için gece gökyüzü parlaklık ölçümleri yapılmış ve tespit edilen parlaklık artışının gözlem süresini yaklaşık 1.5 saat kısalttığı sonucuna varılmıştır (Devlen 2018).
- Antarktika kıtasındaki 62S 58W ve 66S 66W koordinatları arasındaki gökyüzü parlaklığı verileri, Gemiye sabitlenen SQM cihazı ile elde edilerek HorseShoe Adası çevresinde gece gökyüzü parlaklığı seviyeleri belirlenmiştir (Küçük 2020).

4 Tartışma ve Sonuçlar

Çalışma yalnız Türkiye tabanlı olduğundan istatistik açısından kısıtlıdır (toplam makale sayısı ve aygıt başına düşen makale sayısının azlığı vb.). İncelenen çalışmalarda yerden ölçüm teknikleri ağırlıklı kullanılmıştır. En popüler araç SQM ve türevleridir (n=11), VIIRS/DNB uydu verileri (n=8), DMSP uydu verileri (n=6), SQM ve VIIRS/DNB beraber (n=1), insansız hava araçları ile SQM beraber (n=1) ve Landsat uydu serileri ve VIIRS/DNB beraber (n=1) çalışmada kullanılmıştır (Çizelge 2).

Birçok ölçüm aracı birden fazla çalışmada farklı amaçlarla kullanılmıştır. VIIRS/DNB cihazı, ışık kirliliği çalışmaları, deprem araştırmaları, tarımsal ekonomi ve gözlemevi yer seçimi gibi farklı alanlarda yer bulmuştur. Bu cihaz, her bir disiplinin ihtiyaç duyduğu gece ışık verilerini sunarak geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır (Çizelge 2).

SQM cihazı, özellikle ışık kirliliği haritalaması, enerji kaybı hesaplamaları ve gözlemevi yer seçimi çalışmalarında kullanılmıştır. Işık kirliliğini ölçme ve izleme, enerji tüketimiyle ilişkili kayıpların belirlenmesi gibi konularda önemli veriler sunarak, farklı alanlardaki araştırmalara katkı sağlamaktadır (Çizelge 2).

SQM ölçüm cihazı ve türevlerinin ulaşılabilir fiyatta olması, portatif olması ve meteorolojik koşullardan fazla etkilenmeden veri üretebilme kabiliyetine sahip olması ışık kirliliği çalışmalarında daha fazla tercih edilmesini sağlamıştır. Yerden yapılan ölçümlerin, havadan yapılan ölçümlere göre dez avantajlarından biri ölçüm aletinin konumunun manuel değiştirilmesidir, SQM kullanılan haritalama çalışmalarında birçok noktadan veri alınması yorucudur. İncelenen çalışmalarda SQM cihazı (n=13) ışık kirliliği seviyelerinin tespiti, haritalanması ve ışık kirliliği kaynaklı enerji kaybı hesaplamalarında kullanılmıştır. Işık kirliliği kaynaklı enerji kaybı hesaplama çalışmalarında cihaza sadece zenit doğrultusunda okumalar yaptırılmamış zenit ile ufuk arasında farklı açılarda okumalarda yaptırılmıştır. Zenit doğrultusu dışında SQM cihazından elde edilen verilerin güvenilirliğini sorgulayan görüşlere rağmen, ALAN kaynaklı enerji kaybı hesaplamalarında farklı açılarda SQM okumalarından elde edilen verilerin kullanımı tercih edilmiştir. Bazı çalışmalarda SQM cihazıyla okuma yapılan lokasyon koordinatlarının verilmemiş olması ilerleyen zamanlarda çalışmaların tekrarlanmasını engellemektedir.

VIIRS/DNB uydusu, DMSP/OLS uydusuna göre spektral olarak geliştirilmiş olmasına rağmen özellikle LED aydınlatma kaynaklarının popüler olduğu kısa dalga boylarında (mavi) kör olması uydu bazlı veri kullanan çalışmalar için olumsuz durumlardandır. Analiz ettiğimiz hiçbir çalışmada tercih edilmeyen spektral çözünürlük sorunlarını azaltan yeni uydular fırlatılmıştır ve fırlatılmaya devam edecektir. Ayrıca VIIRS/DNB ve DMSP/OLS uyduları sadece yukarı doğru yayılan ışığı tespit ederken yer bazlı ölçüm araçları farklı doğrultularda yayılan ışık miktarını ölçmek içinde kullanılabilir. Çok sayıda çalışmada, yer tabanlı ve uzay tabanlı yöntemler bir arada kullanılmaktadır. Uzaydan yapılan ölçümler genellikle küresel ölçekteyken, yer tabanlı ölçümler noktasal veriler sağlar. Yer tabanlı veriler anlık olarak temin edilebilirken, uzay tabanlı veri setlerinden genellikle günlük, aylık veya yıllık veri temin edilir. Bu durumlar çalışma sonuçlarında çeşitliliğe sebep olabilir. Örneğin Sanchez de Miguel ve diğ. (2020) çalışmasında, yer tabanlı gözlem tahminlerini uzay tabanlı gözlemlerle kıyaslayarak gökyüzü parlaklık hesaplamalarını %35'lik bir farkla açıkladı. Belirttiğimiz nedenler dışında bu farklılığın temel nedeninin, yer gözlem tahminlerinin yalnızca yukarıya doğru saçılan ışığı içeren piksellerden oluşmasına karşın, uydu verileri ışık emisyonlarının karışımı olan gökyüzü ışığı ve doğrudan yerden gelen ışık emisyonlarını içeren pikselleri içermesi kaynaklı olabilir.

EROS-B, LuoJia-1, Landsat uydu serileri ve Jilin-1 gibi uydu sistemleri; astronotların Uluslararası Uzay İstasyonu'ndan (ISS) çektiği fotoğraflar; pankromatik taşınabilir akıllı cihaz uygulamaları; aydınlık ve parlaklık ölçerler; dijital kameralar; spektrometreler ve hiperspektral kameralar literatürde ALAN ölçümü için kullanılmıştır, ancak çalışmamızın metodolojisine uygun makalelerde yer almamıştır. Bu ölçerler literatürde birçok çalışmada kullanılmıştır (detaylı bilgi için bakınız Mander ve diğ. (2023)). Ölçerlerin kullanıldığı ilk çalışmalar Çizelge 3'de verilmiştir.

Aynı çalışma farklı ölçüm cihazları kullanılarak yapıldığında, cihazların avantajları ve dezavantajları hakkında daha fazla bilgi edinmemizi sağlayabilir. Çalışma, gelecekteki araştırmalarda ölçüm cihazlarının çalışılacak konuya uygun bir şekilde belirlenmesi konusunda araştırmacılara fikir sunacaktır.

Kaynaklar

- Aksaker N., ve diğ., 2015, *Experimental Astronomy*, 39, 547
 Aksaker N., Yerli S. K., Kurt Z., Bayazit M., Aktay A., Erdoğan M., 2020, *Astrophysics and Space Science*, 365, 153
 Aksaker N., Yerli S. K., Zühal K., Erdoğan M. A., 2023, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 4, 282
 Alamús R., Bará S., Corbera J., Escofet J., Palà V., Pipia L., Tardà A., 2017, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 124, 16
 Amichai E., Kronfeld-Schor N., 2019, *Scientific reports*, 9, 11052
 Andreić Ž., Andreić D., Pavlić K., 2012, *GEOFIZIKA*, 29, 143
 Argys L. M., Averett S. L., Yang M., 2021, *Southern Economic Journal*, 87, 849
 Aslan Z., Isobe S., 2001, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi Işık Kirliliği Toplantısı, Antalya
 Aubé M., Fortin N., Turcotte S., García B., Mancilla A., Maya J., 2014, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 126, 1068
 Bagheri S., Karimzadeh S., Feizzadeh B., 2022, *International Journal of Engineering and Geosciences*, 8, 98
 Bennie J., Davies T. W., Inger R., Gaston K. J., 2014, *Methods in Ecology and Evolution*, 5, 534
 Bingöl F., 2022, Master's thesis, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
 Bolliger J., Hennem T., Wermelinger B., Bösch R., Pazur R., Blum S., Haller J., Obrist M. K., 2020, *Basic and Applied Ecology*, 47, 44
 Chepesiuk R., 2009, *Missing the dark: health effects of light pollution*
 Côté-Lussier C., Knudby A., Barnett T. A., 2020, *Social Science & Medicine*, 248, 112820
 Deprato A., ve diğ., 2022, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19, 8522
 Devlen A., 2018, *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 11, 401
 Elvidge C. D., Safran J., Tuttle B., Sutton P., Cinzano P., Pettit D., Arvesen J., Small C., 2007, *GeoJournal*, 69, 45
 Elvidge C. D., Baugh K. E., Zhizhin M., Hsu F.-C., 2013, *Proceedings of the Asia-Pacific Advanced Network*, 35, 62
 Fobert E. K., Burke da Silva K., Swearer S. E., 2019, *Biology Letters*, 15, 20190272
 Guk E., Levin N., 2020, *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 163, 121
 Güney Y., Nasıroğlu I., 2021, *Journal of Anatolian Physics and Astronomy*, 1, 20
 Hänel A., ve diğ., 2018, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 205, 278
 Hölker F., Wolter C., Perkin E. K., Tockner K., 2010, *Trends in ecology & evolution*, 25, 681
 Jechow A., Hölker F., 2020, *Remote Sensing*, 12, 3412
 Katz Y., Levin N., 2016, *Remote Sensing of Environment*, 177, 65
 Koc-San D., San B., Bakis V., Helvacı M., Eker Z., 2013, *Advances in Space Research*, 52, 39
 Kuechly H. U., Kyba C. C., Ruhtz T., Lindemann C., Wolter C., Fischer J., Hölker F., 2012, *Remote Sensing of Environment*, 126, 39
 Küçük F. A., 2020, Master's thesis, İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology
 La Sorte F. A., Horton K. G., Johnston A., Fink D., Auer T., 2022, *Ecosphere*, 13, e3994
 Latifoğlu L., Özdemir T., 2021, in 2. International Baku conference on scientific research. pp 157–169

- Levin N., 2023, *Remote Sensing*, 15, 2120
- Li J., Xu Y., Cui W., Ji M., Su B., Wu Y., Wang J., 2020, *Sustainability*, 12, 681
- Mander S., Alam F., Lovreglio R., Ooi M., 2023, *Sustainable Cities and Society*, p. 104465
- McGlade C. L., Capilla-Lasheras P., Womack R. J., Helm B., Dominoni D. M., 2023, *Biology Letters*, 19, 20230194
- Nelson T. R., Michel C. J., Gary M. P., Lehman B. M., Demetras N. J., Hammen J. J., Horn M. J., 2021, *Transactions of the American Fisheries Society*, 150, 147
- Puschnig J., Posch T., Uttenthaler S., 2014, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 139, 64
- Rund S. S., Labb L. F., Benefiel O. M., Duffield G. E., 2020, *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 103, 2450
- Sanchez de Miguel A., Kyba C. C., Zamorano J., Gallego J., Gaston K. J., 2020, *Scientific reports*, 10, 7829
- Ścieżor T., Kubala M., Kaszowski W., 2012, *Archives of Environmental Protection*, 38, 59
- Seyhan R. K., Aksaker N., Zuhail K., Erdogan M. A., 2020, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 1, 771
- Solmaz A., ve diğ., 2021, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 2, 1
- Tidau S., Whittle J., Jenkins S. R., Davies T. W., 2022, *Biology Letters*, 18, 20220110
- Ustaoglu E., Bovkır R., Aydinoglu A. C., 2021, *Environment, Development and Sustainability*, 23, 10309
- Uysal C., Maktav D., Small C., 2018, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46, 1307
- Yazıcı A. D., Öztürk D., Ayazlı I. E., Sesli F. A., 2022, in *UZAL-CBS 2022*.
- Yaşarsoy B., Samet T., Topkaya B., 2020, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 1, 159
- Yerli S. K., Aksaker N., Bayazit M., Kurt Z., Aktay A., Erdoğan M., 2021, *Astrophysics and Space Science*, 366, 34
- Yetiş K., 2019, Master's thesis, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Yeşiltaş H. K., Kurt Z., Turgut Y. S., 2023, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38, 359
- Yuan Y., Wang C., Liu S., Chen Z., Ma X., Li W., Zhang L., Yu B., 2023, *Remote Sensing*, 15, 3438
- Yücer E., 2018, PhD thesis, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
- Yılmaz A., 2023a, *Serbian Astronomical Journal*, pp 1–1
- Yılmaz A., 2023b, *Contributions of the Astronomical Observatory Skalnaté Pleso*, 53
- Yılmaz A., Özdemir T., 2021, *Turkish Journal of Astronomy and Astrophysics*, 2, 38
- Zhao M., ve diğ., 2019, *Remote Sensing*, 11, 1971
- Ökten Sebahat Sinem Özyurtand Asuman A., 2023, *Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 6, 2123
- Özgür T., Yavuz M., 2023, *Süleyman Demirel University Faculty of Arts and Science Journal of Science*, 18, 99

Access:M24-0201: [Turkish J.A&A — Vol.5, Issue 2.](#)