

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: Photonic Intelligence

PROJE ADI: Silisyum Tabanlı Güneş Panelleri Sarf Malzemelerinin Kimyasal Yöntemlere Başvurmaksızın; Tamamen Mekaniksel Olarak Yüksek Verimle Geri Kazanımı

BAŞVURU ID: 411624

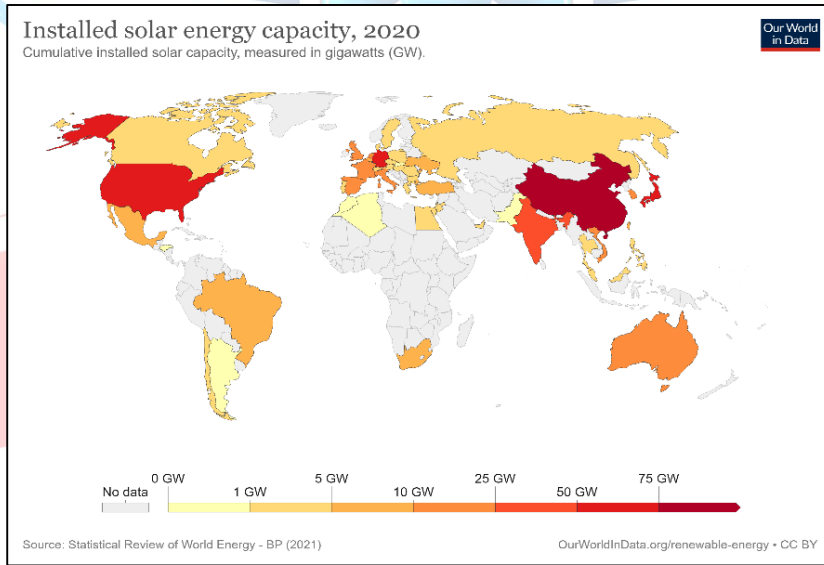
İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)	3
2. Problem/Sorun.....	4
3. Çözüm.....	5
4. Yöntem.....	6
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	7
6. Uygulanabilirlik.....	7
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	8
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar).....	8
9. Riskler.....	9
10. Kaynakça.....	9



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Fotovoltaik (PV) enerji üretimi geçtiğimiz son on yıl içerisinde; karbon emisyonunu azaltmak amacıyla yenilenebilir bir enerji formu olarak önemli ölçüde gelişim göstermiştir. (Louwen ve diğerleri, 2015). Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) verilerine göre; ülkemiz coğrafi konumu nedeniyle yüksek güneş enerjisi potansiyeline sahiptir ve 2020 yılı sonunda 6,667 MW güneş enerjisine dayalı kurulu güce ulaşılmıştır. Ülkemizin yanı sıra tüm Dünya’da gün geçtikçe yaygınlaşan Güneş enerjisi kullanımı geleceğin en önemli kaynakları arasında gösterilmekte ve bu alandaki yatırımlar her geçen gün artmaktadır. (Irena, 2019). Kurulu güç kapasitesinin artması; kullanım ömrünü tamamlamış Güneş hücresi modüllerinin de sayısının hızla artması anlamına gelmektedir. Bir güneş hücresinin kullanım ömrünün 25-30 yıl olduğu düşünüldüğünde; atıl durumdaki güneş paneli sayısı endişe yaratmaktadır. (Seo ve diğerleri, 2021). Dünya genelinde geri dönüşümü yapılmadığı takdirde 2050 yılının sonunda 60 milyon ton (Şekil 1.1.), ülkemizde ise 200 bin ton güneş paneli atığı olacağı tahmin edilmektedir ("Recycling: A Solar Panel's Life after Death", 2022). Ömrünü tamamlamış atıl durumdaki güneş panelleri iki şekilde çevreye zarar vermektedir. Bunlar; güneş panellerinin doğrudan doğayı kirleten toksik atıklar açığa çıkarması, diğeri ise güneş panellerinin geri dönüşümünde kullanılan mevcut kimyasal yöntemlerin sonucunda açığa çıkan toksik yan ürünlerdir ("Temiz Güneş Enerjisinin Pek Bilinmeyen Kirliliği", Yüksel Atakan", 2022, Seo, Kim ve Chong, 2021). Bu sorunlara getirdiğimiz çözüm ise bu tür yan ürün ortaya çıkarmayan; fotonik temelli ve mekaniksel bir yöntemin uygulanmasıdır.



Şekil 1.1 (2020 yılına ait Dünya üzerindeki kurulu güneş enerjisi gücü)

Ömrünü tamamlamış bir güneş panelinin alüminyum çerçevesi ve üzerindeki cam çıkarıldıktan sonra, hücre üzerinde bulunan Etilen-vinil asetat (EVA) lazer ile ışılandıktan sonra mekanik olarak soyularak geri dönüşüme kazandırılacaktır. Lazer kaynağı olarak; Gazi Üniversitesi Fotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi altyapısında bulunan 1064 nm dalga boyuna sahip cihaz kullanılacaktır. Numune temini için ise; güneş paneli üretici firmaları ile iletişime geçilerek; atıl durumda bulunan modüller talep edilecektir. Temin edilen ve geri dönüştürülmesi hedeflenen güneş panelleri; öncelikle mekanik olarak ayrılabilen komponentlerinden ayrıştırıldıktan sonra; EVA

maddesinin geri dönüşümü için ise lazer ile ışınlama işlemi uygulanarak yüksek verimle geri dönüşüme kazandırılacaktır. Detaylı işlem basamakları yöntem kısmında açıklanmıştır. Projemiz; yarınlara için öngörülen olası çevre sorunlarına çözüm getirmenin yanı sıra bunu başarırken de çevre ve insan sağlığını tehdit eden hiçbir unsur barındırmamaktadır. Potansiyel faydalanıcılar olarak ise ülkemizde sınırlı sayıda olan güneş paneli geri dönüşüm tesisleri, AR-GE merkezleri ve üretici firmalar hedeflenmektedir. Gazi Üni. Fotonik Bölümü öğrencileri olarak gün geçtikçe yaygınlaşan güneş panellerinin uzun vadede olası zararlarını ortadan kaldırmayı ve temiz çevre farkındalığı oluşturmayı nihai amaç olarak benimsemekteyiz.

2. Problem/Sorun:

Şekil 2.1'den de görüldüğü gibi kullanım ömrünün sonuna gelmiş silikon tabanlı fotovoltaik modüllerinin geri dönüştürülmesi için EVA kopolimerinin moleküler bağlarının çözülmesi son derece önemlidir (Dias, Dias ve Veit, 2018). Hâlihazırda kullanılan yöntemler, esas olarak EVA'yı geri dönüştüremeyen ve genellikle çevresel sorunlara neden olan kimyasal çözünmeye dayanmaktadır (Seo ve diğerleri, 2021). Projemizde ise panelin yüzeyinden EVA maddesinin %100'e yakını elde etmek ve tekrar kullanıma sunmak hedeflenmektedir. Yapılan literatür taramalarında bu boyutta bir çalışma örneği bulunmamış olup, patent de yoktur. Öncü, nitelikli ve tamamen yerli imkânlar ile yapılacak olan bu çalışma ile çevre ve enerji konusunda önemli bir sorun giderilecek, olası çevre kirliliği riskinin önüne geçilecektir. Güneş panelinin yapısını düşünüldüğünde; geri dönüşüme kazandırmada en elzem bileşenin EVA maddesi olduğu görülmektedir. Genel olarak; kullanım ömrünün sonuna gelmiş 1 ton silisyum tabanlı güneş paneli atığı yaklaşık olarak 41 kg EVA maddesi içermektedir. (Liu, Zhang, ve Wang, 2020). 2050 yılında PV panel atıklarının 78 milyon tona ulaşacağı tahmin edildiğinden (IRENA ve IEA-PVPS, 2016). en az 1,44 milyon ton geri dönüştürülebilir EVA maddesi söz konusudur. EVA maddesinin geri dönüşümünde sınırlı olarak uygulanan mevcut kimyasal yöntemler düşünüldüğünde; EVA maddesinin yapısı %67 oranında etilen ve %33 oranında vinil asetat olduğundan dolayı; 4 milyon ton karbondioksit salınımına sebep olacaktır. (Czanderna ve Pern, 1996).



Şekil 2.1 (Atıl durumdaki güneş panelleri)

Var olan çözümler; öncelikli olarak:

- Kimyasal yöntem oldukları için insan ve çevre sağlığına zarar vermesi
- Toksik yan ürünler açığa çıkarması

- Yüksek maliyet gerektirmesi
- Uygulanabilirliğinin yetersiz olması

açılarından yetersizdir. Gerekli olan iyileştirmelerin başında; kimyasal yöntemler yerine mekanik yöntemlerin geliştirilmesi gelmektedir. Ayrıca daha uygulanabilir ve maliyet açısından daha uygun; bu sayede geri dönüşüme teşvik edici yöntemlerin çalışılması elzemdir. Fotonik tabanlı bir yöntem geliştirerek; geri dönüşüm konusunda bu eksikliklerin giderilmesi hedeflenmektedir.

3. Çözüm

Gazi Üni. Fotonik Bölümü öğrencileri olarak; Silisyum tabanlı güneş panelleri sarf malzemelerinin kimyasal yöntemlere başvurmaksızın; tamamen mekaniksel olarak yüksek verimle geri kazanımı için bir yöntem uygulayarak; çevre duyarlılığı bilinci oluşturmayı hedeflemekteyiz. Bu proje başarılı olduğunda yarınlarımız için tehdit unsuru olarak görülen güneş paneli atıklarının problem olmasının önüne geçilecektir. Problemi çözme fikrimiz lazer ile yüzey ışılama işlemi yaparken; Lazerin EVA maddesini yüzeyden ayırıp ayıramayacağı düşüncesi üzerine şekillenmiştir. Ardından literatür taranmış; bu konuda yapılmış yerli bir çalışma bulunamamıştır. Ardından detaylı bir çalışma ile yol haritası belirlenmiş; gerekli hazırlıklar yapılmaya başlanmıştır. İlk olarak atıl durumda bir numune elde etmek için güneş paneli üretici firmaları ile iletişime geçilmiş ve numuneler temin edilmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 (Atıl durumdaki güneş paneli)

Silikon tabanlı güneş panelindeki Alüminyum çerçevesi mekanik araçlar yardımıyla çıkarılacak ve arka levha sökülmeden önce 300-500°C aralığında ısıtılacaktır. Isıtma işlemi fişek rezistans kullanılarak gerçekleştirilecektir. Bu işlem ile arka levhanın yapıştırılma gücünün önemli ölçüde azaltılması ve bağlarının zayıflatılması hedeflenmektedir. Arka levha çıkarıldıktan sonra, Lazer cihazının içinde işleme tutulacak olan panel numunesi hazırlanacaktır. Ardından EVA maddesi ile kaplı güneş hücresinin arka yüzeyine lazer ile ışılama işlemi uygulanacaktır. Bu işlem için Gazi Üni. Fotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi'nin alt yapısında bulunan; 1064 nanometre dalga boyuna sahip fiber optik lazer cihazı (Şekil 3.2) kullanılacaktır. Kullanılan farklı lazer güç parametreleri için yüzeyden geri dönüştürülen EVA maddeleri FTIR ve AFM gibi yapısal ve yüzeysel analiz yapabilen cihazlar ile ölçülerek orijinal hali ile kıyaslanacaktır. Bütün işlemler sırasında iş güvenliği öncelikli olarak korunacak ve her bir işlem basamağı detaylı bir şekilde rapor edilecektir.



Şekil 3.2 (1064nm lazer cihazı)

4. Yöntem

Güneş paneli sarf malzemelerinin geri dönüşümü problemine getirdiğimiz çözüm fotonik tabanlı bir çözümdür.

Çözüm için: izlenilecek yol şu şekildedir.

- Atıl durumda güneş paneli temini
- Geri dönüşümü yapılacak Güneş paneli numunesinin hazırlanması (Mekaniksel olarak)
- Lazer ışınlama yöntemi ile kimyasal bileşenlerin ayrılması
- Elde edilen EVA maddesinin yapısal ve yüzey analizleri
- Değerlendirme ve Raporlama

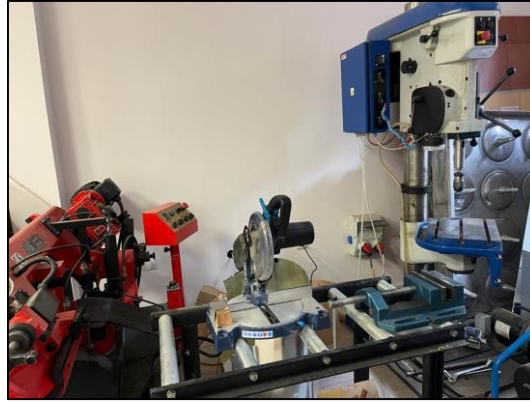
Çalışmalara aşağıda belirtilen şekilde başlanmıştır;

- 1) Üretici firmalardan geri dönüşüme kazandırmak üzere hurda panel edindikten sonra; Panel lazer ile ışınlama işlemi için öncelikle mekaniksel olarak ayrışabilen parçalarından ayrıştırılmıştır. İşlemler Gazi Üni. Fotonik Uygulama ve Araştırma Merkezi mekanik laboratuvarında gerçekleştirilmekte (Şekil 4.1); çevreye hiçbir rahatsızlık verilmemektedir.
- 2) Ardından lazer cihazı için numune hazırlama işlemine geçilmiştir. Bu işlem sırasında güneş panelini kesme işlemi sırasında oluşabilecek ve iş güvenliğini tehdit edecek durumları ortadan kaldırmak için; paneli kesme işlemi için bir havuz tasarlanmıştır.
- 3) Havuzun içi su ile doldurulmuş ve cam yüzeyi kesme işlemi suyun içerisinde gerçekleştirilmiştir.
- 4) Havuzun içerisinde bulunan oluklu yapı; kesme işlemi sırasında kılavuz görevi görerek simetrik kesimler yapılmasını sağlarken; su dolu ortam ise olası saçılmaları engellemiştir.
- 5) Lazer cihazının içerisine 10*10 cm ve 20*20 gibi farklı boyutlarda numuneler hazırlanmıştır.

Çalışmalara aşağıda belirtilen şekilde devam edilecektir;

- 1) Hazırlanan numuneler; öncelikle kimyasal bağlarının zayıflatılması için ısıtılmış kalıp mantığında fişek rezistanla ısıtılan kendi tasarladığımız hot plate (ısıtıcı tabla) yardımı lazer sistemi içinde ısıtılacaktır.
- 2) 1064 nm dalga boyuna sahip lazer cihazı 100 Khz e kadar desteklemektedir. 20 Khz-100kHz frekans aralığında farklı güç değerleri için numunelerin ışınlama işlemleri ısıtıcı tabla üzerinde gerçekleştirilecek ve geri dönüştürülen EVA maddelerinin yapısal ve yüzey analizleri gerçekleştirilecektir.

3) En verimli optimizasyon parametreleri belirlenerek raporlanacaktır.



Şekil 4.1 (Mekanik atölye)

İşlemler sonucunda; orijinal haline en yakın EVA belirlenecek; tamamen geri dönüşüme kazandırılacaktır. Bahsedildiği üzere; kullanılan bütün yöntemler mekanik olup; projemiz geri dönüşüm sorununa kalıcı bir çözüm getirmektedir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Çalışmamız, özellikle EVA maddesinin %100'e yakını geri dönüşüme kazandırmak için ilk defa uygulanacak bir yöntem olup; her bir adım yerli imkanlar ile gerçekleştirilecektir. Kimyasal yöntemler kullanılmadığı için çevre dostu olması en önemli yenilikçi yönüdür. Genellikle 1 ton güneş paneli modül atığında yaklaşık 41 kg EVA bulunduğu düşünüldüğünde önemli bir geri dönüşüm sağlanacaktır (Liu, Zhang, ve Wang, 2020). Bu proje ile Ülkemizde geri dönüşüm konusunda farkındalık yaratılacak ve bu alanda lisans ve yüksek lisans öğrencileri akademiye ve sanayiye yönelik çalışmalar yapmaya teşvik edilecektir. Pahalı tesisler ve ekipmanlar gerektirmediğinden dolayı geri dönüşüm tesisleri kurulmasına öncülük edecek nitelikte ve sürdürülebilir bir çevre için duyarlılık oluşturmaktadır.

Akademik Etki:

- Yeni Ar-Ge Kararları,
- Ulusal/Uluslararası Ar-Ge İşbirlikleri,
- Araştırmacı Sayısındaki ve Niteliğindeki Değişim,
Üniversite- Sanayi İşbirliklerine Katkı vb.

Ekonomik Etki:

- Potansiyel Sektörel Uygulama Alanları,
- Küresel Pazar Öngörülleri,
- İstihdam Katkısı vb.

6. Uygulanabilirlik

Projemiz; uygulanabilir, tutarlı ve faydalı bir modeldir. Alt yapı olarak sadece bir adet lazer makinası ile hayata geçirilebilir. Geri dönüşüm tesislerinde veya güneş paneli üreten firmalarda kolaylıkla uygulanabilir. Fotonik temelli ve mekanik bir yöntem olduğu için de kullanıcı ve çevre sağlığı

açısından hiçbir tehdit oluşturmaz. Ayrıca kullandığımız lazer cihazının gücü 20 kWh olduğundan dolayı; elektrik tüketimi maliyeti açısından da oldukça düşük maliyetlidir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemiz düşük maliyetli olup; yalnızca elektrik tüketimi gideri bulunmaktadır. Lazer cihazının güç parametreleri ve çalışma süresi detaylı olarak incelenmiş ve makul bir tüketim bedeli tahmin edilmiştir. Bir tam panel için öngörülen cihaz çalışma süresi 1 saattir. Saatte 20kWh elektrik tüketimine sahip cihazımız için, elektrik birim fiyatı 1,37 TL den hesaplanırsa $20 \times 1,37 = 27,4$ TL bir panel dönüştürme maliyetidir. Ayrıca, 20kWh güç cihazın maksimum 100 kHz frekansta çalışmasına denk gelmektedir. Eğer ki yapılan çalışmalar neticesinde 20 kHz frekans EVA'nın başarılı bir şekilde ayrılmasına yeterli olursa 1 panel için dönüşüm maliyeti $< 27,4$ TL olacaktır.

İP No	İş Paketlerinin Adı ve Hedefleri	Kim(ler) Tarafından Gerçekleştirileceği	Zaman Aralığı (..-.. Ay)	Maliyet
1	Atıl durumda güneş paneli temini	Takım üyeleri	1 ay	0 TL
2	Geri dönüşümü yapılacak Güneş paneli numunesinin hazırlanması	Takım üyeleri	1 ay	0 TL
3	Lazer ışınlama yöntemi ile kimyasal bileşenlerin ayrılması	Takım üyeleri	1 ay	Yalnızca elektrik tüketimi 20kWh
4	Elde edilen EVA maddesinin yüzey analizleri	Takım üyeleri	1 ay	0 TL

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Her geçen gün yaygınlaşan ve geri dönüşümü konusunda yeterince çalışma bulunmayan atıl durumdaki güneş panelleri tüm canlılar için tehdit unsurudur. Projemiz geri dönüşüm tesislerinde, Ar-Ge firmalarında, kamu ve özel sektör gibi bir çok alanda hayata geçme potansiyeline sahiptir. Gelecek nesillere ve doğaya karşı sorumluluğumuzun bilincinde olarak; projemizi yerli imkanlar ile gerçekleştirecek olmanın mutluluğunu taşımaktayız.

9. Riskler

İP No	En Önemli Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
2	Temperli cam üzerinde kesme işlemi sırasında olası iş güvenliği tehditleri	Kesim işleminin kılavuzlu ve su dolu bir havuzda gerçekleştirilmesi
3	Lazer cihazının maksimum 100kHz desteklemesinden dolayı istenen yüzeyden ayırma işleminin düşük verimle gerçekleşmesi.	Fişek rezistans yerine başka bir ısı kaynağı kullanılarak; daha yüksek sıcaklıklarda; ön hazırlık yapılması.
4	Işınlama işlemi sırasında EVA yüzeyine zarar verilmesi	Farklı güç parametreleri kullanılarak; yüzeye en az zarar veren optimizasyon değerlerinin tespit edilmesi.

10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

- Czanderna, A.W., Pern, F.J., 1996. Encapsulation of PV modules using ethylene vinyl acetate copolymer as a pottant: A critical review. Sol. Energy Mater. Sol. Cells 43 (2), 101–181.
- Dias, P., Dias, P., Veit, H., 2018. In: Emerging Photovoltaic Materials: Silicon & Beyond. Wiley, pp. 61–102. <https://doi.org/10.1002/9781119407690.ch3>.
- Liu, C., Zhang, Q., Wang, H., 2020. Cost-benefit analysis of waste photovoltaic module recycling in China. Waste Manage. 118, 491–500.
- Louwen, A., van Sark, W.G.J.H.M., Schropp, R.E.I., Turkenburg, W.C., Faaij, A.P.C., 2015. Life-cycle greenhouse gas emissions and energy payback time of current and prospective silicon heterojunction solar cell designs. Prog. Photovolt: Res. Appl. 23 (10), 1406–1428.
- Recycling: A Solar Panel's Life after Death. (2022). Retrieved 6 March 2022, from <https://www.greenmatch.co.uk/blog/2017/10/the-opportunities-of-solar-panelrecycling>
- Seo, B., Kim, J.Y., Chung, J., 2021. Overview of global status and challenges for end-of-life crystalline silicon photovoltaic panels: A focus on environmental impacts. Waste Manage. 128, 45–54.
- Temiz Güneş Enerjisinin Pek Bilinmeyen Kirli Yanı, Yüksel Atakan,. (2022). Retrieved 6 March 2022, from <https://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/06/GUNES-PANELLERI-Atakan-30062018-1.pdf>

Görsellerin alındığı web siteleri:

<https://ourworldindata.org/grapher/installed-solar-PV-capacity?tab=map>

<https://stophesethings.com/2020/10/10/lingering-legacy-millions-of-toxic-solar-panels-that-cant-be-recycled-destined-for-landfills/>

RAPOR TASLAKLARI İLE İLGİLİ NOT:

- Yukarıda yer alan **ilk 9 madde en fazla 10 (On) sayfada** anlatılacaktır.
- **Kapak, açıklama ve görsel olmak üzere en fazla 15 sayfa olacaktır. 15 sayfayı geçen raporlar değerlendirmeye alınmayacaktır. (Kaynakça ve içindekiler sayfa sayısına dahil değildir.)**
- **Tüm raporlar akademik rapor standartlarına uygun olarak yazılmalıdır.**
- **Her rapor “kapak” ve “içindekiler” sayfası içermelidir.**
- **Yazı tipi: Times New Roman, Punto: 12, Satır Aralıkları: 1,15 , İki tarafa yaslı, Sayfa kenar boşlukları üst-alt-sağ-sol 2,5 cm olmalıdır.**
- **Rapor içindeki cümleler birbirinin aynı ve tekrarı niteliğinde olmamalıdır.**
- **Raporunda, web sitemizde yer alan geçmiş yıl raporlarından yararlanmış olan takımlar alıntı yaptığını ilgili sayfada belirtmesi gerekmektedir. Açıklamayı alıntı yapılan cümlenin ardından belirtmeniz gerekmektedir.**
ALINTI FORMATI: "Alıntı yapılan Cümle/ler" (Yıl, Yarışma Adı, Kategori, Takım Adı)
ÖRNEK ALINTI: "Enkazda depremzedenin nerede olduğunu tespit edilememesi, enkaz kaldırma ve deprem-zede arama çalışmalarını yavaşlatan en önemli sorundur." (2020, İnsanlık Yararına Teknoloji Yarışması, Afet Yönetimi, X Takımı)
- **Kaynakçada referanslar aşağıdaki şekilde belirtilebilir.**
Dijital Kaynak: Yazarların Soyadı, Adlarının Baş Harfi., Yazının Başlığı, Yazının Tarihi, Erişim Tarihi, Erişim Adresi.
Basılı Kaynak: Yazarların Soyadı, Adlarının Baş Harfi., (Basım Tarihi) Yazının Başlığı, (Varsa) Yayınlandığı Derginin Adı, (Varsa) Derginin Sayısı, Sayfa numarası.