



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KADASTRAL PARSELLERİN SOLAR ENERJİ
KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE KADASTRAL
VERİ TABANLARINA ENTEGRASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMİRHAN SAVRAN

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ EMİN ÖZGÜR AVŞAR

ÇANAKKALE – 2025



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KADASTRAL PARSELLERİN SOLAR ENERJİ KAPASİTELERİNİN
BELİRLENMESİ VE KADASTRAL VERİ TABANLARINA ENTEGRASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EMİRHAN SAVRAN

Tez Danışmanı

DR. ÖĞR. ÜYESİ EMİN ÖZGÜR AVŞAR

ÇANAKKALE – 2025



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Emirhan SAVRAN tarafından Dr. Öğr. Üyesi Emin Özgür AVŞAR yönetiminde hazırlanan ve **30/01/2025** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Kadastral Parsellerin Solar Enerji Kapasitelerinin Belirlenmesi ve Kadastral Veri Tabanlarına Entegrasyonu**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Dr. Öğr. Üyesi Emin Özgür AVŞAR

.....

(Danışman)

Prof. Dr. Volkan ÇAĞDAŞ

.....

Dr. Öğr. Üyesi Umut AYDAR

.....

Tez No : 10613008

Tez Savunma Tarihi : 30/01/2025

.....
Doç. Dr. Melis ULU DOĞRU

Enstitü Müdürü

.././2025

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Emirhan SAVRAN

30/01/2025

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca bana her an yardımcı olan saygı değer danışman hocam Dr. Öğretim Üyesi Emin Özgür AVŞAR'a, çalışmalar sırasında desteğini esirgemeyen Harita Mühendisi Tolgahan UZUN'a, hayatımın her evresinde bana destek olan eşim Burçin ORHAN SAVRAN'a, oğlum Alp SAVRAN'a ve değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Emirhan SAVRAN
anakkale, Ocak 2025



ÖZET

KADASTRAL PARSELLERİN SOLAR ENERJİ KAPASİTELERİNİN BELİRLENMESİ VE KADASTRAL VERİ TABANLARINA ENTEGRASYONU

Emirhan SAVRAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emin Özgür AVŞAR

30/01/2025,37

Enerji üretimi ve tüketimi, toplumların ve ulusların gelişmişlik seviyeleriyle derin bir bağ içindedir. Ancak, bu artış gerçekleşirken doğaya verilen zararın minimum seviyede olması kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, yenilenebilir enerji kaynakları, özellikle de güneş enerjisi, gün geçtikçe daha da önem kazanmaktadır. Güneşin sonsuz kaynağı, temizliği ve ekonomik oluşu, onu diğer enerji kaynaklarına üstün kılan nitelikler arasındadır. Solar Kadastro ise, güneş enerjisinin potansiyelini değerlendirmek ve uygun alanları belirlemek için son derece kıymetli bir araçtır. Özellikle Türkiye gibi doğal enerji kaynakları bakımından zengin olan ülkeler için Solar Kadastro'nun kullanımı; güneş enerjisinin etkin bir şekilde kullanılmasını ve tarım alanlarının bu yenilenebilir enerji kaynağıyla bütünleşmesini sağlayarak sürdürülebilir bir geleceğe katkıda bulunabilir. Bu tez çalışması ile İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılarak sayısal yüzey modeli üretilmiş, CBS programı vasıtasıyla parsel ve parsel altı bazında güneş enerji potansiyelleri hesaplanmış ve Solar Kadastro kullanımının getirdiği avantajlar ve kazanımlar Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Planlanması, Taşınmaz Değeri, Tarımsal Verimlilik ve Agrivoltaikler, Komşuluk Sorunlarının ve Mahkemelerin İş Yükünün Azaltılması başlıkları altında irdelenmiştir. Ayrıca, enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin rolü, tarımsal üretim ile güneş enerjisi ilişkisi ve Solar Kadastro'nun uygulanabilirliği konularında değerlendirmeler sunulmuştur Solar enerji potansiyellerinin parsel ve parsel altı bazlı olarak hesaplanarak planlama çalışmalarına dahil edilmesi ve Solar Kadastro uygulamasının gerekliliği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Solar, Kadastro, Yenilenebilir, Enerji, Sürdürülebilirlik, Agrivoltaik



ABSTRACT

DETERMINATION OF SOLAR ENERGY CAPACITIES OF CADASTRAL PARCELS AND INTEGRATION TO CADASTRAL DATABASES

Emirhan SAVRAN

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Geomatics Engineering

Advisor: Assist. Prof. Dr. Emin Özgür AVŞAR

30/01/2025,37

Energy production and consumption are deeply linked to the level of development of societies and nations. However, it is critical to minimize the damage to nature while realizing this increase. In this context, renewable energy sources, especially solar energy, are becoming increasingly important. The sun's infinite resource, cleanliness and economy are among the qualities that make it superior to other energy sources. Solar Cadastre is an extremely valuable tool for evaluating the potential of solar energy and identifying suitable areas. Especially for countries like Türkiye, which are rich in natural energy resources, the use of Solar Cadastre can contribute to a sustainable future by ensuring the effective use of solar energy and the integration of agricultural areas with this renewable energy source. In this thesis, a digital surface model was produced using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV), solar energy potentials were calculated on a parcel and sub-parcel basis using a GIS program, and the advantages and gains brought by the use of Solar Cadastre were examined under the titles of Renewable Energy Production and Planning, Real Estate Value, Agricultural Productivity and Agrivoltaics, Reducing Neighborhood Problems and Workload of Courts. In addition, the role of solar energy in meeting energy needs, the relationship between agricultural production and solar energy and the applicability of Solar Cadastre are emphasized. It is concluded that solar energy potentials should be calculated on parcel and sub-parcel basis and should be included in planning studies and Solar Cadastre application is necessary.

Keywords: Solar, Cadastre, Renewable, Energy, Sustainability, Agrivoltaic

İÇİNDEKİLER

| | Sayfa No |
|---|----------|
| JÜRİ ONAY SAYFASI..... | i |
| ETİK BEYAN..... | ii |
| TEŞEKKÜR..... | iii |
| ÖZET | iv |
| ABSTRACT | vi |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| SİMGELER ve KISALTMALAR..... | ix |
| TABLolar DİZİNİ..... | x |
| ŞEKİLLER DİZİNİ..... | xi |
| BİRİNCİ BÖLÜM | |
| GİRİŞ | |
| 1.1. Giriş..... | 1 |
| İKİNCİ BÖLÜM | |
| ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE DÜNYADAN SOLAR KADASTRO ÖRNEKLERİ | |
| 2.1. Geçmiş Çalışmalar..... | 3 |
| 2.2. Dünyadan Solar Kadastro Örnekleri | 6 |
| ÜÇÜNCÜ BÖLÜM | |
| MATERYAL VE YÖNTEM | |
| 3.1. Çalışma Bölgesi..... | 11 |
| 3.2. Yazılım ve Donanım Özellikleri..... | 11 |
| 3.3. Yöntem..... | 12 |

| | | |
|--|----|----|
| DÖRDÜNCÜ BÖLÜM | | 17 |
| ARAŞTIRMA BULGULARI | | |
| 4.1. Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Planlanması Yönüyle Değerlendirme..... | 17 | 17 |
| 4.2. Taşınmaz Değeri Yönüyle Değerlendirme..... | 18 | 18 |
| 4.3. Tarımsal Verimlilik ve Agrivoltaikler Yönüyle Değerlendirme..... | 24 | 24 |
| 4.4. Komşuluk Sorunlarının ve Mahkemelerin İş Yükünün Azaltılması Yönüyle Değerlendirme..... | 28 | 28 |
| BEŞİNCİ BÖLÜM | | 30 |
| SONUÇ ve ÖNERİLER | | |
| KAYNAKÇA | | 33 |

SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|-----------------|---|
| % | Yüzde oranı |
| ABD | Amerika Birleşik Devletleri |
| CBS | Coğrafi Bilgi Sistemleri |
| CLCPA | Climate Leadership and Community Protection Act |
| CO ₂ | Karbondioksit |
| EJ | Exajoule |
| GEPA | Güneş Enerji Potansiyel Atlası |
| GES | Güneş Enerji Santrali |
| GW | Gigawatt |
| İHA | İnsansız Hava Aracı |
| kWh | Kilowatt saat |
| LIDAR | Light Detection and Ranging |
| m ² | metrekare |
| PV | Photovoltaics |
| T.C. | Türkiye Cumhuriyeti |
| TKGM | Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü |
| YEKA | Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları |
| YKN | Yer Kontrol Noktası |
| WEA | World Energy Assessment |

TABLÖLAR DİZİNİ

| Tablo No | Tablo Adı | Sayfa No |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------|
| Tablo 1 | Kullanılan İHA'nın teknik özellikleri | 12 |



ŞEKİLLER DİZİNİ

| Şekil No | Şekil Adı | Sayfa No |
|----------|--|----------|
| Şekil 1 | Global Solar Atlas Solar Radyasyon Sorgulama Sistemi | 7 |
| Şekil 2 | Hannover Solar Kadastro Sistemi | 7 |
| Şekil 3 | Londra Solar Kadastro Sistemi | 8 |
| Şekil 4 | Güneş Enerji Potansiyel Atlası | 8 |
| Şekil 5 | Çatı bakışından farklı açıda yerleştirilmiş güneş panelleri | 9 |
| Şekil 6 | Çalışma bölgesi | 11 |
| Şekil 7 | Çalışmada kullanılan Sensefly eBeeX model İHA | 12 |
| Şekil 8 | Görüntü elde edilen noktalar | 12 |
| Şekil 9 | Üçgen modelin oluşturulması | 13 |
| Şekil 10 | YKN'lerin işlenmesi | 13 |
| Şekil 11 | Ortofotonun elde edilmesi | 14 |
| Şekil 12 | Elde edilen sayısal yükseklik modeli | 14 |
| Şekil 13 | Solar radyasyon haritası ve kadastral veriler | 15 |
| Şekil 14 | Parsel bazlı ortalama solar radyasyon değerleri | 16 |
| Şekil 15 | 754 Ada 6 ve 7 numaralı parseller ortofotosu | 19 |
| Şekil 16 | 754 Ada 6 ve 7 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası | 19 |
| Şekil 17 | 310 Ada 66 ve 67 numaralı parsellerin ortofotosu | 20 |
| Şekil 18 | 310 Ada 66 ve 67 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası | 21 |
| Şekil 19 | 240 Ada 129 ve 131 numaralı parsellerin ortofotosu | 22 |
| Şekil 20 | 240 Ada 129 ve 131 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası | 22 |
| Şekil 21 | 310 Ada 12 ve 15 numaralı parsellerin ortofotosu | 23 |
| Şekil 22 | 310 Ada 12 ve 15 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası | 24 |
| Şekil 23 | Agrivoltaik sistem örneği | 26 |

Şekil 23 Yükseltilmiş PV paneller ile oluşturulmuş bir agrivoltaik sistem örneği

27



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Nikolai Kardashev, 1964 yılında bir medeniyetin gelişmişlik düzeyinin o medeniyetin ürettiği enerji miktarıyla orantılı olduğunu ifade etmiş ve Kardashev ölçeği adını verdiği Tip-1, Tip-2 ve Tip-3 olarak tanımlanan üç seviyeli bir sistem geliştirmiştir (Kardashev, 1964). Dünya olarak içinde bulunduğumuz dönem düşünüldüğünde Kardashev'in en düşük seviye olarak tanımladığı Tip-1 medeniyet seviyesinin bile henüz oldukça uzağında olduğumuz görülmektedir.

Enerji üretimi ve tüketimi değerleri şüphesiz bir biçimde bir ülkenin ve toplumun gelişmişlik düzeyiyle yakından ilgilidir. Hedeflenen gelişmelerin gerçekleşmesi için de enerji üretiminin artırılması ve bu artış sırasında da çevreye mümkün olan en az zararın verilmesi elzemdir. Enerji ihtiyacının sürekli olarak artış gösterdiği günümüzde enerji talebini karşılamak ve sürdürülebilirliği sağlamak amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları önemli bir konu haline gelmiştir. Tüm enerji kaynakları içinde temiz, sınırsız ve coğrafi olarak geniş bir potansiyele sahip olmasıyla güneş enerjisi dikkat çekmektedir. Solar enerji, fosil yakıtların aksine hava kirliliği ve sera gazı emisyonlarının düşük seviyelerde bulunması dolayısıyla çevre dostu olması, sınırsız olması nedeniyle sürdürülebilirliği, ev ve iş yerlerine entegrasyonun basit ve uygulanabilir olması, fayda maliyet yönüyle diğer enerji üretim yöntemlerine göre rekabetçi olması ve en önemlisi dış enerji kaynaklarına olan ihtiyacı azaltarak enerji bağımsızlığına katkıda bulunmasıyla oldukça önemli bir kaynaktır.

Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı, 2000 yılı Dünya Enerji Değerlendirmesinde güneş enerjisinin yıllık potansiyelinin 1,575 ila 49,837 exajoule (EJ) arasında olduğunu tespit etmiştir (WEA, 2000). Enerji Enstitüsünün 2023 raporu incelendiğinde dünyadaki toplam enerji tüketiminin 604.04 exajoule olduğu görülmekte olup güneşten elde edilebilecek olan enerjinin potansiyeli bunun oldukça üzerindedir (Energy Institute, 2023).

Türk Dil Kurumu'nun bir ülkedeki her çeşit arazi ve mülk yerinin, alanının, sınırlarının ve değerlerinin devlet eliyle belirlenip plana bağlanması işi olarak tanımladığı Kadastro çalışmaları ülkemizde T. C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından 3402 sayılı Kadastro Kanunu ve ilgili yönetmelikler çerçevesinde yürütülmektedir. Kadastro vasıtası ile toplanan veriler taşınmazlar hakkında alınacak kararları belirleyen en önemli etkenlerdir. İyi planlanmış ve işlevsel bir kadastro sistemi ile birlikte taşınmazların solar potansiyelleri de hesaplanarak sunulabilecektir.

Solar Kadastro, güneş enerjisi potansiyelini değerlendirmek, uygun alanları belirlemek ve güneş enerjisi projelerini etkili bir şekilde planlamak amacıyla kullanılan önemli bir araç olup parsel bazlı veya parsel altı bazlı olarak her bir parselin güneş enerji potansiyelinin hesaplanarak ilgili parsel ile eşleştirilmesi ve kullanıcılara sunulması işlemidir. Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek bir ülke olması ve bu potansiyelin önemli bir kısmını güneş enerjisinin oluşturması Solar Kadastro'nun gerekliliğini günden güne artırmaktadır. Aynı zamanda önemli bir tarım ülkesi olması dolayısıyla parsellerin solar potansiyellerinin tespiti ile birlikte, agrivoltaik olarak tanımlanan tarım alanlarının güneş panelleri ile birlikte kullanımı sonucu ortaya çıkacak faydalar ve tarımsal üretimde verim artışı ile sürdürülebilir ve çevre dostu bir geleceğe katkıda bulunulabilecektir.

Bu tez çalışması; parsellerin güneş enerji potansiyellerinin parsel ve parsel altı olarak hesaplamasını ve bu hesaplamaların planlamadaki kazanımlarını ortaya koymayı, enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin kullanımını ve tarımsal üretim ve solar enerji ilişkisini (agrivoltaikler) ortaya koymayı ve solar enerji kadastro sununun uygulanabilirliğini ortaya koymayı ve bu alanlarda yenilenebilir enerji çözümlerine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda politika yapıcılara, enerji planlamacılarına ve araştırmacılara sürdürülebilir bir enerji geleceğine giden uygun yollar hakkında bilgiler sunmayı hedeflemektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

GEÇMİŞ ÇALIŞMALAR VE DÜNYADAN SOLAR KADASTRO ÖRNEKLERİ

2.1. Geçmiş Çalışmalar

Bieda ve Ciencialea (2021), dünyadan enerji kadastro uygulamalarını incelemiş ve enerji kadastrounun gerekliliği üzerine odaklanmış ve yapılan uygulamaları kıyaslamıştır. Şahin (2021), yenilenebilir enerji kaynaklarını yüksek verimde kullanabilmek, bina enerji potansiyellerinin daha hassas belirlenmesi ve enerji yönetimini sağlayabilmek için üç boyutlu verilerden yararlanarak oluşturulan kent modelleri üzerinden enerji üretim ve tüketim tahminlerinin yapıldığı, kullanıcılara uygun çözüm önerileri sunan ve enerji kimlik belgelerinin ilişkilendirildiği bir kadastral envanter modeli araştırmıştır. Taşova (2018), Türkiye'nin genel ve bölgesel olarak güneş enerjisi parametrelerine ait veriler aylık, mevsimsel ve yıllık bazlarda istatistiksel olarak incelemiştir. Brito vd. (2017), enerji panelleri için cephelerin önemini tartışmaktadırlar. Döner (2021), üç boyutlu (3B) kadastro literatürünün yasal, kurumsal ve teknik açılardan analiz edilmesini amaçlayarak 2001-2019 yılları arasında yayınlanan 441 yayını incelemiştir. Toplam 59 farklı ülkeden yayınların yer aldığı literatürde çalışmaların çoğunlukla teknik konulara odaklandığının görüldüğü ve 3B kadastro çözümünün yasal, kurumsal ve teknik yönleri üzerinde uluslararası bir fikir birliğinin sağlanmasının zor olarak görüldüğü ifade edilmiştir. 3D dijital verilerin kayıt için kullanılması için gereken teknolojinin son yirmi yılda yeterince olgunlaştığı ancak, pilot çalışmaların ötesinde hem mevcut yasal hem de teknik çerçeveyi dikkate alan bir iş akışı oluşturarak gerçek bir 3B kadastro çözümü üzerinde daha fazla araştırma yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Gerçek (2018), Çalışmada kullanılan yer seçim kriterleri; güneşlenme potansiyeli, bakı, karayolu ve demiryollarının varlığı, eğim, göller ve barajların lokasyonu, doğalgaz boru hatları güzergâhı, fay hatları ve mevcut yerleşim yerleri olarak saptanmıştır. Belirlenen kriterlerin kendi aralarında önem derecesine göre ağırlıkları Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonucunda CBS analizleri vasıtasıyla en uygun yerler tespit edilerek sonuç haritasında sunulmuş olup, elde edilen bu tespit sayesinde Malatya ilinde GES kurulumu için en uygun yerler belirlenmiştir. Ceylan (2022), çalışmasında; Edirne ili Keşan ilçesinde belirlenen birden fazla çalışma bölgesinde insansız hava aracı görüntülerinden yararlanılarak ortofotolar üretilmiş, nesne tabanlı sınıflandırma yardımıyla bina çatı düzlemleri

Çıkarılmış, atıların özellikleri tanımlanmış ve PV enerji sistemi kurulumu için uygun alan ve maliyet/karşılama analizleri yapılmıştır.

Rich vd. (1994), Dünya yüzeyinde belirli bir konumda engellenen güneş radyasyonunun; yüzeyin konumundan ve çevresindeki topografik özelliklerden etkilendiğini belirterek; verilen karmaşık bir topografik yüzeyde solar radyasyonu hesaplamak amacıyla gökyüzü engellemesinin belirlenmesinde görüş alanı modellemeleri kullanan bir algoritma geliştirmiştir. Fu, P., ve Rich, P. M. (2002), yaptıkları çalışmada gelen güneş radyasyonunun, enerji ve su dengesindeki rolü nedeniyle çoğu fiziksel ve biyofiziksel süreç için temel olduğundan bahsederek atmosferik koşullar, yükseklik, yüzey yönelimi ve çevredeki topografyanın etkilerini hesaba katan bir güneşlenme modeli kullanarak dijital yükseklik modellerinden güneşlenme haritalarını hesaplamışlardır. Bu uygulama, enerji ve su dengesi çalışmaları için güneşlenmenin mekansal ve zamansal değişimini karakterize etmenin önemini göstermektedir.

Guo vd. (2022), solar radyasyonun yüksek verimli mısır çeşitlerinde kuru madde dağılımı ve kök morfolojisi üzerindeki etkilerini incelemiş ve çalışmada elde edilen sonuçlar güneş ışınımının; mısır sürgününün kuru madde dağılımı ve kök büyümesi üzerindeki zıt etkilerini göstermiştir. Bıçakçı vd. (2023), Agrivoltaik terimi üzerinde durarak tarım arazileri, mera ve ayır alanları üzerinde belirli yükseklikte kurulacak güneş enerji sistemleri ile hem tarım faaliyetlerinin yrtlp hem de yenilenebilir enerji üretiminin sağlanması ile ekonomiye ve çevreye fayda sağlanabileceğinden bahsetmişlerdir. z (2016), rt altı yetiştiricilikte solar radyasyonun ve güneşlenme sürelerinin etkilerini incelenmiş ve güneş ışınım değerlerinin seracılık faaliyetlerinde doğal ışıkla yıl boyu verimli üretim yapmak için yeterli olmadığını ortaya koymuştur. Dos Santos (2020), Agrivoltaik projelerin, tarımsal ve elektrik üretimini aynı arazide birleştirerek, arazi kullanımını maksimize etme ve gıda ile enerji arasındaki rekabeti azaltma potansiyeline sahip olduğunu belirtmektedir. Çalışma agrivoltaik projelerin başarısını sağlamak için fotovoltaik tesis tasarımının ve tarım yönetimi için optimal parametrelerin analizinin önemli olduğunu ve aralarında gerçek bir sinerjinin var olduğunu, güneş panellerinin tarımsal üretime zarar vermediği bir ortamın oluşturulması için agrivoltaik projelerin çiftçiler ve tarım odaları ile birlikte inşa edilmesi hususunu vurgulamaktadır.

Trommsdorff, M. vd. (2022), Enerji dönüşümünün önemli zorluklarını ve en uygun maliyetli elektrik üretim teknolojisi olarak fotovoltaiklerin (PV'ler) artan önemini tartışmaktadır. Agrivoltaik kavramı, arazinin hem tarım hem de PV enerji üretimi için ikili kullanımını sağlayarak arazi kullanım verimliliğini en üst düzeye çıkarmak için bir çözüm olarak tanıtılmaktadır. Çalışmada agrivoltaiklerin tanımı, sınıflandırılması ve Japonya, Çin, Fransa ve Almanya gibi ülkeler tarafından yönlendirilen küresel gelişim trendleri ele alınarak agrivoltaiklerin mevcut durumuna genel bir bakış sunulmaktadır. Tarımsal çıkarımlar, teknik yapılar, ekonomik analiz ve toplumsal çıkarımlar da dahil olmak üzere tarımsal voltaiklerin çeşitli yönleri incelenmektedirler. Katkar vd. (2021), elektrik sektöründeki karbon salınımını azaltma hedefleri doğrultusunda, New York eyaletinin temiz enerji hedeflerini ve özellikle güneş enerjisi gelişimi konusundaki zorluklarını ele almaktadırlar. Çalışma; New York'un 2030'a kadar %70 yenilenebilir enerji hedefi koyan iddialı bir yasa olan Climate Leadership and Community Protection Act'i (CLCPA) kabul ettiğini ve ancak eyaletin özel arazi örtüsünün, eyaletin büyük bir kısmının tarım ve orman arazilerinden oluşmasının ve toplumun bu gelişime verdiği tepkilerin güneş enerjisi gelişimine duyulan ihtiyaç ile çelişmekte olduğunu belirtmekte ve güneş enerjisi gelişimi için arazi kullanımını ve mekansal özelliklerini incelemek amacıyla coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar analizi tekniklerini kullanarak bir model geliştirmeyi amaçlamaktadır. Proctor, K. W. vd. (2020), çalışmalarında, agrivoltaik sistemlerin güneş fotovoltaik enerji üretimini tarımla birleştirerek arazi kullanım verimliliğini artırmayı amaçladığını belirterek, yıllık bütçenin %1'inden daha az bir miktarı ile kırsal altyapıya yatırım yapılırsa Agrivoltaik sistemlerin ABD'nin toplam elektrik üretiminin %20'sini karşılayabileceğini ifade etmektedirler. Aynı zamanda, Agrivoltaik sistemlerin mevcut Green New Deal hedefleriyle uyumlu olduğunu, geniş çapta kurulumu ile yılda 71,000 aracın yollardan çekilmesine eşdeğer karbondioksit (CO₂) salınımı azalmasını sağlayabileceği ve daha fazla gıda, daha fazla enerji, daha düşük su talebi, daha düşük karbon emisyonları ve daha zengin kırsal topluluklar oluşturabileceği belirtilmiştirlerdir. Pearce, J. M. (2022), Kanada'nın verimli tarım arazilerini korumak için getirilen düzenlemelerin büyük ölçekli güneş fotovoltaik (PV) gelişimini sınırladığını, ancak agrivoltaiklerin araziyi hem PV hem de tarım için kullanma konseptinin bu düzenlemeleri gereksiz kıldığını belirterek Agrivoltaiklerin birçok üründe artan verim, bitkilerin güneş enerjisi ve dolu gibi etkenlerden korunması, su tasarrufu ve tarım istihdamının sürdürülmesi gibi tarımsal faydalar ortaya koyduğunu ifade etmektedir. Çalışma, arazi kullanım politikalarını

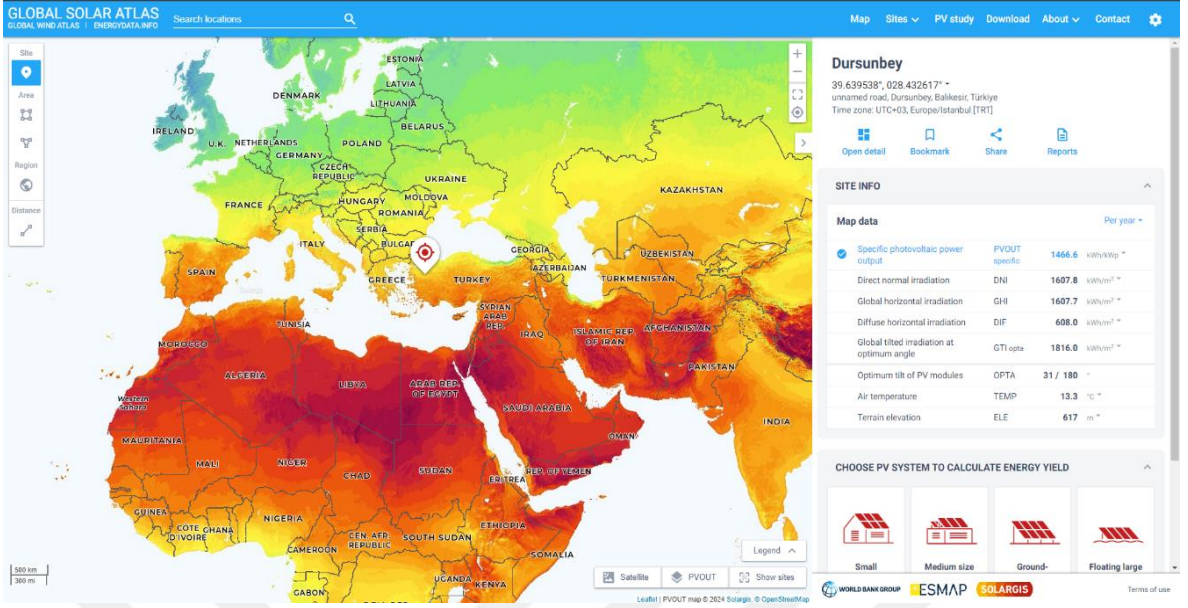
inceleyerek ve biber, tatlı mısır ve kış buğdayı gibi üç farklı ürün için vaka çalışmaları gerçekleştirerek Ontario'nun agrivoltaik potansiyelini analiz etmekte ve agrivoltaik kullanımının avantajlarından yararlanmak için politika değişiklikleri önermektedir.

2.2. Dünyadan Solar Kadastro Örnekleri

Dünyadaki örnekler incelendiğinde solar kadastronun daha çok bir çatı kadastrosu olarak düşünüldüğü ve çatıların potansiyel solar radyasyon değerini hesaplamak üzere kurgulandığı görülmektedir. Planlanan sistemin hassasiyet ihtiyacına göre hava fotoğrafları, sayısal arazi modelleri ve havadan lazer taramayla elde edilen veriler kullanılarak sistemler tasarlanmaktadır. Basit bir ifadeyle, bir güneş (solar) kadastronun oluşturulması için meteorolojik veriler, güneş potansiyelini hesaplamak için bir algoritma, bir sunucu ve internete erişim gerekmektedir (Królikowski, 2011).

Güneş potansiyeli haritaları; küresel ölçekte ya da seçilen bir ülke, bölge veya şehrin alanını kapsayan güneş ışınımlarını sunmakta ve güneşten elde edilen yenilenebilir enerjinin kullanımını teşvik etmeyi ve gelecekteki kurulumların verimliliğini belirlemeyi amaçlamaktadır. İlk güneş potansiyeli haritası 2008 yılında Osnabrück (Almanya) şehri için oluşturulmuştur (Bieda ve Cienciała, 2021).

Global Solar Atlas benzeri daha geniş alanları kapsayan ama hassasiyeti daha düşük uygulamalar bulunduğu gibi şehir ve bölge bazlı daha hassas uygulama örnekleri de mevcuttur (Şekil 1).



Şekil 1. Global Solar Atlas Solar Radyasyon Sorgulama Sistemi (Global Solar Atlas, 2024)

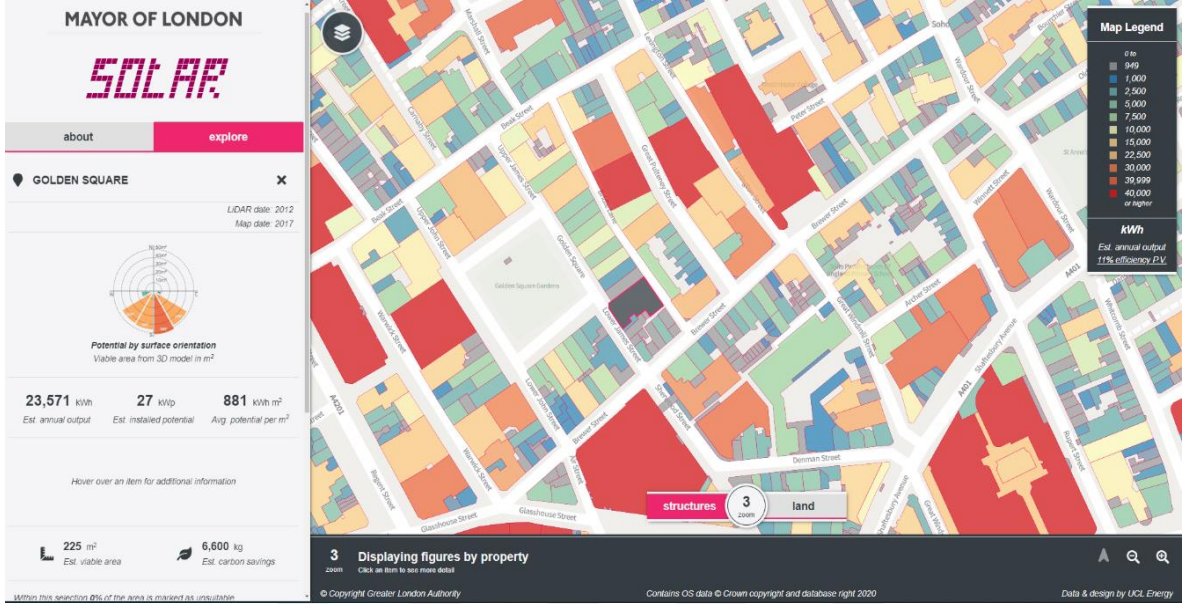
Hannover şehrinin solar kadastrosu incelendiğinde fotovoltaikler için uygun olmayan çatı alanlarını gösterebildiği ve bu alanlar üzerinden hesaplamalar yapabildiği görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Hannover Solar Kadastru Sistemi (Hannover Solarkataster, 2024)

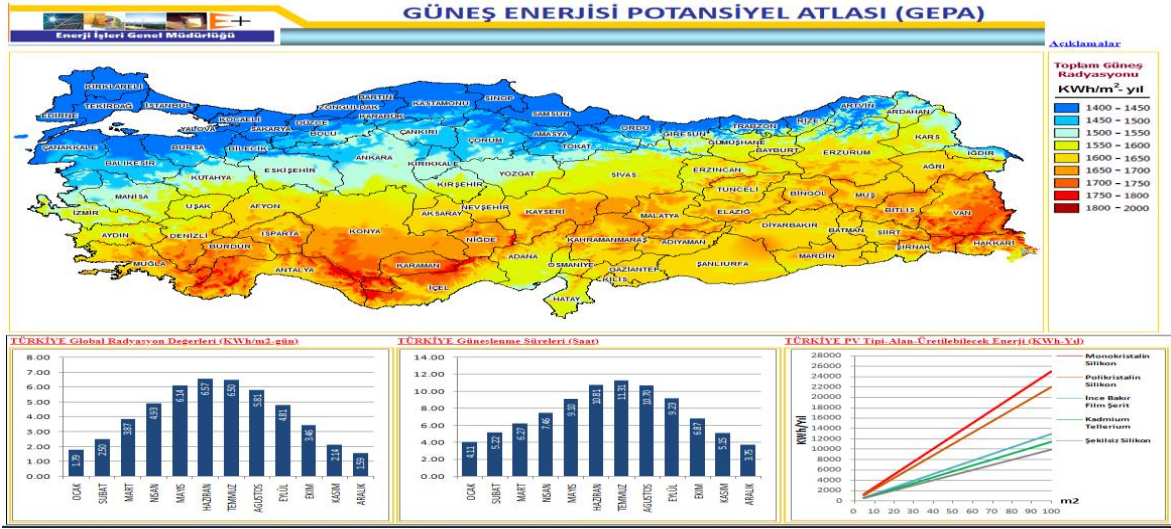
Londra şehri solar kadastrosu incelendiğinde araç hem çatı hem de zemindeki parsellerin solar potansiyellerini hesaplayabilmektedir. Diğer çoğu araçtan farklı olarak

yalnızca şehir içindeki parsellerin değil şehrin dışındaki kırsal parsellerin de solar potansiyellerini hesaplayabilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Londra Solar Kadastro Sistemi (The London Solar Opportunities Map, 2024)

Ülkemizde ise, T. C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından üretilen Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA) il, ilçe bazlı aylık ve yıllık solar radyasyon değerlerini sunmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Güneş Enerji Potansiyel Atlası (GEPA, 2024)

Dünyadan çeşitli şehirlerden (Londra, Hannover, Berlin, Tokyo, Amsterdam, Osnabrück, Hamburg vb.) ve ülkemizden örnekler incelendiğinde örneklerin çoğunlukla ya genel bir bölge hakkında kabaca bilgi verdiği ya da çalışmanın şehir bazında bir çatı kadastro olarak ele alındığı görülmektedir. Elbette ki bir güneş paneli kurulumu düşünüldüğünde ilk akla gelen yer çatılar olmakla birlikte panelin kurulacağı çatının eğimi, bakışı ve üzerindeki baca benzeri kurulumla engel teşkil eden yapılar söz konusudur. Analiz sırasında çeşitli formülasyonlar ile yukarıdaki örneklere benzer uygun kurulum alanları tespit edilebilir ve bu alanlar üzerinden üretilebilecek tahmini solar enerji miktarı hesaplanabilir. Ancak bu gibi hesaplamaların temelini oluşturan eğim, bakı vb. etmenlerin çoğu, panellerin montaj keşfi ve kurulumu sırasında elimine edilebilecek durumdadır. Örneğin kurulum yapılacak çatının eğiminin az olması nedeniyle uygun durumda olmadığı anlaşıldığında, kurulum sırasında basit eklemelerle istenilen eğim sağlanabilecektir. Benzer bir durumla şekilde 5’de de görüleceği üzere analiz sırasında bakışı uygun olmayan bir çatı üzerine yine montaj sırasında yapılacak düzeltmelerle uygun bakı elde edilebilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Çatı bakışından farklı açıda yerleştirilmiş güneş panelleri

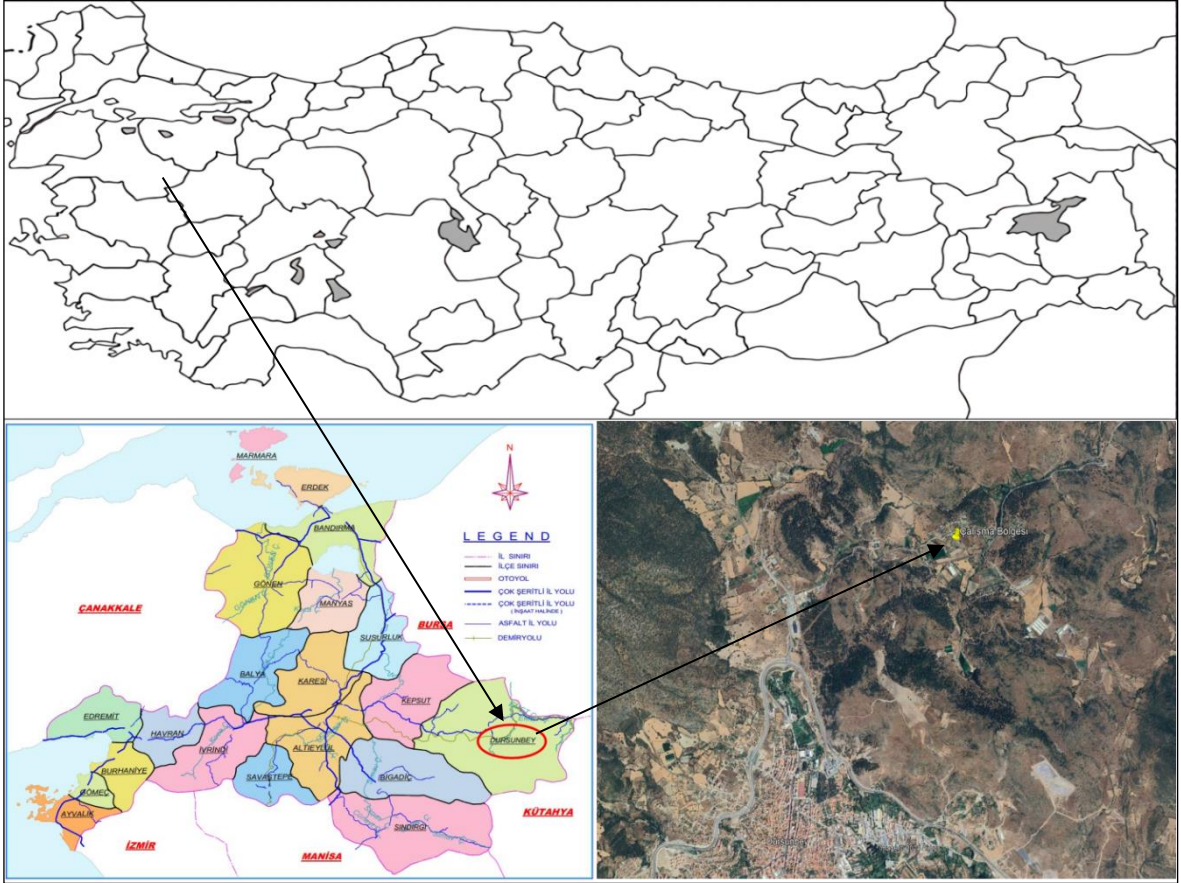
Bu çalışmada, solar kadastronun bir çatı kadastrosundan çok parselin tamamı üzerinde değerlendirilmesi gereken bir uygulama olması gerektiği ve yalnızca yapılar ile ilişkili değil taşınmazın tamamı ve özellikle de tarımsal araziler üzerindeki etkileri üzerinde durulmaktadır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesi olarak Balıkesir İli, Dursunbey İlçesi, Çiftçi Mahallesi seçilmiştir (Şekil 6). Çalışma alanı seçilirken hem farklı tarım parsellerinin hem de küçük boyutlu bağ, bahçe, arsa benzeri parsellerin bulunmasına özen gösterilmiştir. Çalışma bölgesinin toplam alanı 284 hektardır.



Şekil 6. Çalışma bölgesi

3.2. Yazılım ve Donanım Özellikleri

Çalışmada görüntülerin elde edilmesi için Sensefly eBeeX model İHA (Şekil 7) kullanılmıştır. Kullanılan İHA'nın özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1

Kullanılan İHA'nın teknik özellikleri

| Model | Ağırlık | Kanat Açıklığı | Uçuş Süresi | Kamera |
|-------|---------|----------------|-------------|---------|
| eBeeX | 1.4 kg | 116 cm | 90 dakika | S.O.D.A |

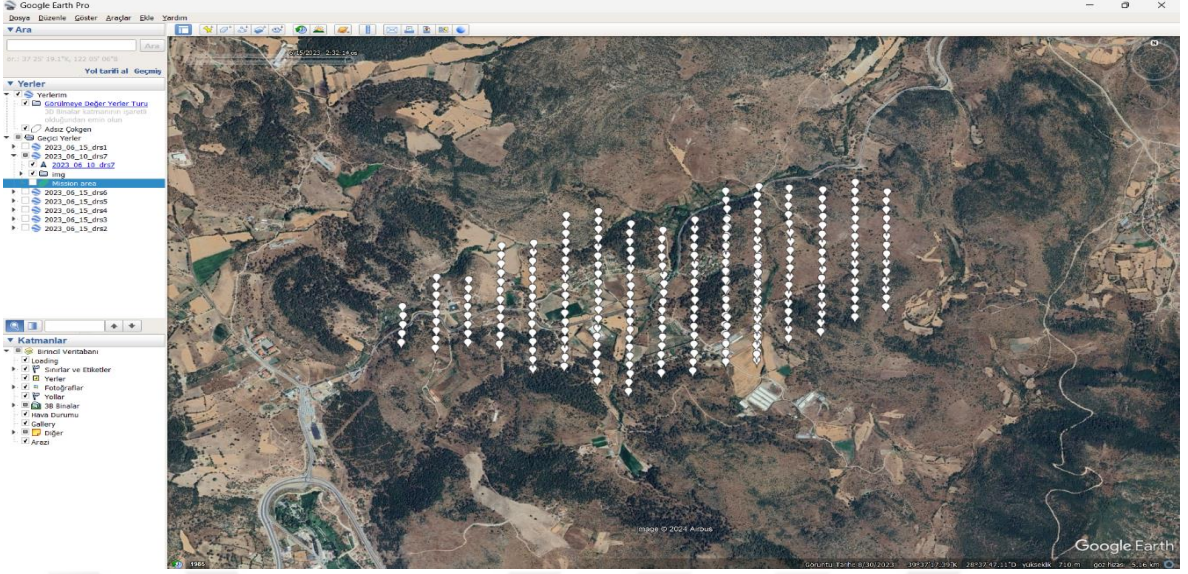
Görüntüler, Pix4d yazılımında işlenerek ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli elde edilmiştir. Elde edilen veriler ile ArcGIS yazılımının Area Solar Radiation modülünde değerlendirilmiştir. Tüm işlem akışlarında AMD Ryzen 9 3900 XT işlemci, 128 GB RAM, NVIDIA GeForce RTX 3080 ekran kartlı bilgisayar kullanılmıştır.



Şekil 7. Çalışmada kullanılan Sensefly eBeeX model İHA

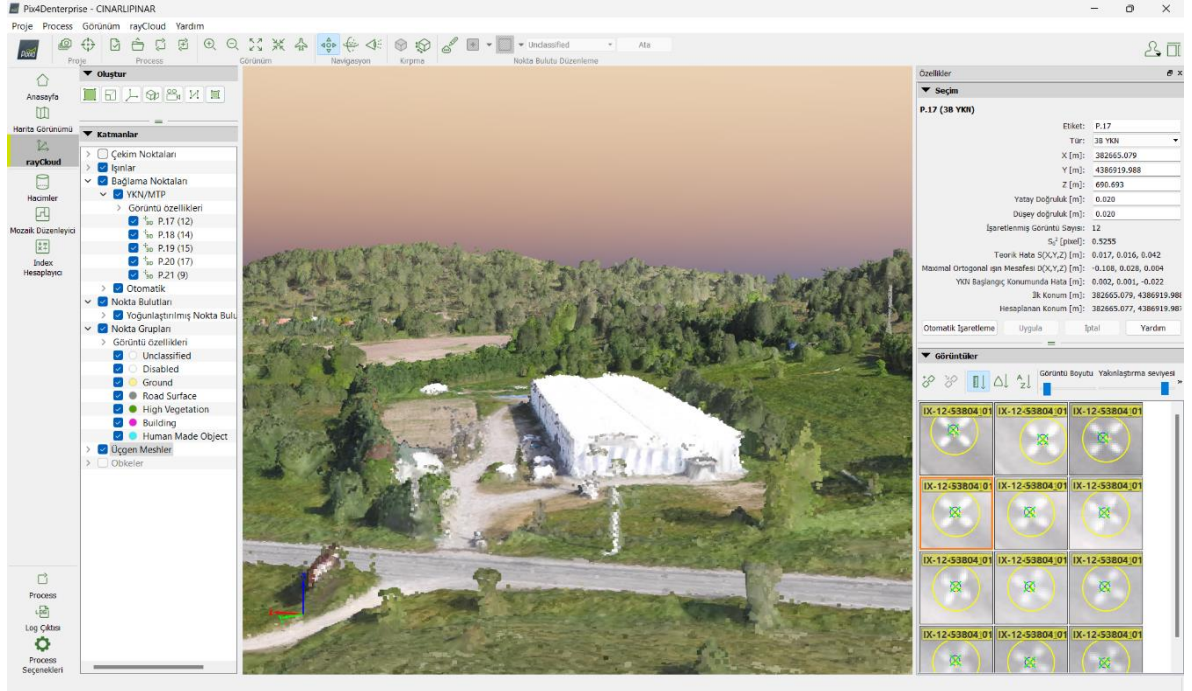
3.3. Yöntem

Görüntü alımı için 20 megapixel çözünürlüklü S.O.D.A model kamera kullanılmış olup toplamda 16 şeritte uçulmuştur. Arazi çalışması sonrası elde edilen 277 adet görüntü Pix4d yazılımında değerlendirilmiştir (Şekil 7).

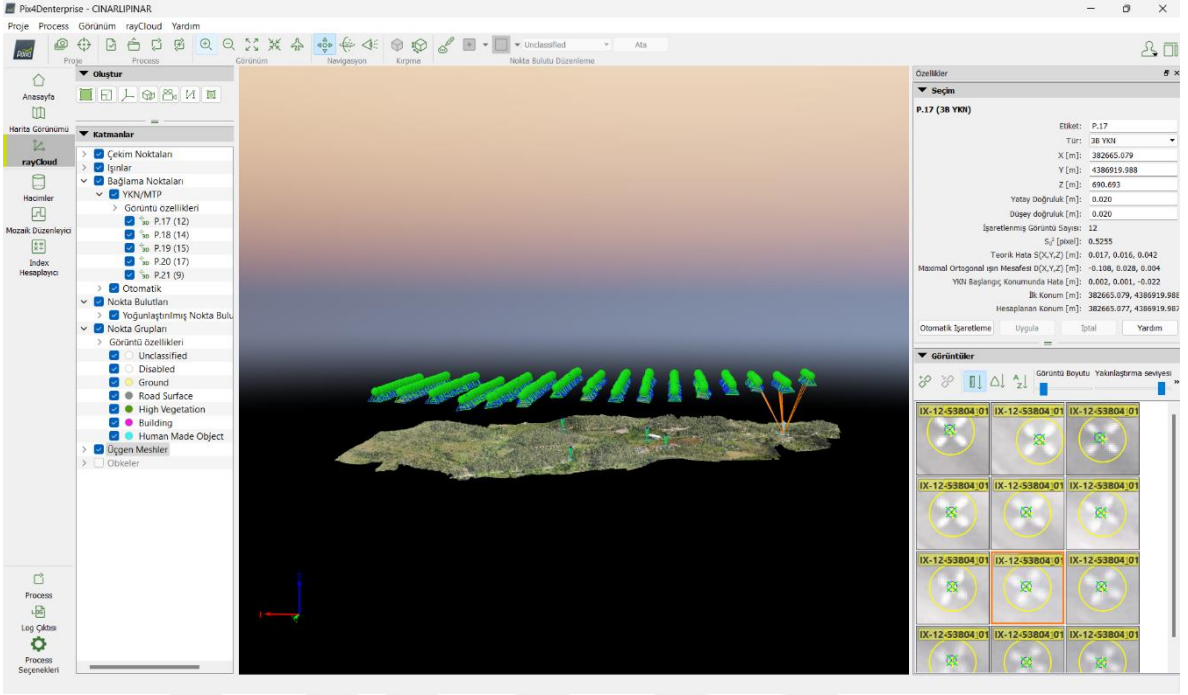


Şekil 8. Görüntü elde edilen noktalar

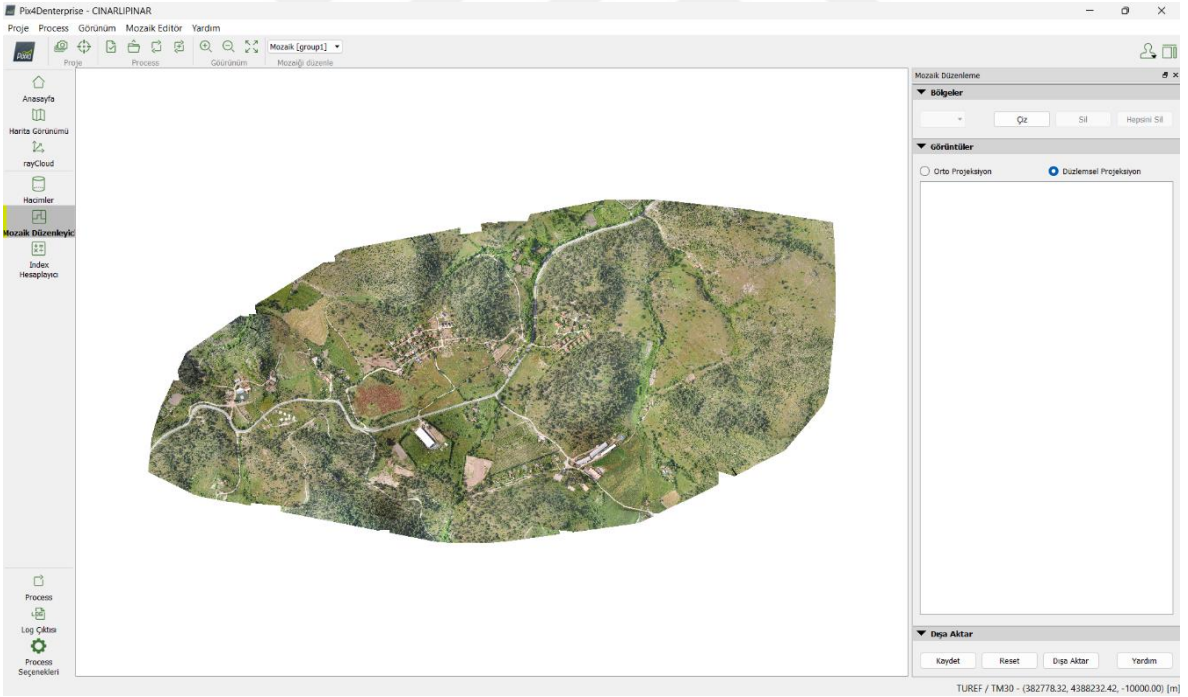
Değerlendirme aşamasında sırası ile Pix4d yazılımı üzerinden üçgen modelin oluşturulmuş ve yer kontrol noktalarının (YKN) koordinatları ve konumları sistemde tanımlanmış ve sonrasında çalışma alanının ortofotosu ve sayısal yüzey modeli üretilmiştir (Şekil 8, Şekil 9, Şekil 10 ve Şekil 11).



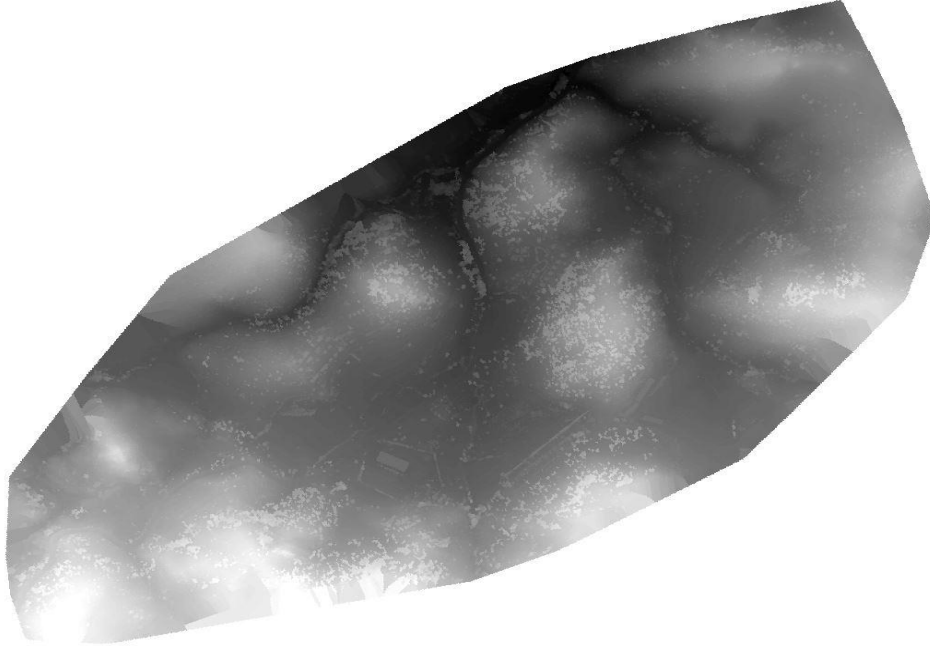
Şekil 9. Üçgen modelin oluşturulması



Şekil 10. YKN'lerin işlenmesi



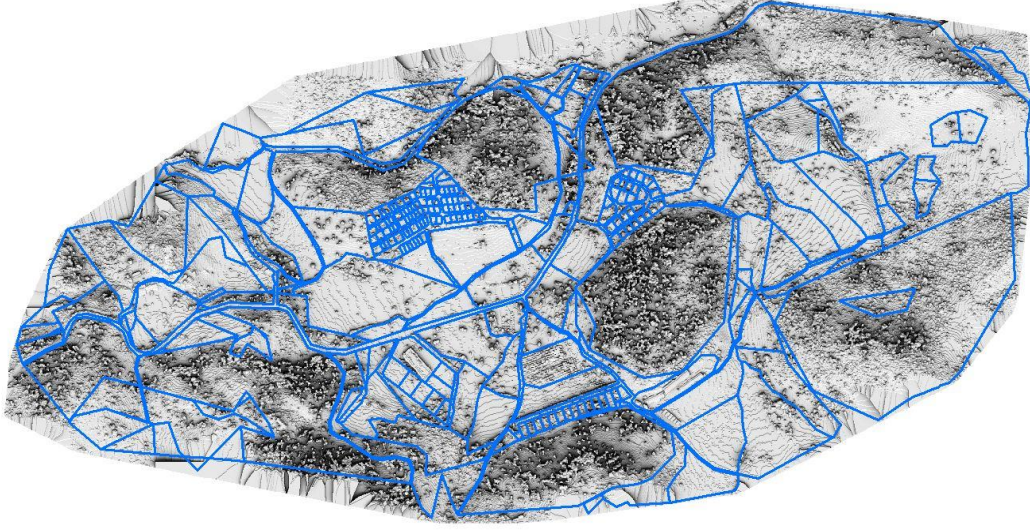
Şekil 11. Ortofotonun elde edilmesi



Şekil 12. Elde edilen sayısal yüzey modeli

Sayısal yükseklik modelinin elde edilmesinden sonra model ArcGIS programı üzerinde Area Solar Radiation modülü ile Solar Radyasyon haritası elde edilmiştir. Çalışma alanının kadastral verileri ITRF96 koordinat sisteminde elde edilmiş ve tanımlanan koordinat sisteminde kullanılabilmesi için gerekli dönüşümler ile aktarımı gerçekleştirilmiştir. Kadastral veriler de ArcGIS programı üzerinde kullanılacak şekilde düzenlendikten sonra elde edilen solar radyasyon haritası ve kadastral parseller çakıştırılmıştır (Şekil 12).

ArcGIS solar radyasyon analiz araçları, yarım küre görünümlü algoritma yöntemlerine dayanarak bir manzara boyunca veya belirli konumlar için güneş ışınımını hesaplamaktadır. Belirli bir konum veya alan için hesaplanan toplam radyasyon miktarı küresel radyasyon olarak verilmektedir. Doğrudan, dağınık ve küresel güneşlenme hesaplaması her bir özellik konumu veya topografik yüzeydeki her bir konum için tekrarlanarak tüm coğrafi alan için güneşlenme haritaları üretilmektedir (ArcGIS, 2024).



Şekil 13. Solar radyasyon haritası ve kadastral veriler

Sonuç olarak Zonal Statistics as Table modülü ile her bir parselin ortalama solar radyasyon değeri hesaplanmıştır (Şekil 13).

| Rowid | AD | ZONE-CODE | COUNT | AREA | MIN | MAX | RANGE | MEAN | STD | SUM |
|-------|---------|-----------|--------|--------|---------------|-------------|----------------|----------------|---------------|--------------------|
| 1 | 57/6 | 1 | 12423 | 12423 | 132319.21875 | 1472364.25 | 1340045.03125 | 1203279.075481 | 199380.503105 | 14948335954.703125 |
| 2 | 57/7 | 2 | 5615 | 5615 | 126478.453125 | 1471234 | 1344755.546875 | 1202992.514389 | 182516.072052 | 6754802968.296875 |
| 3 | 57/8 | 3 | 4416 | 4416 | 362724.28125 | 1450380.75 | 1087656.46875 | 1220518.256517 | 122243.699841 | 5389808620.78125 |
| 4 | 57/54 | 4 | 12328 | 12328 | 16247.639648 | 1464898.5 | 1448650.860352 | 1059266.857713 | 274373.349001 | 13058641821.887695 |
| 5 | 57/55 | 5 | 173 | 173 | 288071.4375 | 1290181.25 | 1002109.8125 | 936455.959176 | 163698.996576 | 162006880.9375 |
| 6 | 57/56 | 6 | 4332 | 4332 | 68930.039063 | 1442174.625 | 1373244.585938 | 1054095.019216 | 277546.458815 | 4566339623.242188 |
| 7 | 57/58 | 7 | 6584 | 6584 | 58392.855469 | 1475205.625 | 1416812.769531 | 1011584.70641 | 295434.20301 | 6660273707.003906 |
| 8 | 57/69 | 8 | 4115 | 4115 | 610389.8125 | 1464492.75 | 854102.9375 | 1276629.580574 | 93196.963581 | 5253330724.0625 |
| 9 | 57/84 | 9 | 63 | 63 | 500522.125 | 1293798.375 | 793276.25 | 1084329.660714 | 200202.600748 | 68312768.625 |
| 10 | 57/85 | 10 | 351 | 351 | 330850.84375 | 1448534.25 | 1117683.40625 | 1112946.357639 | 222923.006027 | 390644171.53125 |
| 11 | 57/86 | 11 | 27340 | 27340 | 14604.290039 | 1473542.375 | 1458938.084961 | 1118304.956706 | 254753.344355 | 30574457516.34668 |
| 12 | 240/5 | 12 | 14086 | 14086 | 253339.234375 | 1461189.25 | 1207850.015625 | 1208928.616939 | 163396.442744 | 17028968498.203125 |
| 13 | 240/61 | 13 | 1163 | 1163 | 393823.5 | 1462728.25 | 1068904.75 | 1237437.324242 | 152507.315628 | 1439139608.09375 |
| 14 | 240/67 | 14 | 441 | 441 | 26655.486328 | 1442062.875 | 1415407.388672 | 703043.634447 | 370332.102521 | 310042242.791016 |
| 15 | 240/68 | 15 | 13867 | 13867 | 152819.0625 | 1473120.375 | 1320301.3125 | 1123388.470774 | 218502.284429 | 15578027924.21875 |
| 16 | 240/104 | 16 | 1864 | 1864 | 7486.662109 | 1427298.375 | 1419811.712891 | 797890.982878 | 308907.974839 | 1487268792.084961 |
| 17 | 240/105 | 17 | 1162 | 1162 | 53085.171875 | 1454748 | 1401662.828125 | 873654.758767 | 278779.505576 | 1015186829.710938 |
| 18 | 759/1 | 18 | 7263 | 7263 | 75059.25 | 1446560.875 | 1371501.625 | 1035167.271239 | 268333.844251 | 7518419891.007813 |
| 19 | 240/116 | 19 | 331 | 331 | 121907.023438 | 1353525.875 | 1231618.851563 | 910852.398107 | 255526.401393 | 301492143.773438 |
| 20 | 240/117 | 20 | 796 | 796 | 93258.445313 | 1378068.5 | 1284810.054688 | 916751.218112 | 256003.753987 | 729733969.617188 |
| 21 | 240/118 | 21 | 797 | 797 | 104414.46875 | 1373815 | 1269400.53125 | 809275.035475 | 275467.58735 | 644992203.273438 |
| 22 | 240/119 | 22 | 797 | 797 | 214638.734375 | 1411055.5 | 1196416.765625 | 930896.51686 | 260973.021967 | 741924523.9375 |
| 23 | 240/120 | 23 | 796 | 796 | 148504.84375 | 1475585.75 | 1269080.90625 | 894599.602014 | 274649.453441 | 712387843.203125 |
| 24 | 240/121 | 24 | 795 | 795 | 140135.1875 | 1409445.375 | 1269310.1875 | 944888.840684 | 291895.079589 | 751186628.34375 |
| 25 | 240/122 | 25 | 796 | 796 | 168551.90625 | 1373009.5 | 1204457.59375 | 955408.176468 | 266123.704856 | 760504908.46875 |
| 26 | 240/123 | 26 | 797 | 797 | 167770.875 | 1412315.375 | 1244544.5 | 938733.504352 | 276133.136936 | 748170602.96875 |
| 27 | 240/124 | 27 | 798 | 798 | 185787.8125 | 1375183.25 | 1189395.4375 | 881939.828223 | 269351.974536 | 703787982.921875 |
| 28 | 240/125 | 28 | 794 | 794 | 151151.640625 | 1407257.75 | 1256106.109375 | 870976.523693 | 265512.470093 | 691555359.8125 |
| 29 | 240/126 | 29 | 795 | 795 | 53504.929688 | 1358140.625 | 1302635.695313 | 711763.384119 | 310260.392389 | 565851890.375 |
| 30 | 240/127 | 30 | 803 | 803 | 87649.421875 | 1444572 | 1356922.578125 | 730602.387891 | 357998.760256 | 586673717.476563 |
| 31 | 240/128 | 31 | 811 | 811 | 93300.125 | 1410132.125 | 1316832 | 825305.705533 | 288429.65059 | 669322927.1875 |
| 32 | 240/129 | 32 | 825 | 825 | 244578.015625 | 1346133.25 | 1101555.234375 | 995098.423598 | 214276.827817 | 820956199.46875 |
| 33 | 240/130 | 33 | 636 | 636 | 171466.375 | 1446780.375 | 1275314 | 941903.694625 | 305971.358115 | 599050749.78125 |
| 34 | 240/131 | 34 | 748 | 748 | 326734.59375 | 1416006.625 | 1089272.03125 | 1160738.58059 | 203709.895257 | 868232458.28125 |
| 35 | 256/3 | 35 | 195737 | 195737 | 1009.825012 | 1464246.625 | 1463236.799988 | 898386.509486 | 341201.570962 | 175847480207.30719 |

Şekil 14. Parsel bazlı ortalama solar radyasyon değerleri

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Bu çalışmada solar kadastro kullanımının getirdiği avantajlar ve kazanımlar; Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Planlanması, Taşınmaz Değeri, Tarımsal Verimlilik ve Agrivoltaikler, Komşuluk Sorunlarının ve Mahkemelerin İş Yükünün Azaltılması başlıkları altında irdelenmiştir.

4.1. Yenilenebilir Enerji Üretimi ve Planlanması Yönüyle Değerlendirme

Solar Kadastro özetle taşınmazların solar radyasyon değerlerinin belirlenmesi işlem adımlarını içermektedir. Her bir parselin solar radyasyon değerini ve dolayısıyla söz konusu parselden elde edilebilecek günlük, aylık, yıllık elektrik enerjisini hesaplayabilmek enerji üretimi ve planlaması için oldukça kritiktir. Solar Kadastronun enerji üretimi ve planlanmasına etkileri özetle şöyle sıralanabilir:

a) Optimal Konumlandırma: Solar Kadastro PV panellerin en verimli şekilde konumlandırılabilmesini sağlayarak enerji üretiminde verim artışı sağlayabilmektedir.

b) Enerji Planlaması: Solar Kadastro verileri bir taşınmazdaki veya bir bölgedeki solar enerji potansiyelini değerlendirmek için kullanılarak enerji talebinin daha sağlıklı karşılanması ve sürdürülebilirlik projelerinin yürütülmesi için önemli bir yere sahiptir.

c) Sürdürülebilir Kalkınma: Ülkemizde enerjinin önemli bir bölümü dışa bağımlı durumdadır. Dışa bağımlı bir tüketim kaleminin de sürdürülebilirliğinden söz etmek mümkün değildir. Solar Kadastro sürdürülebilir enerji kaynağı olan solar enerjinin kullanımını kolaylaştırıp teşvik ederek dışa bağımlılığın azaltılmasına, vatandaşların da üretime dahil edilerek daha ucuza elektrik üretiminin sağlanmasına, çevresel etkilerin en aza indirilmesine ve böylece daha sürdürülebilir bir kalkınmaya yardımcı olabilmektedir.

d) Altyapı Yatırımları ve Ekonomik Katkı: Solar kadastro verileri enerji altyapısının etkili bir şekilde kurulmasına, yeşil enerji altyapısının geliştirilmesine ve istihdam sağlayarak yerel ekonomiye katkı sağlayıp ekonomik faydaların üst düzeye çıkarılması konularında da önemli bir noktaya sahiptir.

4.2. Taşınmaz Değeri Yönüyle Değerlendirme

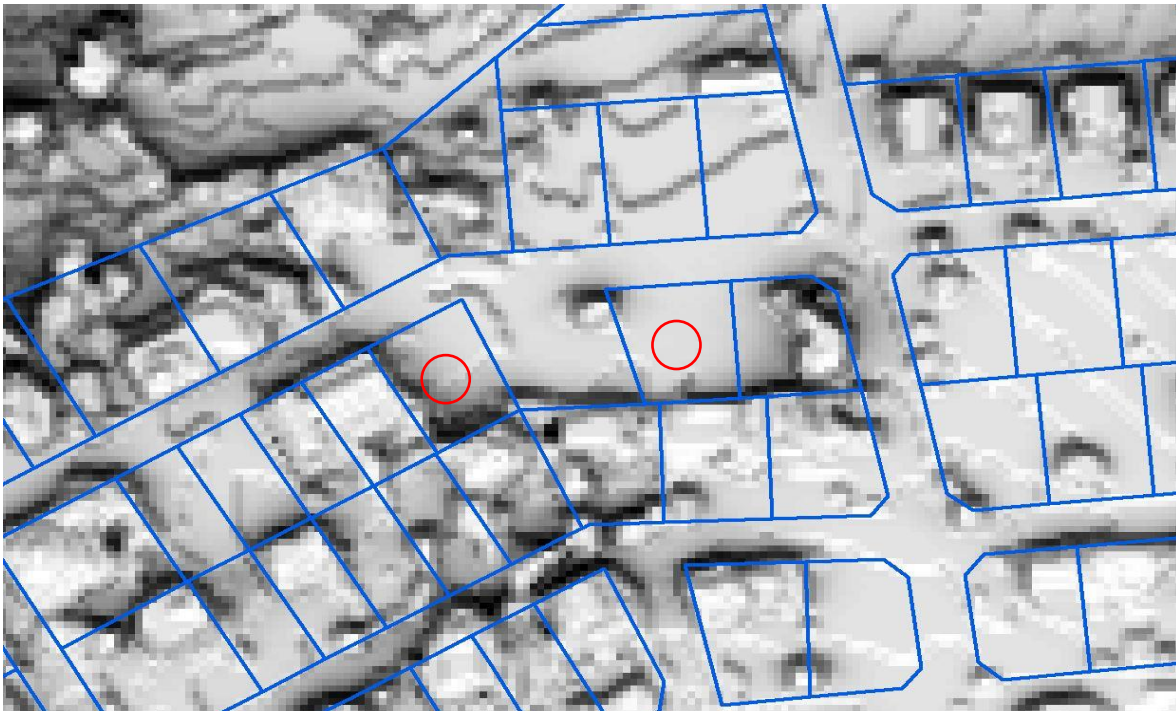
En kısa anlamıyla taşınmaz değerlemesi; taşınmazın değerine olumlu ya da olumsuz olarak etki eden faktörler göz önünde bulundurularak taşınmazın değerinin belirlenmesi işlemidir. Taşınmazın değerine etki eden; yolunun bulunup bulunmaması, su kaynağına, yerleşim yerine ve sosyal donatılara uzaklığı gibi birçok faktör bulunmaktadır. Bu faktörlerden bir tanesi de şüphesiz taşınmazın güneşlenme durumudur. Şehir merkezlerinde şehrin ve dolayısıyla konutun bulunduğu enlem itibariyle taşınmazın bakı ve güneşlenme durumu taşınmaz değerine pozitif ya da negatif etki edebilmektedir. Örneğin; Marmara bölgesinde daha çok güney cepheli konutlar tercih edilse de güney bölgelere inildikçe kuzey cepheli konutlar tercih sebebi olabilmektedir. Fakat tarla, bağ, bahçe, bağ evi gibi taşınmazlarda çoğunlukla taşınmazın solar potansiyeli arttıkça taşınmaza değer yönüyle olumlu etkisi olmaktadır. Fakat çoğu zaman diğer faktörler kadar kolay anlaşılabilir ve hesaplanabilir olmadığından değer hesaplamalarında ve taşınmazlar arası yapılan kıyaslamalarda göz ardı edilmektedir. Halbuki birbirine çok yakın mesafede bulunan benzer taşınmazlar arasında bile eğim, bakı, çevresel engeller gibi etkenler dolayısıyla solar enerji kapasitesi anlamında büyük farklılıklar bulunmaktadır.

Örnekler üzerinden incelemek gerekirse; çalışma bölgesinde 754 Ada 6 ve 7 numaralı parseller (Şekil 15 ve Şekil 16) incelendiğinde aralarında 20 metre mesafe bulunan birbirine oldukça yakın iki parseldir. Fakat hesaplanan değerler incelendiğinde; 754 ada 6 numaralı parselin solar radyasyon değeri 894.47 KWh/m² iken 754 ada 7 numaralı parselin solar radyasyon değeri 1152.80 KWh/m² olduğu görülmektedir. İki taşınmazın solar potansiyelleri arasında yaklaşık yüzde otuz fark bulunmaktadır. Aradaki 258.33 KWh/m² lik fark ve günümüz koşullarında ortalama bir solar panelin yüzde 20 verimlilikle çalıştığı düşünüldüğünde iki parsel kıyaslandığında metrekare başına üretilebilecek yıllık elektrik enerjisi arasında yaklaşık 52 kW fark bulunmaktadır. Dört kişilik bir ailenin günlük tüketimi 8 kWh kabul edildiğinde bir evin yıllık ortalama elektrik tüketimi 2.920 kWh olarak hesaplanmaktadır (ŞAHİN, Z. R.vd., 2022). 754 ada 6 numaralı parsel için bir metrekare PV panelde yıllık ortalama üretilebilecek elektrik enerjisi 179 kWh olup yıllık ihtiyacı karşılamak için 17 adet PV panele ihtiyaç varken 754 ada 7 numaralı parsel için bir metrekare PV panelde yıllık ortalama üretilebilecek elektrik enerjisi 230 kWh olup yıllık ihtiyacı karşılamak için 13 adet PV panele ihtiyaç vardır.

Görüleceği üzere 754 ada 7 numaralı parsel eşit enerji ihtiyacında daha düşük yatırım gereksinimi ve eşit sayıda panel üzerinden değerlendirildiğinde %30 daha fazla enerji üretebilme potansiyeli nedenleriyle 6 numaralı parseli göre çok daha avantajlı konumdadır.

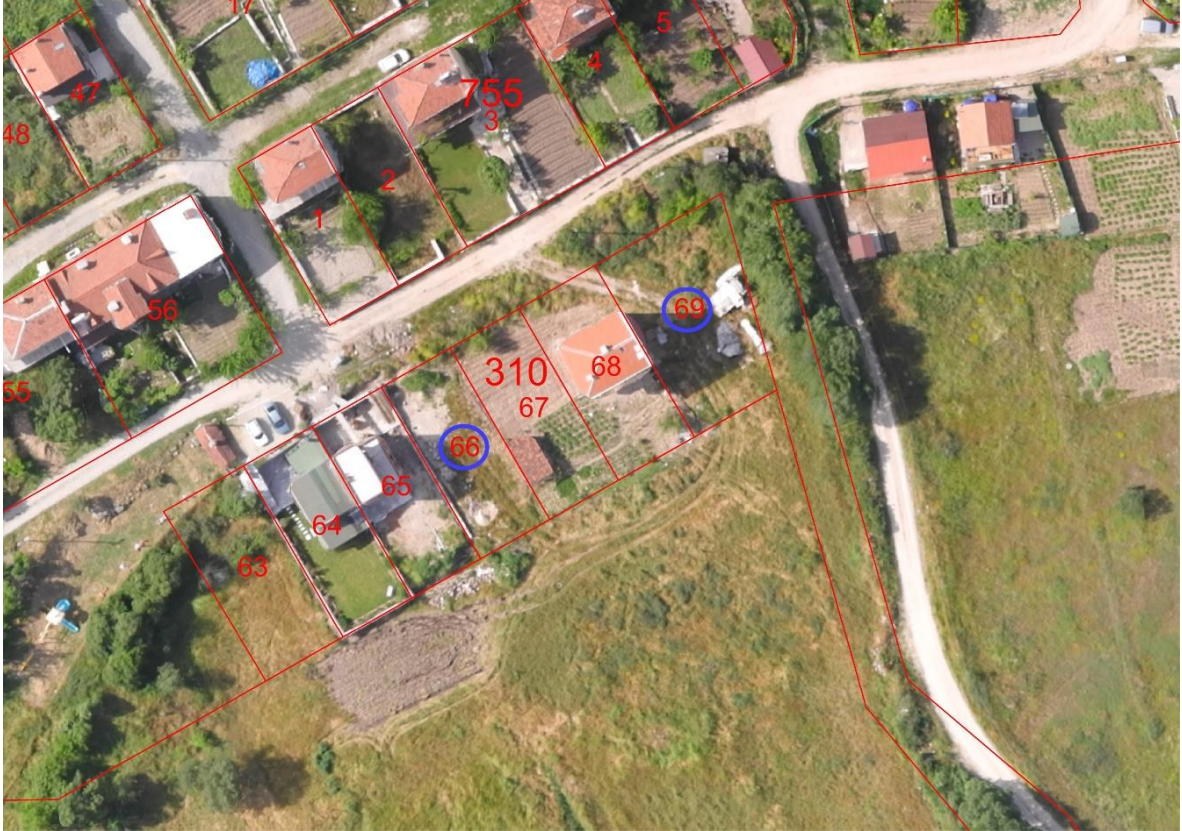


Şekil 15. 754 Ada 6 ve 7 numaralı parseller ortofotosu



Şekil 16. 754 Ada 6 ve 7 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası

Çalışma alanından çok sayıda örnek vermek mümkün olmakla birlikte dört adet örnek sunulmaktadır. Yine benzer şekilde birbirine konumsal olarak çok yakın durumda olan 310 ada 66 ve 69 numaralı parsellerden (Şekil 17 ve Şekil 18) 66 numaralı parselin solar radyasyon değeri 1220.69 KWh/m² iken 69 numaralı parselin değeri 1053.01 KWh/m²'dir. 310 ada 66 numaralı parselin enerji kapasitesi %16 daha fazladır.



Şekil 17. 310 Ada 66 ve 67 numaralı parsellerin ortofotosu

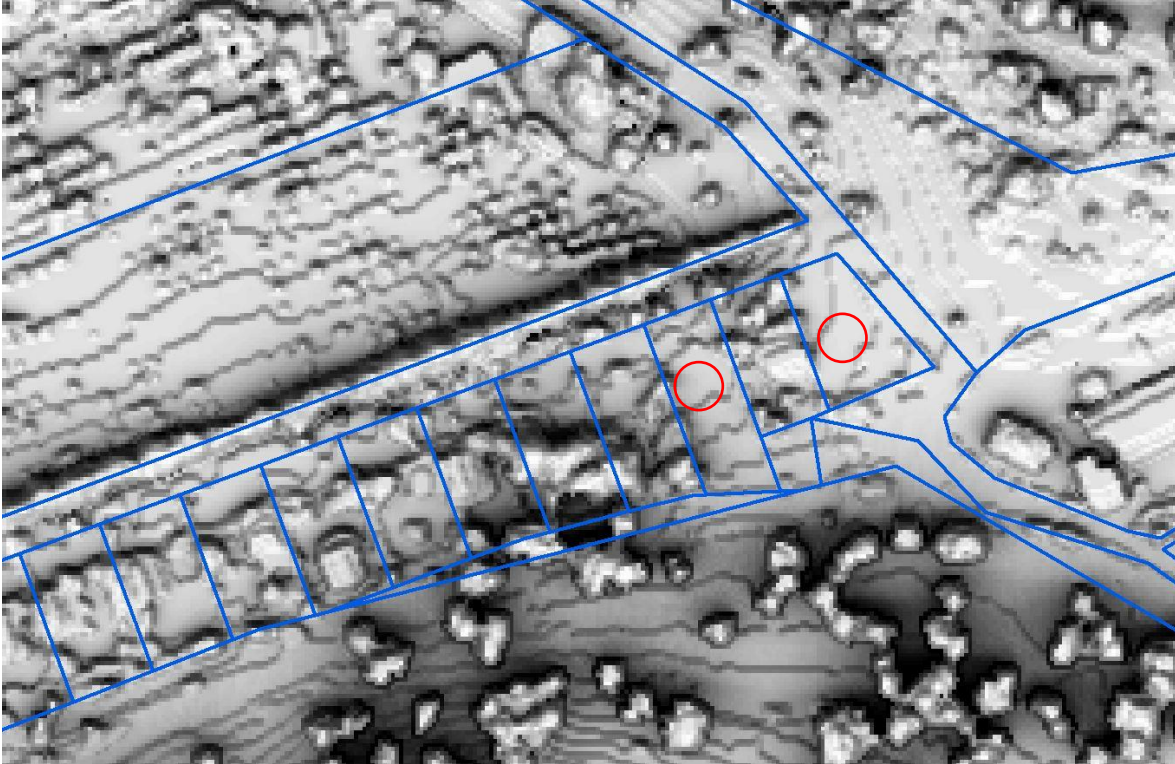


Şekil 18. 310 Ada 66 ve 67 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası

240 Ada 139 ve 131 numaralı parsellerden (Şekil 19 ve Şekil 20) 129 numaralı parselin solar radyasyon değeri 995.10 KWh/m^2 iken 131 numaralı parselin değeri 1160.74 KWh/m^2 olup 131 numaralı parsel üzerinde üretilebilecek elektrik enerjisi %17 daha fazladır.



Şekil 19. 240 Ada 129 ve 131 numaralı parsellerin ortofotosu

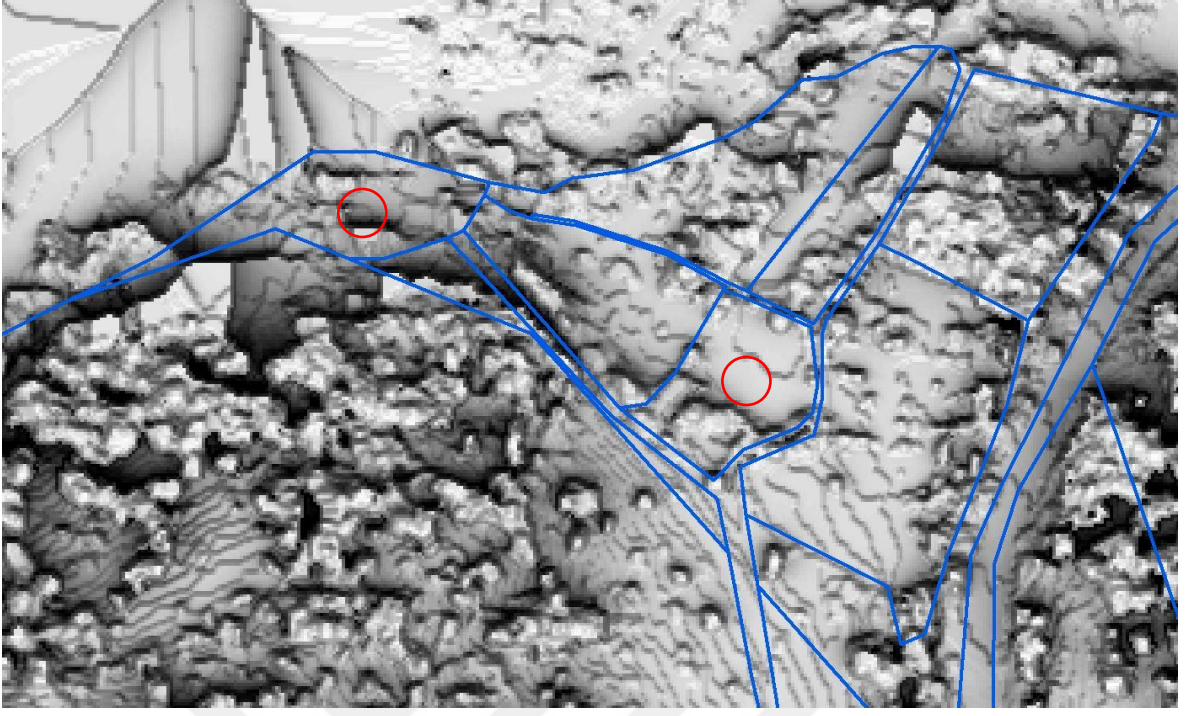


Şekil 20. 240 Ada 129 ve 131 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası

Tarımsal parseller üzerinden bir değerlendirme yapıldığında ise 310 ada 12 ve 15 numaralı parseller (Şekil 21 ve Şekil 22) incelendiğinde 12 numaralı parselin solar radyasyon değeri 838.00 KWh/m² iken 15 numaralı parselin değeri 1017.26 KWh/m² olup 15 numaralı parsel üzerinde üretilebilecek elektrik enerjisi %21 daha fazladır. Ayrıca eşit şartlarda bakımları yapıldığı varsayıldığında birçok tarımsal ürün güneşlenmenin daha iyi olduğu 15 numaralı parsel üzerinde 12 numaralı parselde göre daha verimli olacaktır.



Şekil 21. 310 Ada 12 ve 15 numaralı parsellerin ortofotosu



Şekil 22. 310 Ada 12 ve 15 numaralı parsellerin solar radyasyon haritası

Yukarıdaki örneklerde de açıklandığı üzere hem yerleşim alanlarında hem de tarımsal arazilerde birbirine çok yakın parsellerin dahi solar kapasiteleri ciddi anlamda farklılık gösterebilmektedir. Hem tarımsal verimin artırılması hem de PV paneller vasıtasıyla elektrik üretimi konularında solar kadastronun önemi günden güne artmaktadır. Günümüzde taşınmaz değerlendirme çalışmalarında değerlendirme raporlarında taşınmazın 5627 Sayılı Kanuna göre düzenlenen enerji kimlik bilgileri de sunulmaya başlamıştır. Taşınmaz değerlendirme raporlarına güneş enerjisi potansiyeli analizi, çatı ve arazi uygunluk değerlendirmesi, enerji üretim tahminleri, maliyet ve geri dönüş analizi gibi unsurlar eklenmelidir. Solar kadastro ile parsellerin solar radyasyon kapasitelerinin tespit edilerek sunulması ve taşınmaz değer hesaplamalarında değere etki eden faktörler arasına dahil edilmesi ile daha sağlıklı bir taşınmaz değerlemesi mümkün olacaktır.

4.3. Tarımsal Verimlilik ve Agrivoltaikler Yönüyle Değerlendirme

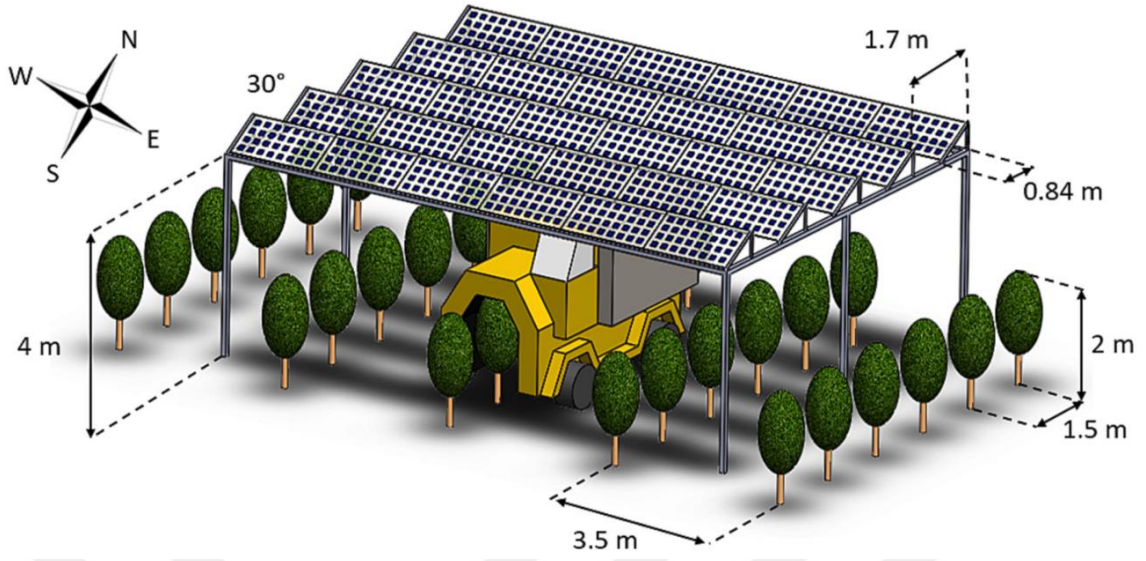
Sürdürülebilir tarımın teşviki, sürekli artan küresel nüfusun gıda talebini karşılamak üzere gıda güvenliğinin sağlanması için Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen öncelikli kalkınma hedeflerinden biridir. Birleşmiş Milletlerin tarım sektörünün önemi

vurgusuna paralel olarak; tarımsal ürünlere değer katan ve makine ve sulama için enerji taleplerini karşılayan, bir diğer ifade ile sürdürülebilir tarım için çok önemli roller oynayan teknolojik gelişmeler kaydedilmiştir. Bu gelişmeler arasında iyileştirilmiş yetiştirme uygulamaları, tarımsal ürünler için işleme üniteleri ve güneş enerjisine dayalı makine ve sulama sistemlerinin işletilmesi yer almaktadır. Ayrıca, karbon ayak izini azaltan yeni teknolojilerin ve akıllı iklim çözümlerin (smart climate solutions) ortaya çıkması, sürekli artan yakıt maliyetlerini ve değişen iklim ihtiyaçlarını önemli ölçüde ele almıştır. PV tabanlı güneş enerjili sulama pompaları, tarım makineleri, güneş enerjili seralar, tarımsal ürünlerin kurutulması için kullanılan güneş kurutucuları bunun tipik birer örneğidir. Tarımda fotovoltaiik kullanımının yakın gelecekte önemli bir katkı sağlaması beklenmektedir ve bu da potansiyel faydalar ve verimli kullanım için acil planlama gerektirmektedir. Bu nedenle, "agrivoltaikler" tarım ve tarımsal sanayinin gelişmesi için elzem olacaktır (Tariq, G. H vd.,2021).

Mahsul fotosentezini, bitki organlarının oluşumunu ve gelişimini ve mahsul verimini yönlendiren Solar radyasyon; potansiyel mahsul verimliliğinin birincil belirleyicisidir (Yang, Y. vd.,2019). Sıcaklık, solar radyasyon ve yağış gibi iklim faktörleri mahsul verimini etkilemektedir (Ahmed, M. vd.,2011).

Anılan kaynaklarda da belirtildiği üzere solar radyasyon; tarımsal araç gereçlerde kullanımının yanı sıra bitkilerin büyüüp gelişmesi, verimliliklerinin artması, besleyicilikleri ve hastalıklara karşı dirençleri ile de doğrudan ilgilidir. Solar kadastronun tarımsal ürün planlamasına entegrasyonu ile çiftçilerin ürün verimliliğini arttırmak, maliyetleri düşürmek ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını teşvik ederek daha sağlıklı kararlar almasını sağlamak daha mümkün olacaktır.

Solar enerjinin bitki verimliliği ve tarımsal araç gereçler üzerinde kullanılmasının yanında en önemli kullanım alanlarından bir tanesi de agrivoltaiklerdir. Agrivoltaik sistemler arazi kullanım verimliliğini arttırmak için solar elektrik enerjisi üretimi ve tarımın bir arada uygulanmasıdır (Şekil 23).



Şekil 23. Agrivoltaik sistem örneği (Fernández-Solas vd., 2023)

Agrivoltaiklerin faydaları kısaca şunlardır;

a) Verimli Arazi Kullanımı ve Sürdürülebilirlik: Günden güne artan nüfusa rağmen üzerinde yaşadığımız yeryüzünün alanı sabit ve sınırlıdır. Agrivoltaikler ile tarım alanları ile enerji üretiminin birlikte yürütülmesi sağlanarak enerji üretimi için kullanılan alanların genişletilmesine ve tarım alanlarının daralmasına engel olunarak sürdürülebilir bir enerji ve tarımsal üretim imkanı sağlanmaktadır.

b) Su Tasarrufu ve Tarımsal Verim Artışı: Tarımsal üretimin en önemli sorunlarından biri de su ihtiyacı ve kuraklık tehlikesidir. Agrivoltaik sistemler ile özellikle kurak bölgelerde paneller altındaki toprak kısmen gölgelenerek su buharlaşmasının azaltılması, su tasarrufu ve ürünlerin dolu, şiddetli yağış ve rüzgardan korunması mümkün olmaktadır. Özellikle yarı gölge ortama uygun tarımsal ürünler ile birlikte kullanıldığında ciddi oranda verim artışı sağlanabilmektedir.

c) Enerji Üretimi ve Gelir Artışı: Tarımsal üretimin yanı sıra elektrik enerjisinin de üretilerek hem girdi maliyetlerin azaltılması hem de üretilen elektrik enerjisi satılarak gelir artışına olanak tanır.

d) İklim Değişikliğinin Önlenmesine Katkı: Yenilenebilir enerji üretimini destekleyerek karbon salınımının azaltılmasına ve iklim değişikliğiyle mücadelede katkı sağlar.

Örneğin Amerika New York eyaletinde mevcut solar enerji kapasitesinin %40'ı tarım arazilerinde geliştirilmiştir ve gelecekteki solar enerji tesisi gelişimi için uygun olarak belirlenen arazilerin %84'ü (~140GW) tarımsaldır. Tarım dışı arazilerdeki solar enerji potansiyeli 22.5GW'tır ve New York eyaletinin 2030'daki %70 yenilenebilir elektrik hedefine ulaşması için gerekli olacağı tahmin edilen solar enerji kapasitesi olan 21.6GW'lık gelişimi karşılamak için yeterlidir. Dolayısıyla, tarım arazileri gelecekteki solar enerji gelişimi için birincil hedef olacaktır (Katkar vd., 2021).



Şekil 24. Yükseltilmiş PV paneller ile oluşturulmuş bir agrivoltaik sistem örneği (Infobuildenergia, 2024)

Agrioltaik sistemlerin geliştirilmesinin ikili bir etkisi vardır. Bunlardan biri, fotovoltaik sistemlerin tarım veya hayvancılık faaliyetleri için işlevsel olduğu, çiftçilerin enerji tüketimini optimize ettiği, fosil yakıtlı olmayan araç ve makinelere geçişi desteklediği ve tarımı çevresel etkileri açısından daha sürdürülebilir, daha karlı ve rekabetçi hale getirdiği tarım sektörü üzerindedir. Diğer etki ise enerji sektörü üzerinde

olup, birincil kullanım alanı olan gıda üretiminde toprak kaynağının korunmasını sağlarken, toplum için büyük miktarlarda ve düşük maliyetle yenilenebilir enerji üretme ihtiyacını ele almaktadır.

Yine özellikle mera alanlarında yükseltilmiş PV panellerin kullanımı ile hem tarım-hayvancılık faaliyetlerinin yürütülmesi hem de bu alanlarda elektrik enerjisi üretilmesi mümkündür. Agrivoltaik sistemlerin kurulması, terk edilmiş arazilerin geri kazanılması, kırsal faaliyetlerin desteklenmesi ve agrivoltaik sistemlerle bir arada var olabilen tarımsal ürünlerin canlandırılması için ekonomik bir destek haline gelebilir (Şekil 24).

Solar kadastro ile agrivoltaik potansiyelin güvenilir bir analizini sağlayabilen, arazilerin uygunluğunu mekansal olarak belirleyebilen, tarımsal ürünün ihtiyaç duyduğu solar enerji miktarına göre en uygun arazi ile eşleştirilmesini sağlayabilen bir aracın geliştirilmesi mümkün olabilecektir.

4.4. Komşuluk Sorunlarının ve Mahkemelerin İş Yükünün Azaltılması Yönüyle Değerlendirme

Solar enerjinin öneminin günden güne artmasıyla birlikte komşu parseller arasında bu konuda yaşanabilecek sorunların ihtimali de artmaktadır. Komşu iki parselden biri üzerinde bulunan yapının veya bitkilerin diğer parsel üzerine yapmış olduğu gölgeleme etkisi nedeniyle parsel malikleri arasında sorunlar yaşanmakta ve bu sorunlar nedeniyle dava yoluna gidilmektedir. İmar ve yapı izinlerindeki planlama eksikliği gereksiz hukuki yoğunluğa sebebiyet vermektedir.

Solar kadastro, bir bölgedeki güneş enerjisi potansiyelini belirlemek için kullanılan bir araçtır. Bu, güneş enerjisi sistemlerinin kurulması için en uygun alanları tanımlamak için kullanılırken, aynı zamanda komşu arazilerin kullanımını da dikkate alır. Doğru bir şekilde uygulandığında, güneş panellerinin komşu mülkiyetler üzerinde olumsuz etkilerini azaltabilir. Güneş panellerinin kurulumuyla ilgili gölgeleme sorunları önceden tespit edilebilir ve komşu taşınmaz malikleri arasında anlaşmazlıkların önlenmesine yardımcı olabilir. Ayrıca, solar kadastro, güneş enerjisi sistemlerinin kurulumuyla ilgili yasal düzenlemeleri belirlemeye yardımcı olarak, kurulum sürecini daha şeffaf ve adil hale

getirebilir. Bu şekilde, solar kadastronun hayata geçirilmesi, güneş enerjisi projelerinin toplumda daha sorunsuz bir şekilde kabul edilmesine ve komşuluk ilişkilerinin korunmasına katkıda bulunabilir.

Planlamalar yapılırken ve yapı izinleri verilirken ilgili prosedürlerde bir an önce parsellerin solar potansiyellerinin de hesaba katılarak plan ve izin süreçlerinin buna göre düzenlenmesi gerekmektedir. Aksi halde günden güne artan sorunlar ve dava süreçleriyle karşı karşıya kalınması çok olasıdır. Solar kadastro tüm bu sorunlara ve davalara karşı önleyici bir yaklaşım sunmaktadır.



BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasının amacı, parsellerin güneş enerji potansiyellerini hesaplamak, bu potansiyelin avantajları ve getirilerini ortaya koymak, enerji ihtiyacının karşılanmasında güneş enerjisinin kullanımını değerlendirmek, tarımsal üretimle solar enerji ilişkisini (agrivoltaikler) incelemek ve solar enerji kadastro sununun uygulanabilirliğini araştırmaktır. Bu sayede yenilenebilir enerji çözümlerine katkıda bulunarak politika yapıcılar, enerji planlamacıları ve araştırmacılara sürdürülebilir bir enerji geleceği için uygun yollar konusunda rehberlik edilmesi hedeflenmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynakları içinde ilk akla gelen kaynak şüphesiz güneş enerjisidir. Güneşten gelen enerji saniyede yaklaşık 0.086 EJ ile dünya yüzeyine ulaşmaktadır ki bu da insanlığın ihtiyacından yaklaşık 600 EJ/yıl, bir diğer ifade ile 4500 kat daha fazladır. Bununla birlikte, nüfus artışı ve kullanım alışkanlıkları/zorunlulukları doğrultusunda artan enerji ihtiyacı; çevreci ve sürdürülebilir bir enerji planlanmasının ve üretiminin önemini her geçen gün katlayarak arttırmaktadır.

Taşınmazların sınırlarının arz ve harita üzerinde belirlenerek sahiplik durumlarının tespit edilmesi işine kadastro denilmektedir. Kadastro aracılığıyla elde edilen veriler, taşınmazlarla ilgili alınacak kararların temelini oluşturan en önemli unsurlardır. Etkili bir şekilde planlanmış ve işlevsel bir kadastro sistemi sayesinde, taşınmazların güneş enerji potansiyelleri de hesaplanarak kullanılabilir hale getirilebilir.

Solar kadastro, taşınmazların güneşlenme durumlarının belirlenmesinde önemli bir araçtır. Bu kadastro verileri, enerji üretimi ve planlaması için kritik bir rol oynamaktadır. Optimal konumlandırma, enerji planlaması, taşınmaz değerlendirme, tarımsal üretim, sürdürülebilir kalkınma ve altyapı yatırımları gibi alanlarda solar kadastro verilerinin kullanımı, daha etkili ve sürdürülebilir politikaların oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

Çalışmada sunulan örneklerde de görüldüğü üzere birbirlerine konumsal olarak oldukça yakın olmasına rağmen taşınmazların solar potansiyelleri arasında yüksek oranda farklar ortaya çıkabilmektedir. Bu farklar; taşınmaz değerlendirme, tarımsal üretim ve ürün seçimi ve diğer her türlü planlama araçları açısından ele alınmalıdır.

Tarımsal verimlilik açısından da solar enerjinin önemi büyüktür. Agrivoltaik sistemler, tarım alanlarında enerji üretimi ile tarımın bir arada uygulanmasını sağlamaktadır. Bu sistemler; verimli arazi kullanımı, su tasarrufu, enerji üretimi ve gelir artışı gibi birçok alanda fayda sağlayabilmektedir. Ayrıca, iklim değişikliğiyle mücadelede de önemli bir rol oynayabilmektedirler. Bu doğrultuda; tarımsal verimlilik artışı ve agrivoltaik sistemlerin geliştirilmesi için solar kadastro verilerinin tarımsal ürün planlamasına entegre edilmesi elzemdir.

Yapı izinleri ve planlamalar sırasında solar potansiyelin dikkate alınması, komşuluk sorunlarının önlenmesine yardımcı olacaktır. Solar kadastro ile önceden planlama yapılarak olası sorunların önüne geçilebilecek ve mahkemelerin bu anlamdaki iş yükü azaltılabilecektir. Solar enerjinin kullanımının avantajları hakkında yürütülecek toplumsal farkındalık ve eğitim programları da bu alandaki duyarlılığı artıracaktır.

5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Türkiye'de enerji kaynaklarının verimli kullanılmasını, enerji tüketiminin azaltılmasını ve yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygınlaştırılmasını hedefleyen temel düzenlemelerdir. Bu mevzuatlar, özellikle binalarda enerji performansının iyileştirilmesi, enerji kimlik belgesi alınması ve yenilenebilir enerji sistemlerinin kullanımının teşvik edilmesi gibi konuları kapsamaktadır.

Solar kadastro, 5627 Sayılı Kanun ve Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği ile doğrudan ilişkilidir çünkü bu mevzuatlar, binalarda ve diğer yapılarda güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik etmektedir. Solar kadastro verileri, binaların enerji performansını artırmak amacıyla güneş enerjisi sistemlerinin kurulumuna yönelik teknik altyapıyı sağlar. Özellikle Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

kapsamında, binaların enerji kimlik belgesi alırken yenilenebilir enerji kaynaklarından ne ölçüde yararlandığı değerlendirilir. Solar kadastro, bu süreçte güneş enerjisi potansiyelinin hesaplanması ve projelendirilmesi için gerekli verileri sunarak, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşılmasına katkıda bulunur. Dolayısıyla, solar kadastro, enerji verimliliği mevzuatının uygulanmasında önemli bir teknik destek ve planlama aracıdır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği çerçevesinde Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) belirlenerek bu alanlardaki taşınmazların tapu kayıtları üzerine şerh konulmaktadır. Bu yönetmeliğin temel amacı Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanımını sağlamak, büyük ölçekli yatırımları teşvik etmek, yerli üretimi desteklemek ve enerji arz güvenliğini artırmaktır. Yenilenebilir enerji kaynakları son yıllarda mevzuatımıza dahil olmaya başlamıştır. Solar kadastronun Türkiye'de hayata geçmesi için 3402 Sayılı Kadastro Kanunu, 3194 Sayılı İmar Kanunu gibi imar, tapu ve enerji mevzuatlarına yönelik ek düzenlemeler yapılmalıdır. “Solar Kadastro Yönetmeliği” çıkarılarak güneş enerjisi uygunluk haritalarının oluşturulması zorunlu hale getirilmelidir.

Solar kadastronun hayata geçirilebilmesi için hassas ve doğru üretilmiş sayısal yüzey modellerine olan ihtiyaç, veri elde etme ve değerlendirme anlamında meslek alanımızdaki bilgi ve birikimin önemini ortaya koymaktadır. Dünyadaki çalışmalara bakıldığında çoğunlukla LIDAR teknolojisinin kullanıldığı görülmektedir. Ülkemizde son yıllarda birçok kurum tarafından fotogrametrik çalışmalar yapılmaktadır. Özellikle TKGM tarafından sürekli olarak kadastro güncelleme çalışmaları esnasında fotogrametrik yöntemle büyük miktardaki arazilerin haritalandırılması yapılmaktadır. Tüm bu çalışmalar sırasında üretilen sayısal yüzey modelleri kullanılarak, öncelikle pilot bölgelerde olmak üzere, parsellerin solar radyasyon değerlerinin belirlenmesi ve üretilecek haritalar ile sunulması mümkündür.

Yapılan tez çalışmasının sonuçlarının; yenilenebilir enerji üretimi ve planlaması, tarımsal verimliliğin artırılması, komşuluk sorunlarının ve mahkemelerin iş yükünün

azaltılması gibi önemli konularda stratejik planlamalar yapılmasına ve politikalar oluşturulmasına katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Solar kadastro verilerinin daha geniş kapsamlı ve detaylı analizleri ile farklı sektörlerdeki uygulamalarının araştırılacağı çalışmalar için bir öncül niteliği oluşturmaktadır. Solar kadastro; sürdürülebilir bir geleceğe doğru atılan adımların temellerini güçlendirirken, tarım, enerji ve planlamada toplum yararına politikaların oluşturulması için önemli fırsatlar sunmaktadır.



KAYNAKÇA

- Ahmed, M., Hassan, F. U., Aslam, M. A., Akram, M. N. and Akmal, M. (2011). “Regression model for the study of sole and cumulative effect of temperature and solar radiation on wheat yield”. *African Journal of Biotechnology*, 10(45), 9114-9121.
- Bıçakçı, E., Balabanlı, C. ve Acar, E. (2023). “Tarım ve mera alanlarında rüzgâr ve güneş enerji sistemleri kurulması hakkında değerlendirmeler”. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(1), 700-712.
- Bieda, A. and Cienciála, A. (2021). “Towards a Renewable Energy Source Cadastre—A Review of Examples from around the World”. *Energies*, 14(23), 8095.
- Brito, M. C., Freitas, S., Guimarães, S., Catita, C. and Redweik, P. (2017). “The importance of facades for the solar PV potential of a Mediterranean city using LiDAR data”. *Renewable Energy*, 111, 85-94.
- Ceylan, S. (2022). Fotovoltaik Enerji Tahmini İçin Bina Çatı Düzlemi Çıkarımı. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale.
- Dandan, L. Quiang, C. (2020). “Discussion On The Application Of Uav Oblique Photography In The Registration Of Rural Housing And Real Estate Integration”, *2020 IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE)*. September 11-13, Beijing, China.
- Dos Santos, C. N. L. (2020). Agrivoltaic system: a possible synergy between agriculture and solar energy.
- Döner, F. (2021). “Analysis of literature on 3D cadastre”. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 6(2), 90-97.
- Energy Institute (2023, 13 Şubat). 2023 Regional Overview – access to energy and sustainability. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
- ESRI. (t.y.) How solar radiation is calculated. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/how-solar-radiation-is-calculated.htm>

- Fernández-Solas, Á., Fernández-Ocaña, A. M., Almonacid, F. and Fernández, E. F. (2023). “Potential of agrivoltaics systems into olive groves in the Mediterranean region”. *Applied Energy*, 352, 121988.
- Fu, P. and P. M. Rich. 2002. “A Geometric Solar Radiation Model with Applications in Agriculture and Forestry.” *Computers and Electronics in Agriculture* 37:25–35.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (t.y.). Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası. <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/>
- Gerçek, Y. (2018). Güneş enerji santralleri için CBS ile en uygun yer tayini: Malatya ili örneği. Yüksek lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Global Solar Atlas (2024, 18 Mart). Global Solar Atlas. <https://globalsolaratlas.info/map>
- Guo, X., Yang, Y., Liu, H., Liu, G., Liu, W., Wang, Y., Zhao, R., Ming, B., Xie, R., Wang, K., Li, S. and Hou, P. (2022). “Effects of Solar Radiation on Dry Matter Distribution and Root Morphology of High Yielding Maize Cultivars”. *Agriculture*, 12(2), 299.
- Hannover Solarkataster (2024, 18 Mart). Hannover Solarkataster. <https://hannit.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ae44d505b53a493cb3f1f5c36e310786>
- Infobuidenergia (2024, 18 Mart). Bologna Energy Park. <https://www.infobuidenergia.it/bologna-energy-park-agrivoltaico-foresta-urbana-biodiversita/>
- Kardashev, N. S. (1964). “Transmission of Information by Extraterrestrial Civilizations”. *Soviet Astronomy*, 8, 217.
- Katkar, V. V., Sward, J. A., Worsley, A. and Zhang, K. M. (2021). “Strategic land use analysis for solar energy development in New York State”. *Renewable Energy*, 173, 861-875.
- Królikowski, J. (2011). “Słoneczny kataster”. *Geodeta: magazyn geoinformacyjny*, (1), 8-12.

- Öz, Hasan. (2017). “Türkiye’de Örtü Altı Yetiştiricilik Potansiyelinin Solar Radyasyon ve Güneşlenme Süresi Parametrelerine Göre İncelenmesi”. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2), 509-513.
- Pearce, J. M. (2022). “Agrivoltaics in Ontario Canada: Promise and Policy”. *Sustainability*, 14(5), 3037.
- Proctor, K. W., Murthy, G. S. and Higgins, C. W. (2020). “Agrivoltaics align with green new deal goals while supporting investment in the US’rural economy”. *Sustainability*, 13(1), 137.
- Rich, P. M., R. Dubayah, W. A. Hetrick and S. C. Saving. 1994. “Using Viewshed Models to Calculate Intercepted Solar Radiation: Applications in Ecology”. *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing Technical Papers*, 524–529.
- Şahin, Gül. (2021). Enerji Kadastro. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Şahin, Z. R., Dinçer, F., ve Yılmaz, A. S. (2022). “4 Kişilik Bir Ailenin Elektrik Enerjisi İhtiyacı İçin Şebeke Bağlantılı Güneş Enerjisi Santrali Tasarımı Ve Simülasyonu”. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(Özel Sayı), 46-56.
- Tariq, G. H., Ashraf, M. and Hasnain, U. S. (2021). “Solar technology in agriculture”. *Technology in Agriculture*, 387.
- Taşova, M. (2018). “Türkiye'nin güneş enerjisi parametre değerleri ve güneş enerjisinden faydalanma olanakları”. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 7(3), 10-17.
- The London Solar Opportunities Map (2024, 18 Mart). The London Solar Opportunities Map. <https://maps.london.gov.uk/lom/>
- Trommsdorff, M., Dhal, I. S., Özdemir, Ö. E., Ketzer, D., Weinberger, N. and Rösch, C. (2022). “Agrivoltaics: solar power generation and food production”. *In Solar energy advancements in agriculture and food production systems*, 159-210. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89866-9.00012-2>.
- WEA (World Energy Assessment). (2000). United Nations Development Programme and World Energy Council.

Yang, Y., Xu, W., Hou, P., Liu, G., Liu, W., Wang, Y., Zhao, R., Ming, B., Xie, R., Wang, K. and Li, S. (2019). “Improving maize grain yield by matching maize growth and solar radiation”. *Scientific reports*, 9(1), 3635.

